

IV. DISCUSSION

Le but de cette présente étude est d'analyser les variations morphométriques du bras gauche des enfants âgés de 6-59 mois souffrant de MAM. Cette étude rentre dans le cadre du projet de recherche pour le développement d'un outil alternatif de diagnostic par image de la malnutrition aiguë chez les enfants en temps réel piloté par ACF-Espagne en partenariat avec le Laboratoire de Recherche en Nutrition et Alimentation Humaine (LARNAH) de l'UCAD. Il est basé sur le principe de la morphométrie géométrique qui est une technique de quantification et de visualisation des différences de forme (**Rohlf et Marcus, 1993 ; Bookstein, 1996 ; Klingenberg, 2010**). Une première étude a été faite chez des enfants MAS et les enfants bien portants âgés de 6-59 mois vivants au Sénégal et en Espagne. Elle a permis de développer un algorithme de classification pour les deux groupes (**Medialdea et al., 2018**). Cependant, il est nécessaire d'élargir la capacité de l'algorithme en incluant également les enfants souffrant de MAM et les enfants à risque de malnutrition aiguë, afin de pouvoir évaluer la sensibilité et la spécificité de ce classificateur.

L'échantillon initial de 96 enfants n'a pas pu être atteint, malgré la prise en compte des cycles de recrutement précédents de l'équipe, en raison de la faible prévalence d'enfants âgés de 24 mois et plus, diagnostiqués MAM par PB dans la zone d'étude. En effet, les résultats de l'enquête SMART de 2017, ont montré que seuls 1,3% et 0,8 % d'enfants sont respectivement diagnostiqués MAM par PB dans les régions de Matam et de Louga (**SMART, 2017**). D'autres études qui ont comparé les deux outils de diagnostic de la malnutrition aiguë (PB et PTZ) chez les enfants âgés de 6-59 mois, ont montré que le PTZ dépiste plus d'enfants malnutris que le PB (**Fiorentino et al., 2016 ; Custidio et al., 2018 & Onifade, 2019**). Ces résultats expliquent certainement les difficultés à recruter des enfants, âgés de 24 mois et plus, MAM dépistés par le PB après deux phases de collecte (Avril-Juin et de Septembre-Décembre).

La majorité des enfants MAM par PB de notre population d'étude sont âgés de moins de 36 mois. Ce résultat coïncide avec ceux des études antérieures sur la malnutrition aiguë des enfants âgés de 6-59 mois (**Grellety & Golden 2016 ; Fiorentino et al., 2016 ; Custidio et al., 2018**). Ces études ont démontré que le PB détecte plus les jeunes enfants souffrant de malnutrition aiguë globale ou sévère, toutefois les informations sur la MAM sont encore rares. Il a été également constaté dans cette étude, que le PB dépiste plus les garçons que les filles. Des études qui ont évalué la capacité du PB à diagnostiquer la malnutrition aiguë globale et sévère chez les enfants âgés de 6-59 mois vivant au Cambodge et en Inde ont montré le contraire c'est-à-dire le PB est plus sensible chez les filles que chez les garçons (**Fiorentino et al., 2016 ; Kapil et al., 2018 & Onifade 2019**). Cette contradiction pourrait s'expliquer par un groupe cible différent car notre présente étude concerne les enfants souffrants de MAM uniquement tandis que les leurs concernent les MAG et les MAS. Le cadre géographique dans lequel chaque étude a été réalisée pourrait aussi justifier cette différence, car il

existe un effet de l'environnement dans l'expression de la malnutrition aiguë (**Grellety et Golden, 2016**). Toutefois il est important de préciser qu'avec l'analyse de la variance, le PB et le PTZ ne présentent pas de différence entre les sexes ou les tranches d'âge. La taille d'échantillon non représentative de la région de Matam et de Louga pourrait en être une cause. Les résultats révèlent que seul le poids varie en fonction du sexe. Par contre la taille et le poids varient en fonction de l'âge ce qui corrobore des études sur la croissance et l'évolution des Hommes (**Bayley et Davis, 1935 ; Bogin, 1999 et 2015**). Le PB varie aussi en fonction de l'âge comme l'ont démontré de **De Onis et al. (1997) et Custudio et al. (2018)** dans leurs études respectives.

D'après nos résultats, une faible proportion d'enfant MAM souffre d'un retard de croissance (39,6%). Ce résultat corrobore celui de l'étude transversale d'**Olsen et al. (2019)** axée sur le développement moteur et linguistique des enfants âgés de 6 à 23 mois souffrant de MAM au Burkina Faso. Ils ont montré que seuls 37 % des enfants MAM de leur étude souffrent d'une forme de retard de croissance. Des prévalences plus faibles ont été trouvées dans ces zones (16 % à Louga et 17 % à Matam) lors de la dernière Enquête Démographique et la Santé continue (EDS-continue) faite en 2017 (**ANSD, 2018**). Cependant cette présente étude cible uniquement les enfants MAM alors que l'enquête a été effectuée chez tous les enfants, ceci pourrait justifier la différence entre ces deux résultats. La valeur médiane du PBZ des sujets de l'étude est similaire à celle du PTZ et est significativement plus élevée chez les enfants âgés de 24 mois et plus, donc l'indice PBZ pourrait probablement être utilisé pour le diagnostic de malnutrition aiguë modérée. Ce résultat est confirmé par **De Onis et al. (1997) et Custudio et al. (2018)** qui ont abouti à la même conclusion dans une méta-analyse faite en Somalie, portant sur 19 enquêtes effectuées entre 2007 et 2016 où il a été démontré que le PBZ peut être utilisé pour le diagnostic de la malnutrition aiguë chez les enfants âgés de 6-59 mois. La majorité des enfants diagnostiqués MAM par PB souffrent d'un retard de croissance. Ce qui signifie que ces enfants courent un plus grand risque de malnutrition chronique que les autres enfants de l'étude. L'étude de **Filteau et al. (2019)** sur la croissance régulière de la petite enfance associée à une valeur anthropométrique (poids, taille ou PB) plus grande chez les enfants indiens nés avec un faible poids de naissance dont les mesures anthropométriques sont reprises à l'âge de 4-6 ans, montre une corrélation positive entre le poids et le PB, la taille et le PB. Ceci pourrait justifier la présence de retard de croissance chez ce groupe d'enfants MAM. Cependant une étude faite en Afrique du Sud et portant sur le traitement des enfants âgés de moins de 5 ans souffrant de malnutrition aiguë modérée a montré qu'il n'existe pas de relation entre la malnutrition aiguë diagnostiquée par PB et le retard de croissance (**Steenkamp et al., 2016**).

La morphométrie géométrique peut être utilisée pour le diagnostic de la malnutrition chez les enfants âgés de 6-59 mois (**Medialdea et al., 2018**) en analysant l'allométrie du corps (**Medialdea et al., 2019**). Le terme allométrie fait référence à la croissance différentielle des parties du corps en relation avec la taille, en

d'autres termes c'est la dépendance de la forme par rapport à la taille (**Huxley et Tessier 1936**). La variation de cette allométrie dépend de plusieurs facteurs comme l'âge (ontogénie), le sexe (**Bogin, 1999**) et probablement des critères de diagnostic.

Dans cette étude, le contrôle qualité évalué avec un test d'erreur intra observateur, effectué au préalable montre que la préparation comme la digitalisation ont été correctement réalisées avec des taux d'erreurs minimales. L'étude de **Von Cramon-Taubadel et al. (2007)** centrée sur l'évaluation des erreurs des repères de références anatomiques en morphométrie géométrique, a démontré que les erreurs minimales ($P > 0,05$) n'affectent pas la variabilité morphométrique d'une configuration. Donc les erreurs intra observateur n'ont pas d'influence sur la variabilité morphologique du bras gauche des enfants MAM de cette étude.

Les résultats de la quantification de toutes les images du bras gauche des sujets, ont montré que l'âge comme les critères de diagnostic (PBZ, PB et DC), entraînent des changements de forme et de taille centroïde du bras. L'étude de **Medialdea et al. (2019)** a montré qu'il existe une relation ontogénique entre la forme des parties du corps des enfants et la taille. Ainsi une différence de forme est visualisée entre les enfants MAM âgés de moins de 24 mois (forme du bras plus large et plus courte) et ceux de 24 mois et plus (forme plus effilée et longue). Cette visualisation corrobore celle de **Medialdea et al. (2018)** dans son étude comparative de la forme des enfants bien portants versus ceux souffrant de MAS chez les enfants sénégalais et espagnols en utilisant la même technique de la morphométrie géométrique ; ces auteurs suggèrent que cette différence de forme coïncide avec le pic de croissance des enfants. La largeur des membres supérieurs est plus importante chez les enfants âgés de moins de 24 mois (**Bayley et Davis, 1935**) ce qui pourrait expliquer nos résultats. Chez les humains et autres primates, le dimorphisme sexuel peut être étudié à deux niveaux : chez les individus adultes et au cours de la croissance ontogénique. Cette affirmation faite par **Bulygina et al. (2006)**, dans son étude sur l'ontogénie du dimorphisme facial et model de développement individuel au sein d'une population humaine, justifie le choix porté sur l'étude du dimorphisme sexuel par rapport à la forme chez les enfants âgés de 6-59 mois dans cette présente étude. L'analyse de la variance procrustéenne a montré que la forme et la taille du bras varient significativement selon le sexe chez les enfants de moins de 24 mois de notre échantillon, ce qui signifie qu'il existe un dimorphisme sexuel chez les enfants de cet âge pour cette région du corps. L'étude de **Noble et al. (2019)** sur l'exploration des variations du sexe et de l'âge chez une population australienne à partir de la morphométrie géométrique du crâne juvénile, a montré que pour chaque partie du crâne l'expression sexuelle se fait à différents âges. Donc probablement pour le bras, le dimorphisme sexuel s'exprime avant 24 mois. Très peu de données existent dans la littérature par rapport au dimorphisme des enfants de moins de 24 mois, les études allant dans ce sens étant effectuées chez des enfants plus âgés. **Bala et al. (2009)** qui ont étudié l'évolution des relations entre les caractéristiques morphologiques

chez les enfants de 4 à 7 ans, ont montré un dimorphisme sexuel significatif chez les plus petits. De même les études antérieures sur l'évolution de la croissance humaine, ont montré un dimorphisme sexuel chez les adolescents (**Bogin, 2015**). Toutefois aucune différence n'a été observée avec la visualisation des formes moyennes du bras de tous les enfants en fonction du sexe. Le résultat de la visualisation des formes en fonction du sexe est similaire à celui obtenu par **Medialdea et al. (2019)**. Chez les moins de 24 mois, les résultats ont montré des différences morphométriques significatives en fonction des critères diagnostics utilisés (PTZ, PB ou DC) et aucune différence allométrique (taille) significative n'est trouvée entre ces différents groupes. Cela peut être dû au fait que la composante ontogénique (l'âge) qui influence le plus la taille centroïde, pourrait masquer d'autres effets mineurs (**Bulygina et al., 2006**). La variation morphométrique entre les critères montre que la forme du bras des enfants de moins de 24 mois diagnostiqués MAM par PB est plus large que celle des enfants MAM par PTZ. Ceci confirme la pertinence de la MG comme méthodologie pour étudier la variabilité morphométrique des enfants MAM sur la base des critères diagnostic. Les résultats révèlent également une relation positive et significative entre les mesures anthropométriques et la forme, bien que le degré de corrélation soit différent dans chaque cas. Parmi les mesures anthropométriques, l'association positive entre la taille corporelle et la forme du bras des enfants se révèle être celui qui montre un pourcentage de prédiction le plus élevé (36,63%), confirmant ainsi les études précédentes qui ont montré que la taille est le facteur qui influence le plus la croissance (**Bayley et Davis, 1935, Bogin, 1999 ; 2015 & Rios et al., 2019**). Donc l'évolution de la croissance ontogénique des enfants dépend de la taille. Le poids corporel influence modérément la forme du bras (27,03%) corroborant des études sur l'évolution de la croissance et du développement chez les enfants et chez les êtres humains de manière générale (**Bayley et Davis 1935, Bogin et al, 2015**). Enfin le PB exerce une légère influence (3,23%) sur les changements de forme. Ceci pourrait être dû au fait que le PB représente le diamètre d'un contour spécifique du bras, contrairement à la taille et au poids qui constituent des mesures absolues de tout le corps. La variation de la forme du bras s'effectue sur toute l'ossature dans différentes directions, donc il est possible qu'un simple périmètre ne soit pas en corrélation avec toutes ces directions de changement. Parmi les indices anthropométriques, le PTZ influence faiblement (9,62 %) la forme du bras. Ce phénomène pourrait s'expliquer par le fait que cet indice indique la malnutrition aiguë qui est à court terme (**WHO, 2006**) tandis que les changements de forme se font dans le temps (**Bogin, 1999**). Les résultats ont montré que l'indice TAZ influence la forme du bras à 2,56%, cette relation est plus visible chez les enfants âgées de 24 mois et plus (11,75%). L'OMS a décrit l'indice taille pour âge comme un indicateur de malnutrition chronique qui peut avoir des effets à long terme et devient irréversible au-delà de 24 mois (**WHO, 2006**). La conséquence majeure de ce type de malnutrition est un retard de croissance qui influe sur la morphologie de l'enfant. Cette affirmation pourrait expliquer la relation entre le retard de croissance et la forme révélée par

les résultats de cette étude. Le PBZ prédit faiblement (6,14 %) la forme du bras, mais aucune influence n'est notée en fonction des tranches d'âge. L'OMS a montré que le PB augmente très peu entre 1 et 4 ans (**WHO, 1966**). En revanche **De Onis et al. (1997)** ont démontré que le PB augmente avec l'âge chez les enfants américains âgés de 6-59 mois et un changement morphologique du bras est observé avec l'étude de la forme des enfants MAM.

Par rapport à la performance du modèle classificateur de 20 RRA, les résultats de cette présente étude ont montré que la précision du modèle par rapport aux critères (P(T) et PB) par l'analyse de la fonction discriminante n'est que marginale. Les résultats de l'étude de validation du triangle mastoïde (partie postérieure de l'os temporal) comme marqueur du sexe utilisé par **Kemkes et Göbel (2006)**, ont montré que la zone du triangle, modèle de classification établi par la fonction discriminante, a une faible précision (65%). Selon eux, cette précision est inférieure à 75%, car elle ne donne pas l'amélioration appropriée de 25% par rapport au taux de précision réalisable par le hasard (50%). Par contre **Medialdea et al. (2018)** ont trouvé une précision de 100% avec le même méthode classification, modèle à 20 RRA. Toutefois, ils ont fait l'analyse de la fonction discriminante entre des enfants normaux et des enfants MAS alors que ces groupes présentent une grande différence morphologique (**Medialdea et al., 2018**), de plus leur taille d'échantillon était représentative (150 normaux et 150 MAS). Par ailleurs, **Medialdea et al. (2020)** (en cours de révision) dans leur étude portant sur l'utilité de la MG pour le diagnostic de la MAS, ont trouvé que ce modèle est précis à plus 90%. Ils ont évalué la performance diagnostic du modèle chez les enfants MAS par rapport aux normaux en fonction des tranches d'âge (moins de 24 mois ; 24 mois et plus) et du sexe. Alors que dans cette présente étude, l'évaluation de la performance a été effectuée sur tout l'échantillon sans prendre en compte l'âge. De plus, elle est effectuée pour comparer les différents critères de diagnostic chez les enfants ayant un même état nutritionnel. Ceci pourrait expliquer la faible précision obtenue dans notre étude.

Le modèle de classificateur utilisée dans cette étude est plus sensible aux enfants MAM dépistés par PTZ par rapport à ceux dépistés par PB. Par contre, la spécificité de cet outil est plus importante chez les enfants diagnostiqués MAM par PB. Toutefois la différence entre ces deux indicateurs reste faible. Les travaux de **Robertfroid et al. (2015)** sur l'évaluation de la contribution de l'âge, du sexe, du retard de croissance, du rapport taille assise sur taille debout sur les différences de diagnostic de la malnutrition aiguë par le PTZ, ont montré que la sensibilité du PB est particulièrement affectée par l'âge. De même, la capacité du PB à dépister les enfants de morphologie fine souffrant de malnutrition aiguë est faible. Il existe très peu d'étude sur la comparaison de la sensibilité et de la spécificité de la MG par rapport aux critères de diagnostic (PTZ et PB) en fonction de la forme du bras gauche des enfants souffrant de MAM dans la littérature.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette présente étude a permis de visualiser et de quantifier les variations morphométriques du bras gauche chez les enfants âgés de 6-59 mois souffrant de malnutrition aiguë modérée (MAM), confirmant ainsi l'hypothèse de départ qui consiste à voir si les enfants de 6-59 mois souffrant de malnutrition aiguë modérée (MAM) présentent la même variabilité morphométrique du bras gauche selon le sexe, l'âge ou les critères de diagnostic. De plus, nous avons confirmé que le bras gauche peut être utilisé pour le diagnostic de la MAM par la technique de la MG chez les enfants sénégalais en milieu rural, cependant la précision du modèle classificateur à 20 RRA est faible. Il y a un effet ontogénique sur la forme du bras gauche car la variabilité morphométrique de la forme du bras gauche est différente entre les enfants âgés de moins de 24 mois et ceux âgés de 24 mois et plus. La forme du bras gauche change aussi entre les enfants diagnostiqués MAM par PTZ et ceux diagnostiqués MAM par PB, ce qui indique qu'il existe des morphologies propres à chaque critère. Toutefois les variations de la forme entre les garçons et les filles sont moindres car un dimorphisme sexuel n'a été retrouvé que chez les moins de 24 mois. Le PBZ peut être utilisé pour le diagnostic de la MAM car il informe sur l'état nutritionnel des enfants MAM particulièrement ceux âgés de 24 mois et plus, qui sont plus à risque de retard de croissance et par conséquent de mortalité.

Les perspectives que nous avons dégagées à partir de cette étude sont les suivantes :

- ❖ Reproduire la présente étude avec une taille d'échantillon plus représentative afin de vérifier les résultats préliminaires issus de cette étude
- ❖ Comparer la forme du bras gauche des enfants normaux à celle des enfants MAM pour vérifier et quantifier l'existence de variations morphologiques
- ❖ Étudier l'influence possible de l'ethnicité sur la variabilité morphométrique des enfants sénégalais souffrant de MAM, pour une prise en compte des aspects socioculturels des différents groupes ethniques vivant au Sénégal afin d'améliorer le dépistage de la MAM
- ❖ Étudier le phénotype des enfants souffrant de MAM diagnostiqués par PB pour savoir pourquoi cet indicateur ne parvient pas à poser un diagnostic positif chez les enfants de 24 mois et plus
- ❖ Étudier le dimorphisme sexuel chez les enfants âgés de moins de 24 mois MAM pour vérifier s'il existe une variabilité morphométrique en fonction du sexe
- ❖ Étudier l'expression phénotypique de la malnutrition infantile à partir de l'anthropométrie traditionnelle combinée aux méthodes de MG pour connaître l'effet des différents types et degrés de la malnutrition sur la composition corporelle des enfants

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMM (Association Médicale Mondiale).** Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. *Bull World Health Organ*, 2013; 79:373-374.
- ANSD (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie) et ICF.** Sénégal : Enquête Démographique et de Santé continue (EDS-Continue) de 2017. Dakar, Sénégal et Rockville, Maryland, USA : ANSD et ICF, 2018, 644p.
- Bala G, Jaksic D, Ratko K.** Trend of Relations between Morphological Characteristics and Motor Abilities in Preschool Children. *Coll. Antropol* 2009;33:373–385.
- Baylac M.** Morphométrie Géométrique et Systématique. *Biosystema* 1996.
- Bayley N, Davis FC.** Growth changes in bodily size and proportions during the first three years: A developmental study of sixty-one children by repeated measurements. *Biometrika* 1935;27:26–87.
- Bogin B.** Human growth and development. In: *Basics in human evolution*. Meuhlenbein MP: Academic Press, 2015:285–293. Accessible sur le lien suivant : <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802652-6.00020-7>
- Bogin B.** *Parterns of Human Growth*. 2nd ed. Cambridge Studies in Biological and Evolution Anthropology 23. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 1999, 442p.
- Bookstein FL.** Biometrics, biomathematics and the morphometric synthesis. *Bull Math Biol* 1996;58:313–365.
- Bookstein FL.** *Morphometric tools for landmark data: Geometry and Biology*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 1991. Accessible sur le lien suivant : https://www.cambridge.org/core/books/morphometric-tools-for-landmark-data/A18AD895945610BAD6396E76CEB512CD/listing?q=Morphoemtric+Tools+for+landmark+data+book&_csrf=y5JthRuxWftRD0AWiLYGadCnKb4LQDc_15c&searchWithinIds=A18AD895945610BAD6396E76CEB512CD&searchWithinIds=A18AD895945610BAD6396E76CEB512CD&aggs%5BproductTypes%5D%5Bfilters%5D=BOOK_PART
- Bulygina E, Mitteroecker P, Aiello L.** Ontogeny of facial dimorphism and patterns of individual development within one human population. *Am J Phys Anthropol* 2006;131:423–443.
- Corsi DJ, Perkins JM, Subramanian SV.** Child anthropometry data quality from Demographic and Health Surveys, Multiple Indicator Cluster Surveys, and National Nutrition Surveys in the West Central Africa

region: are we comparing apples and oranges. *Glob Health Action* 2017;10:1328185 (DOI: 10.1080/16549716.2017.1328185).

Custodio E, Martin-Canavate R, Marcantonio FD, Molla D, Abukar Y, Kayitakire F. MUAC-for-age more useful than absolute MUAC for nutritional surveillance in Somalia: results from nineteen cross-sectional surveys (2007-2016). *BMC Nutr* 2018;4:1–10. Accessible sur le lien suivant : <https://doi.org/10.1186/s40795-018-0213-3>

DAN (Division de l’Alimentation et de la Nutrition). Enquête nutritionnelle nationale utilisant la méthodologie SMART : Rapport Final. Dakar, Sénégal: DAN, 2016b, 186p.

DAN (Division de l’Alimentation et de la Nutrition). Enquête nutritionnelle anthropométrique et de mortalité rétrospective SMART-Sénégal 2017 : Rapport Final. Dakar, Sénégal: DAN, 2018, 132p.

DAN (Division de l’Alimentation et de la Nutrition). Protocole nationale de prise en charge de la malnutrition. Dakar, Sénégal: DAN, 2013, 219p.

De Onis M, Onyango AW, Borghi E, SiyamA, Nishida C, Siekmann J. Development of a who growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*, 2007;85:660-667.

De Onis M, Yip R, Mei Z. The development of MUAC-for-age reference data recommended by a WHO Expert Committee. *Bull World Health Organ*, 1997;75:11-18.

Filteau S, Kumar GT, Cole TJ, Sachdev HS, Stavola BLD. Steady growth in early infancy is associated with greater anthropometry in Indian children born low birth weight at term. *J Nutr* 2019;149:1633–1641.

Fiorentino M, Sophonneary P, Laillou A, Whitney S, Groot R de, Perignon M, Kuong K, Berger J, Wieringa FT. Current MUAC Cut-Offs to Screen for Acute Malnutrition Need to Be Adapted to Gender and Age: The Example of Cambodia. *PLoS ONE* 2016;11:e0146442.

Grellety E, Golden MH. Weight-for-height and mid-upper-arm circumference should be used independently to diagnose acute malnutrition: policy implications. *BMC Nutr* 2016;2:1-17. Accessible sur le lien suivant : <https://doi.org/10.1186/s40795-016-0049-7>

Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2013. Software PAST (Paleontological Statistics software package for education and data analysis). Accessible sur le lien suivant : http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu_analiize/PAST/2.17c/download.html

Huxley JS, Teissier G. Terminologie et notation dans la description de la croissance relative. Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie 1936, p934–937.

Jekyll and Mistakes. 2019. Software Open Data Kit (ODK) Collect, version 1.25.1. Accessible sur le lien suivant : <https://opendatakit.org/>

Kapil U, Pandey R, Bansal R, Pant B, Varshney AM, Yadav CP, Sinha S, Sareen N, Sachdev HS. Mid-upper arm circumference in detection of weight-for-height Z-score below -3 in children aged 6-59 months. Public Health Nutrition 2018;21:1794-1799.

Kemkes A, Göbel T. Metric Assessment of the ‘‘Matstoid Triangle’’ for sex determination: A validation study. J Forensic Sci 2006;51:985-989.

Klingenberg CP. Evolution and development of shape: integrating quantitative approaches. Nat Rev Genet 2010;11:623–635.

Klingenberg CP. 2019. Software MorphoJ, version1.07a. Manchester, UK, Faculty of Life Sciences, University of Manchester. Accessible sur le lien suivant : https://morphometrics.uk/MorphoJ_page.html

Lancet’s Series on Maternal and Child Undernutrition1. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries, Lancet 2013;382:427-51. Accessible suivant le lien suivant : [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60937-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60937-X)

Macleod N, Rose KD. Inferring Locomotor Behavior in Paleogene Mammals via Eigenshape analysis. Am J Sci 1993;293-A:300–355.

Medialdea L, Allende IM, Brizuela AV. Development of a SAM photo diagnosis app. Research for nutrition conference-action againts hunger. 2018;66–7.

Medialdea L, Bazaco C, D’Angelo del Campo M, Sierra-Martinez C, Gonzalez-José R, Vargas A, Marrodan M. Describing the children’s body shape by means of Geometric Morphometric techniques. Am J Phys Anthropol 2019;168:651-64.

Medialdea L, Bogin B, Thiam M, Vargas A, Marrodán DM, Dossou NI. Severe acute malnutrition morphological patterns in children under five. An approach from a geometric morphometrics perspective. 2020 (under publication)

Metairie L. Apports de la morphométrie géométrique à la paléoanthropologie dentaire. Thèse de doctorat de 3ème Cycle de chirurgie Dentaire. Université Claude Bernard Lyon1, 2014, 58p.

Mitteroecker P, Gunz P, Windhager S, Schaefer K. A brief review of shape, form, and allometry in geometric, with application to human facial morphology. *Hystrix It. J. Mamm* 2013;24:59–66

Noble J, Cardini A, Flavel A, Franklin D. Geometric morphometrics on juvenile crania: Exploring age and sex variation in an Australian population. *Forensic Sci Int* 2019;294:57–68.

Olsen MF, Luel-Brockdorff A-S, Yaméogo CW, Cichon B, Fabiansen C, Filteau S, Kevin P, Ouédraogo A, Wells JC, Briend A, et al. Early development in children with moderate acute malnutrition: A cross-sectional study in Burkina Faso. *Matern Child Nutr* 2019;e12928:1–14. Accessible sur le lien suivant : <https://doi.org/10.1111/mcn.12928>

Onifade YMMA. Analyse rétrospective de la sensibilité et de la spécificité du périmètre brachial par rapport à l'indice poids-pour-taille z-scores pour le diagnostic de la malnutrition aiguë chez les enfants âgés de 6 à 59 mois : Cas du Burkina-Faso, données d'enquête SMART 2011 – 2017. Mémoire de Master en Nutrition et Alimentation Humaine. Faculté des sciences et technique: Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 2019, 42p.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Malnutrition. 2018. Disponible sur : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition> (consulté le 25 mai 2019).

Ríos L, Terán JM, Varea C, Bogin B. Plasticity in the growth of body segments in relation to height- for-age and maternal education in Guatemala. *Am J Hum Biol* 2019:e23376. Accessible sur le lien suivant : <https://doi.org/10.1002/ajhb.23376>

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* 2015;14:1-8. Accessible sur le lien suivant : <https://doi.org/10.1186/s12937-015-0074-4>

Rohlf FJ, Bookstein FL. Proceeding of the michigan morphometrics workshop. 2nd ed. Ann Arbor, Michigan: University of Michigan Museum of Zoology, 1990.

Rohlf FJ, Marcus LF. A revolution in morphometrics. *Trends Ecol Evol* 1993;8:4129-4132.

Rohlf FJ, Slice D. Extensions of the procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Syst. Zool* 1990;39:40-59.

Rohlf FJ. 2017. Software tpsDig2, version 2.31. New York, NY, Departement of Ecology and Evolution, Stony Brook University. Accessible sur le lien suivant : <https://life.bio.sunysb.edu/morph/soft-dataacq.html>

Rohlf FJ. 2019. Software tpsUtility program, version 1.78. New York, NY, Department of Ecology and Evolution, Stony Brook University. Accessible sur le lien suivant : <https://life.bio.sunysb.edu/morph/soft-utility.html>

Scrimshaw NS, Taylor CE, GORDON JE. Interaction of nutrition and infection. World health Organisation (Monograph serie No.57), Geneva 1968, 329p.

Shrimpton R, Rokx C. The double burden of malnutrition: A Review of Global Evidence. Health, Nutrition, and Population 2012, 74p.

Steenkamp I, Lategan R, Raubenheimer J. Moderate malnutrition in children aged five years and younger in South Africa: are wasting or stunting being treated? S Afr J Clin Nutr 2016;29:27-31.

UNICEF (United Nation Infant Child Emergency Fun). Blog Unicef Éducation-Malnutrition, 2008. Disponible sur : <https://lewebpedagogique.com/unicef-education/les-consequences-de-la-malnutrition/> (consulté le 26 Mai 2019).

UNICEF/WHO/World Bank. Joint child malnutrition estimates – Levels and trends (2018 edition). Geneva: World Health Organisation 2018, 16p.

UNICEF/WHO/World Bank. Joint child malnutrition estimates – Levels and trends (2019 edition). Geneva: World Health Organisation 2019, 16p.

Von Cramon-Taubadel N, Frazier BC, Lahr MM. The Problem of Assessing Landmark Error in Geometric Morphometrics: Theory, Methods, and Modifications. Am J Phys Anthropol 2007;134:24–35.

Wilber. 2019. Software Gimp, version 2.10.12. Accessible sur le lien suivant : <https://www.gimp.org/news/2019/06/12/gimp-2-10-12-released/>

WHO (World Health Organisation). Multicentre Growth Reference Study Group. 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. WHO, Geneva 2006, 312p. Accessible sur le lien suivant: <https://www.who.int/childgrowth/standards/fr/>

ANNEXES

ANNEXE 1 : Approbation éthique de l'étude

REPUBLIQUE DU SENEGAL
Un Peuple - Un But - Une Foi

N° 16.00.01MSAS/DPRS/CNERS

MINISTRE DE LA SANTE
ET DE L'ACTION SOCIALE

Dakar, le 01 APR 2019



Le Président

AVIS ETHIQUE ET SCIENTIFIQUE

Référence : Protocole SEN19/02 : « Améliorer la gestion communautaire de la malnutrition aiguë : Diagnostic par image de la malnutrition aiguë ».

Docteur,

J'accuse réception de vos réponses aux questions relatives au protocole en référence ci-dessus. À l'analyse, le Comité National d'Éthique pour la Recherche en Santé les trouve globalement satisfaisantes. En conséquence, le comité émet un avis éthique et scientifique favorable pour permettre la mise en œuvre dudit protocole.

Cet avis a une durée d'une année à compter de sa date de signature. Son renouvellement reste assujéti à la présentation d'un rapport d'étape permettant d'être informé sur le niveau de mise en œuvre de l'étude. Un suivi de ladite étude sera programmé en rapport avec votre structure.

Je vous prie de croire, *Docteur*, à l'assurance de ma considération distinguée et de mes encouragements renouvelés.

Docteur Laura Medialdea MARCOS
Chercheur Principal de l'Etude



Ministère de la Santé et de l'Action Sociale ; Direction de la Planification, de la Recherche et des Statistiques ; Division de la Recherche ; tel 77 361 42 12 email : cnrs2008@ets.sn; N° Assurance du CNERS : IORG002135 valable jusqu'au 28 février 2022.

REPUBLIQUE DU SENEGAL
Wolof: Ni Pape Ni Bine Ni Am Ni

*Ministère de la Santé
et de l'Action sociale*

DIRECTION DE LA PLANIFICATION
DE LA RECHERCHE ET DES STATISTIQUES

Le Directeur

N° 00000351
MSAS/DPRS/DR

Dakar, le 03 AVR 2019

AUTORISATION ADMINISTRATIVE

**Protocole SEN19/02: « Améliorer la gestion communautaire de la malnutrition aiguë :
Diagnostic par image de la malnutrition aiguë »**

Référence : Avis éthique et scientifique N° 00002/MSAS/DPRS/CNERS en date du 01 avril
2019

Docteur,

Sur la base de l'avis éthique et scientifique du Comité National d'Éthique pour la Recherche
en Santé visé en référence, je vous accorde une autorisation administrative d'une année, à
partir de la date de signature pour permettre la mise en œuvre de votre étude.

Je vous prie de croire, *Docteur*, à l'assurance de ma parfaite considération et de mes
encouragements renouvelés.

Au
Docteur Laura Medialdea MARCOS
Chercheur Principal de l'Etude



Dr Youssoupha NDIAYE

Direction de la Planification, de la Recherche et des Statistiques (DPRS) – Ministère de la Santé et de l'Action sociale
Rue Aimé Césaire - Fann Résidence - DAKAR - SENEGAL
Tél. : (221) 869-42-42 - 869-42-74 - BP 4024

ANNEXE 2 : Lettre de soutien

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Un peuple un but une foi

Région de

District sanitaire de

Date : --/--/----

A l'attention du Coordonnateur du comité d'éthique National de recherche et de santé

Objet : Lettre de soutien et d'accord au projet de recherche intitulé : « Améliorer la Gestion Communautaire de la Malnutrition aiguë. Diagnostic de la malnutrition aiguë Phase II. »

Monsieur

Par la présente, je viens apporter mon soutien et accorder la démarche de l'Organisation Non Gouvernemental (ONG) Action Contre la Faim (ACF) dans le cadre de sa collaboration avec la Région Médicale de Louga, qui compte mener la deuxième phase de son projet de recherche intitulé : « Améliorer la Gestion Communautaire de la Malnutrition aiguë. Diagnostic de la malnutrition aiguë Phase II. »

La première phase était déroulée avec succès dans la Région Médicale de Matam, dans un souci d'une plus grande efficacité en matière de couverture, Action Contre la Faim a décidé de faire une extension en y intégrant la Région Médicale de Louga.

Il s'agit de développer un outil gratuit et facile d'utilisation à partir d'une application smartphone permettant de diagnostiquer la malnutrition à partir d'images d'enfants de 06 à 59 mois en vue d'aider le système de santé dans le diagnostic, le traitement et la prise en charge de la malnutrition.

Cet outil sera développé à partir de deux technologies : SAM (Sévère Acte Malnutrition) Photo diagnosis application et Chatbot testées respectivement par Action Contre la Faim et le Programme Alimentaire Mondial (PAM). L'étude aura lieu dans la région médicale de Matam au niveau des structures de santé ou localité d'où intervient l'ONG Action Contre la Faim et va concerner les enfants de 06 à 59 mois.

Sur ce je viens manifester mon soutien et accepter la collaboration pour la deuxième phase de cette étude qui va impliquer tous les prestataires de santé et les acteurs communautaires au niveau du district sanitaire de Louga pour une bonne mise en œuvre de cette activité.

Espérant une suite favorable à ma requête, je vous prie d'agréer monsieur le coordonnateur l'assurance de mon profond dévouement.

Le médecin chef de district

FICHE INFORMATIVE DE L'ÉTUDE :



DIAGNOSTIC PAR IMAGE ET GESTION COMMUNAUTAIRE DE LA MALNUTRITION AIGUË

Chers pères/mères, nous vous écrivons pour solliciter cordialement votre participation à cette étude solidaire qu'ACTION CONTRE LA FAIM et le Programme Alimentaire Mondiale sont en train de mener, en collaboration avec l'Université Cheick Anta Diop et l'Université Complutense de Madrid.

Veillez lire attentivement ce document afin que vous receviez toute information nécessaire qui vous permette de décider si vous voulez que votre enfant participe.

OBJECTIF DE L'ÉTUDE : Notre but ultime est de faciliter le diagnostic et gestion communautaire de la malnutrition sévère aiguë infantile, maladie causant la mort de 8.500 enfants chaque jour dans le monde entier. **Faciliter le diagnostic de la malnutrition dans des situations d'urgence et de crise, permettrait aux organisations humanitaires d'appliquer de manière plus rapide et efficace les traitements appropriés qui peuvent sauver leur vie.**

VOTRE PARTICIPATION EST VOLONTAIRE ET GRATUITE : Vous devez savoir que, si vous décidez de ne plus participer, vous pouvez retirer votre consentement en tout moment sans aucun dégât ni répercussion.

DESCRIPTION DE L'ÉTUDE : Notre but est la validation d'une application pour Smartphone où il serait suffisant de prendre une photo du corps entier d'un enfant, pouvant identifier rapidement leur état nutritionnel. Pour cela, nous avons besoin de valider le modèle mathématique qui puisse comparer la forme anatomique d'un enfant sain avec celle d'un enfant en situation de la malnutrition aiguë, et c'est précisément dans cette tâche d'alimentation de l'échantillon, qui peut nous amener à calibrer ce modèle, où votre enfant peut nous aider à aider des milliers d'autres enfants.

Pour la concrétisation de ce modèle, nous avons besoin de prendre des mesures et des photos à de nombreux enfants entre 6 mois et 5 ans (n'ayant pas 5 ans révolus). À tous les enfants participant à cette étude leur seront prises une série des mesures anthropométriques similaires à celles réalisées chez le pédiatre (poids, taille, et périmètre brachial). Ensuite, avec ces enfants qui se trouvent dans des rangs concrets de relation poids-taille et périmètre brachial, nous procéderont à prendre des photos à fin d'étudier la silhouette corporelle.

Pour la prise de ces photographies, les enfants devront se trouver en sous-vêtements, ou maillot de bain type élastique « slip », pour pouvoir enregistrer le contour du corps ; et les photographies des régions de ses corps seront faites avec l'outil SAM Photo Diagnosis App®, l'enfant étant couché sur le dos. Antérieurement, différents points anatomiques communs chez les enfants, seront signalés avec un marqueur non-toxique, lavable et adapté aux enfants (points qui seront ensuite effacés avec une lingette de nettoyage pour bébé). Pour votre tranquillité, on peut assurer fermement que ces photographies seront utilisées pour l'obtention de la silhouette corporelle et pour les

coordonnées des points anatomiques marqués. En plus, ces images seront conservées dans des serveurs de haute sécurité, auquel seulement un groupe réduit de personnes liées à cette recherche auront accès pour ensuite les convertir en modèles morpho-métriques.

Nous collecterons également des informations supplémentaires sur les ménages et les enfants pour nous aider à comprendre le contexte dans cette communauté. Ces informations seront utilisées pour concevoir le système de messagerie au sein de notre application, afin que vous puissiez recevoir des informations importantes sur la santé et la nutrition.

AVANTAGES DE LEUR PARTICIPATION À L'ÉTUDE : A part de la satisfaction de collaborer de manière solidaire à développer cet outil de diagnostic précoce de la malnutrition, **nous nous engageons à vous remettre de manière directe, où à travers le centre éducatif (à l'intérieur d'une enveloppe scellée), un rapport totalement confidentiel de l'état nutritionnel et de croissance de votre enfant**, selon les normes de L'Organisation Mondiale de la Santé.

CONFIDENTIALITÉ DES RENSEIGNEMENTS : Le traitement des données est fait anonymement, associant une clé numérique à chaque participant afin que les bases de données et photographies qui seront générées, ne puissent être assignées à l'identité des enfants. Nous vous informons que tous les documents **avec des données personnelles, ainsi que les photographies de l'enfant seront détruites une fois le projet ait conclu**, en préservant uniquement un registre numérique des mesures et des coordonnées résultantes de la prise des photographies.

Compte tenu de l'importance qu'a pour nous la confidentialité et la protection des données personnelles et des photos de votre enfant, nous vous demandons que vous lisiez et signiez le document qui vous est remis sous le titre "**Document de consentement à la collecte et utilisation des données personnelles et d'acceptation des normes de protection de données**".

Pour toutes questions, suggestions ou informations supplémentaires veuillez contacter le gérant responsable du projet :

Laura Medialdea Marcos

Chercheuse Experte d'Action Contre la Faim Espagne

Courrier : lmedialdea@accioncontraelhambre.org

ON VOUS REMERCIE DE VOTRE COLLABORATION !



ANNEXE 4 : Consentement pour la participation à l'étude



CONSENTEMENT À LA PARTICIPATION L'ÉTUDE



DANS
de la

« Diagnostique par image et gestion communautaire malnutrition aiguë »

Je, (nom et prénom) _____

N° carte d'identité nationale _____ comme père/mère/tuteur légal du mineur
(nom complet de l'enfant) _____ :

- J'ai lu la fiche d'information qui accompagne ce consentement.
- J'ai eu la chance de communiquer avec le responsable de l'étude pouvant lui poser des questions sur celui-ci.
- Je comprends que la participation de l'enfant à l'étude est volontaire et que je suis libre de décider de participer ou non.
- Je comprends que je peux retirer, lorsque je le souhaite, le consentement de participation de l'enfant à l'étude sans avoir à donner des explications.
- Je sais que les chercheurs garantissent la sécurité de mes données et de l'enfant tel qu'énoncés dans la *Loi 2008-12 du 25 janvier 2008 portant sur la protection des données à caractère personnel* existante à cette fin et par conséquent je dois également signer le « *document de consentement pour la collecte et l'utilisation des données de caractère personnelle et acceptation des règles de protection des données* ».
- Dans le cas où je participe à travers le centre éducatif de mon enfant, je sais que les chercheurs me fourniront un rapport personnel avec les résultats de l'état nutritionnel et de la croissance de l'enfant et que ce rapport est confidentiel et j'aurai seulement accès à celui-ci dans les conditions énumérées dans le « *document de consentement pour la collecte et l'utilisation des données de caractère personnelle et acceptation des règles de protection des données* ».

Par conséquent, j'apporte librement ma conformité pour que mon enfant, ou la personne mineure de laquelle je suis en charge, participe dans cette étude.

Oui

Non

Signature du parent ou tuteur légal/tuteur.

Date : _____, à ____ de _____ de 20 ____.



DOCUMENT DE CONSENTEMENT POUR LA COLLECTE ET L'UTILISATION DES DONNÉES DE CARACTÈRE PERSONNEL ET L'ACCEPTATION DES RÈGLES DE PROTECTION DES DONNÉES DANS LE CADRE DE LA PARTICIPATION À L'ÉTUDE



« DIAGNOSTIC PAR IMAGE ET GESTION COMMUNAUTAIRE DE LA MALNUTRITION AIGUË »

Générales

Dans le respect de la *Loi 2008-12 du 25 janvier 2008 portant sur la protection des données à caractère personnel* et ses règlements d'application, nous avons le plaisir de vous informer sur le traitement des données à caractère personnel et des données personnelles de l'enfant (ici appelées « **données** »).

Les données que vous nous avez fournies ou que vous nous fournirez à l'occasion de la participation de votre enfant dans l'étude, seront incorporées dans un dossier chiffré où le responsable est la Fondation Action Contre la Faim Espagne, demeurant à Rue Duque de Sevilla, 3, Code postal 28002, Madrid ; avec Numéro d'Identification Fiscal G-81164105 (désormais "**ACF-Espagne**").

Les données seront traitées par ACF-Espagne dans le but de gérer votre participation au projet de « Diagnostique de la malnutrition sévère et aiguë » et conforme aux obligations légales et contractuelles d'ACF-Espagne.

Exercice des droits



DOCUMENT DE CONSENTEMENT POUR LA COLLECTE ET L'UTILISATION DES DONNÉES DE CARACTÈRE PERSONNEL ET L'ACCEPTATION DES RÈGLES DE PROTECTION DES DONNÉES DANS LE CADRE DE LA PARTICIPATION À L'ÉTUDE



Vous pourrez exercer à tout moment votre droit d'accès, de rectification, d'annulation et opposition au traitement de données, selon les modalités prévues légalement, en écrivant à l'adresse postale d'ACF-Espagne indiquée ci-dessus, avec la mention « Protection de données : SAM Photo Diagnosis ». Votre demande doit être accompagnée d'une copie d'un document prouvant votre identité.

Vous pourrez retirer à travers les voies mentionnées ci-dessus, et à tout moment, les consentements que nous vous sollicitons dans le présent document, sans effets rétroactifs et selon les termes prévus légalement.

Conservation de vos données personnelles

Les données seront conservées dans nos dossiers pendant la durée, et tant qu'ils sont nécessaires au développement de l'étude mentionnée, et pendant les délais juridiques ou contractuellement prévues pour l'exercice de toute action de votre part ou d'ACF-Espagne. Une fois l'étude terminée, les données seront détruites.

Confidentialité et mesures de sécurité

Finalement, nous tenons à vous informer qu'ACF-Espagne traitera en tout temps les données de manière absolument confidentielle et en conformité avec les usages et fins expressément prévues dans le présent document. De même, nous vous informons qu'ACF-Espagne a mis en place des mesures techniques et organisationnelles nécessaires pour assurer la sécurité des données (en particulier de haut niveau puisque l'étude contient des renseignements sur la santé personnelle) et éviter leur altération, perte, traitement ou accès non autorisé, compte tenu de l'état de la technologie, la nature des données stockées et les risques

auxquels elles sont exposées. Tout en conformité avec la législation sénégalaise dans cette matière.



**DOCUMENT DE CONSENTEMENT POUR LA COLLECTE
ET L'UTILISATION DES DONNÉES DE CARACTÈRE
PERSONNEL ET L'ACCEPTATION DES RÈGLES DE
PROTECTION DES DONNÉES
DANS LE CADRE DE LA PARTICIPATION À L'ÉTUDE**



Par la présente, je déclare avoir été informé du traitement des données à caractère personnel effectué par ACF-Espagne et le Programme Alimentaire Mondial, et je donne mon consentement explicite au traitement des données à caractère personnel conformément à ce document.

Oui

Non

- Nom et prénom du père, mère ou tuteur légal :

- Numéro d'identification du père, mère ou tuteur légal :

- Nom et prénom de l'enfant à votre

Signature du parent ou tuteur légal :

Date : _____, à _____ de _____ de 20__ __.

ANNEXE 6 : Questionnaire d'enquête familiale

CODE DU PARTICIPANT

N°	QUESTIONS	REPOSES
INFORMATIONS GÉNÉRALES		
1	Date de l'enquête	___/___/_____
2	Coordonnées GPS de l'enquête	
	Numéro de l'enfant	---
3	Région de l'enfant 1 = Matam 2 = Louga	<input type="checkbox"/>
4	District de sanitaire Matam 1 = Matam 2 = Kanel 3 = Ranérou 4 = thilogne	<input type="checkbox"/>
	Louga 1 = Dahra 2 = Linguère	<input type="checkbox"/>
5	Poste de santé	
6	Nom du village	
IDENTIFICATION DE L'ENFANT		
7	Date de naissance de l'enfant	___/___/_____
8	Âge de l'enfant (en mois)	--
9	Sexe de l'enfant 1 = Garçon 2 = Fille	<input type="checkbox"/>
IDENTIFICATION DE LA MÈRE		
10	Date de naissance de la mère du participant	___/___/_____
11	Âge de la mère de l'enfant (ans)	--
GROSSESSE DE LA MÈRE		

12	Nombre de grossesses de la mère ? (Y compris les avortements)	---
13	Âge de la mère quand elle a eu l'enfant ? (En années révolue)	---
14	Est-ce que la mère a eu des complications pendant la grossesse (maladies, bosses, chutes, évanouissements, saignements, autres) 1 = Oui 2 = Non	<input type="checkbox"/>
	Si oui expliquez le pourquoi ?	.....
	À quel moment de la grossesse elle a eu ces complications ? 1 = premier trimestre 2 = deuxième trimestre 3 = troisième trimestre	<input type="checkbox"/>
15	Est-ce que la mère a pris des médicaments pendant la grossesse ? 1 = Oui 2 = Non	<input type="checkbox"/>
	Si oui quel type ?	.....
	Est que c'est un médicament prescrit par un médecin ? 1 = Oui 2 = Non	<input type="checkbox"/>
	À quel moment de la grossesse elle a pris le (s) médicament (s) ? 1 = premier trimestre 2 = deuxième trimestre 3 = troisième trimestre	<input type="checkbox"/>
16	Est-ce que la mère a pris des médicaments traditionnels pendant la grossesse ? 1 = Oui 2 = Non	<input type="checkbox"/>
	Si oui, pourquoi elle l'a pris ?	.....
	Si oui quel type ?	.....
	À quel moment elle la prit? 1 = premier trimestre 2 = deuxième trimestre 3 = troisième trimestre	<input type="checkbox"/>
17	Est-ce que la nourriture était disponible pendant la grossesse ? 1 = Oui 2 = Non	<input type="checkbox"/>

CARACTERISQUE SOCIO-DEMONOGRAPHIQUES		
18	Nombre de frères et sœurs de l'enfant (de la même mère)	--
	Garçons	--
	Filles	--
19	Position qu'occupe l'enfant, par ordre d'âge, entre les frères et les sœurs (de la même mère)	--
20	Combien d'adultes vivent à la maison (y compris vous-même)	--
	Hommes	--
	Femmes	--
21	Combien d'enfants vivent dans la maison (y compris l'enfant participant)	--
	Garçons	--
	Filles	--
22	Position entre les enfants, par ordre d'âge qu'occupe l'enfant participant	--
NATIONALITÉ		
23	Lieu de naissance des parents (province / pays)	
	Mère	.....
	Père	.....
24	Lieu de naissance des grands parents (province / pays)	
24.a	Maternel	
	Grand-père	.....
	Grand-mère	.....
24.b	Paternel	
	Grand-père	.....
	Grand-mère	.....
ETHNICITE		
25	Quelle ethnie est les parents	
25.a	Mère 1 = Poular 2 = Wolof 3 = Sérère 4 = autre	□

25.b	Père 1 = Poular 2 = Wolof 3 = Sérère 4 = autre	<input type="checkbox"/>
26	Ethnie des grands parents	
26.a	Maternel	
	Grand-père 1 = Poular 2 = Wolof 3 = Sérère 4 = autre	<input type="checkbox"/>
	Grand-mère 1 = Poular 2 = Wolof 3 = Sérère 4 = autre	<input type="checkbox"/>
26.b	Paternel	
	Grand-père 1 = Poular 2 = Wolof 3 = Sérère 4 = autre	<input type="checkbox"/>
	Grand-mère 1 = Poular 2 = Wolof 3 = Sérère 4 = autre	<input type="checkbox"/>

ANNEXE 7 : Fiche anthropométrique pour Open Data Kit (ODK) étude

« Diagnostic par image de la malnutrition aiguë »

DATE DE L'ENQUÊTE		
CODE DU PARTICIPANT		
CENTRE DE SANTÉ		
DATE DE NAISSANCE		
SEXE	MASCULIN	FEMININ
POIDS (kg ± 100 g)		
TAILLE / LONGUEUR (cm ± 0,1 mm)		Debout <input type="checkbox"/> Couché <input type="checkbox"/>
MUAC (cm ± 0,1 mm)		
ETAT NUTRITIONNEL		
PRISE DE PHOTO	OUI	NON

OBSERVATIONS :

ANNEXE 8 : Caractéristique de la grossesse

	Pourcentage (%)
Complication pendant la grossesse	n=91
Oui	17,6(16)
Non	82,4(75)
Dans quelle période de la grossesse	n=16
Première trimestre	50(8)
Deuxième trimestre	6,3(1)
Troisième trimestre	43,7(7)
Médicament pendant la grossesse	n=91
Oui	96,7(88)
Non	3,3(3)
Dans quelle période de la grossesse	n=88
Premier trimestre	82,9(73)
Deuxième trimestre	6,8(6)
Troisième trimestre	10,3(9)
Médicament prescrit par le médecin	n=91
Oui	94,5(86)
Non	5,5(4)
Médicament traditionnel	n=91
Oui	14,3(22)
Non	85,7(78)
Dans quelle période de la grossesse	n=22
Premier trimestre	68,1(15)
Deuxième trimestre	0
Troisième trimestre	0
Toute la grossesse	31,9(7)

ANNEXE 9 : Prévalence du retard de croissance et de l'insuffisance pondérale

	% (n) TAZ			% (n) PAZ		
	Global TAZ < -2	Modéré - 2 < TAZ ≤ -3	Severe TAZ < -3	Global PAZ < -2	Modéré - 2 < PAZ ≤ -3	Severe PAZ < -3
Tous	39,6 (36)	22 (20)	17,6 (16)	74,7 (68)	47,2 (43)	27,5 (25)
Sexe						
Filles	38,6 (17)	25 (11)	13,6 (6)	79,5 (35)	47,7 (21)	31,8 (14)
Garçons	40,4 (19)	19,1 (9)	21,3 (10)	70,2 (33)	46,8 (22)	23,4 (11)
Tranche d'âge						
Moins de 24 mois	20,8 (10)	12,5 (6)	8,3 (4)	75 (36)	56,2 (27)	18,8 (9)
24 mois et plus	60,5 (26)	32,6 (14)	27,9 (12)	74,4 (32)	37,2 (16)	37,2 (16)

ANNEXE 10 : Coordonnées du bras gauche moyen de l'échantillon

Repères anatomiques	Coordonnées	
	Axe des X	Axe des Y
01	0,30398072	0,03469159
02	0,30049361	-0,00657691
03	0,29778184	-0,05044919
04	0,29778184	0,03666618
05	0,23064948	-0,05354819
06	0,15754588	0,04227178
07	0,15044030	-0,05791105
08	0,08499714	0,05416770
09	0,07676977	-0,05993536
10	0,01087823	0,05443721
11	0,00804934	0,01469782
12	0,00273368	-0,05805705
13	-0,06319695	0,05608607
14	-0,07059964	-0,04733391
15	-0,13671902	0,06332187
16	-0,1444139	-0,04201068
17	-0,2093689	0,08473465
18	-0,2182198	-0,03614642
19	-0,2826761	0,10291803
20	-0,2729095	-0,03509601
21	-0,4504688	-0,09692811

ANNEXE 11 : Coordonnées du bras gauche moyen de l'échantillon après suppression du repère 21

Repères anatomiques	Coordonnées	
	Axe des X	Axe des Y
01	0,31620964	0,05572067
02	0,31547834	0,00873823
03	0,31582931	-0,041132
04	0,23305679	0,05223533
05	0,23283836	-0,0503822
06	0,14988557	0,05288495
07	0,14965428	-0,0610663
08	0,06685491	0,06069911
09	0,06643968	-0,0690985
10	-0,0170447	0,0552324
11	-0,017125	0,0100228
12	-0,0174944	-0,0727525
13	-0,1009947	0,05131083
14	-0,1013339	-0,0663275
15	-0,1847592	0,05377582
16	-0,1852848	-0,0660566
17	-0,2686536	0,07233914
18	-0,2692627	-0,0651693
19	-0,3530201	0,08722054
20	-0,331274	-0,068195

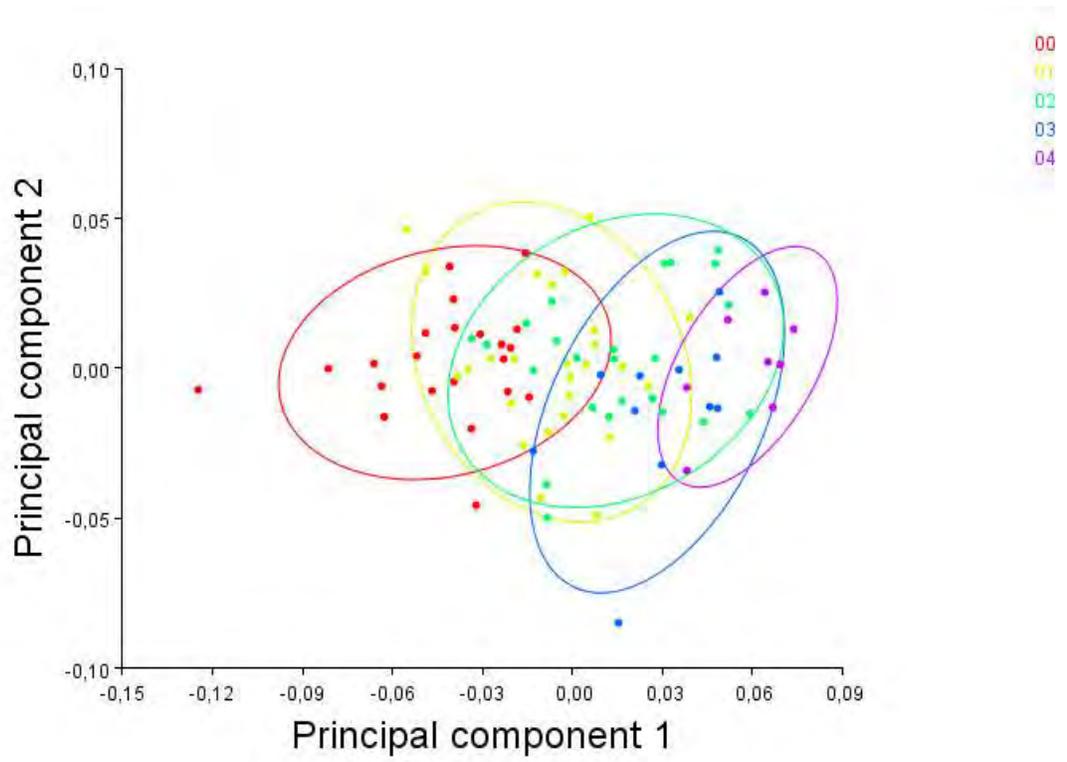
ANNEXE 12 : Coordonnées du bras moyen des enfants MAM de moins de 24 mois

Repères anatomiques	Coordonnées	
	Axe des X	Axe des Y
01	0,31504374	0,05987455
02	0,31435617	0,00963142
03	0,31475720	-0,04397408
04	0,23196443	0,05699725
05	0,23180929	-0,05553597
06	0,14889352	0,05748305
07	0,14866943	-0,06706006
08	0,06586554	0,06616679
09	0,06549248	0,06616679
10	-0,01826260	0,06019021
11	-0,01838585	0,01058838
12	-0,01868604	-0,07794152
13	-0,10129050	0,05631684
14	-0,10154512	-0,07142922
15	-0,18411453	0,05901182
16	-0,18452742	-0,07154656
17	-0,26707366	0,07817640
18	-0,26749247	-0,07058559
19	-0,35066532	0,09245675
20	-0,32480829	-0,07371885

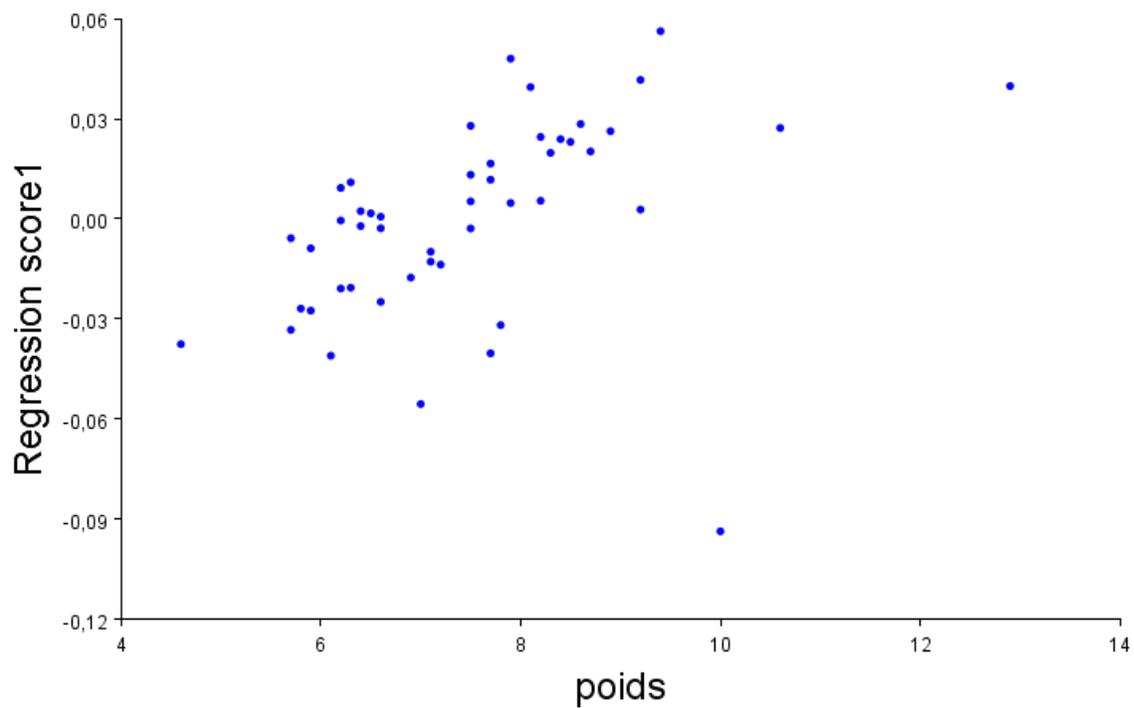
ANNEXE 13 : Coordonnées des enfants MAM de 24 mois et plus

Repères anatomiques	Coordonnées	
	Axe des X	Axe des Y
01	0,31731837	0,05096275
02	0,31654604	0,00773837
03	0,31684901	-0,03783018
04	0,23413741	0,04677906
05	0,23386896	-0,04443802
06	0,15090775	0,04760787
07	0,15069283	-0,05416317
08	0,06792846	0,05441478
09	0,06749246	-0,06218672
10	-0,01565134	0,04952656
11	-0,01567253	0,00936631
12	-0,01610572	-0,06677620
13	-0,10059917	0,04554663
14	-0,10101049	-0,06046258
15	-0,18538333	0,04774009
16	-0,18601190	-0,05975448
17	-0,27029297	0,06559600
18	-0,27109150	-0,05895842
19	-0,35548918	0,08114760
20	-0,33843317	-0,06185626

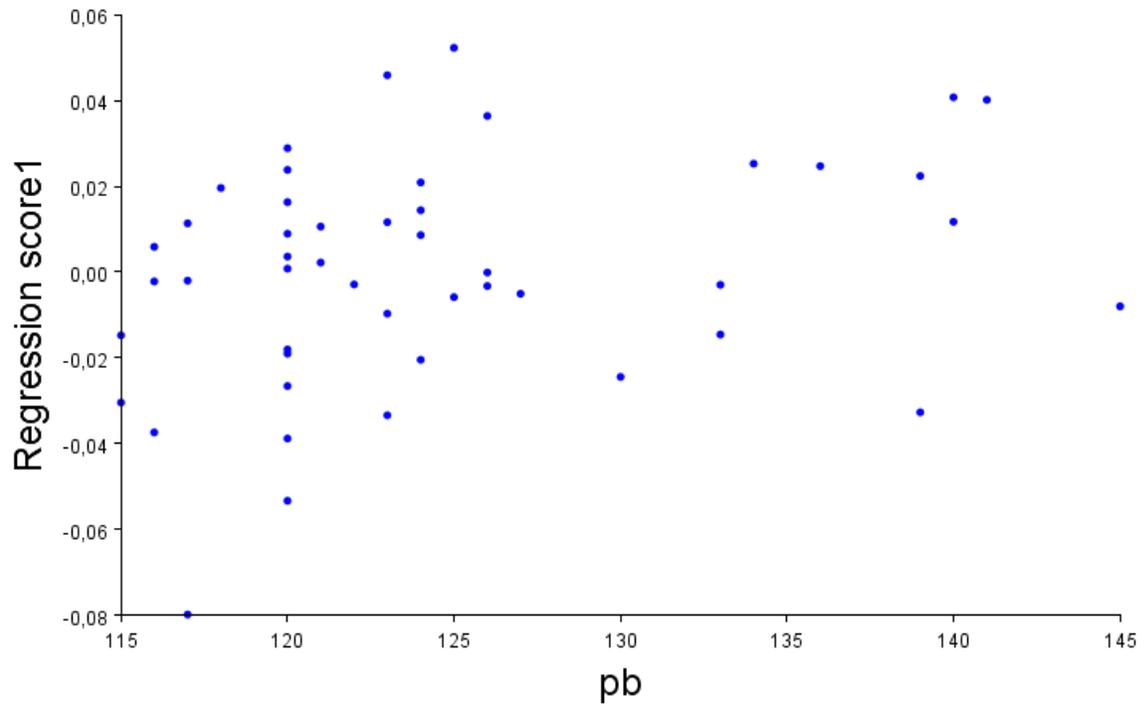
ANNEXE 14 : Analyse des composantes principales selon de l'âge en années



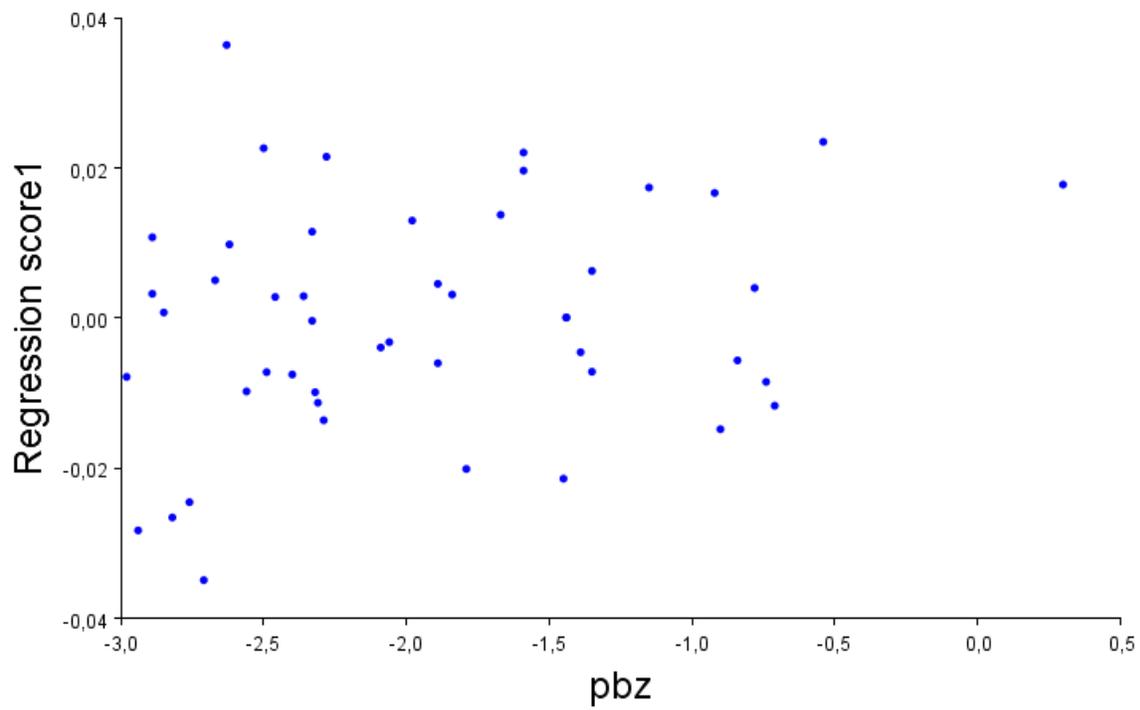
ANNEXE 15 : Régression linéaire multivariée de la forme en fonction du poids



ANNEXE 16 : Régression linéaire multivariée de la forme en fonction du PB



ANNEXE 18 : Régression linéaire multivariée de la forme en fonction du PBZ



Titre : Comparaison de la morphométrie d'enfants âgés de 6-59 mois pour le diagnostic de la malnutrition aiguë évaluée par l'indice poids pour taille et le périmètre brachial en milieu rural au Sénégal

Nom de la candidate : Melle Adjil Mbène NDIAYE

Jury d'examen : Présidente : Pr Adama DIOUF

Membres : Pr Nicole DOSSOU

: Msc Laura MEDIALEA MARCOS

: Dr Aminata NDIAYE COLY

Soutenu le 11 juin 2020

Résumé

Introduction : Le dépistage de la malnutrition aiguë chez les enfants de 6-59 mois par anthropométrie au niveau communautaire présente un certain nombre de limites. Ainsi, Action contre la Faim a pris l'initiative de créer un outil alternatif de diagnostic par image de la malnutrition aiguë chez les enfants en temps réel basé sur la technique de la morphométrie géométrique, qui étudie les modifications de forme du corps. Dans une première étude, une analyse approfondie a été effectuée sur la variabilité morphologique des enfants apparemment normaux et souffrant de malnutrition aiguë sévère, en fonction de leur âge, sexe ou population d'origine. Cette approche innovante est particulièrement intéressante pour élargir les connaissances existantes sur la malnutrition aiguë modérée pour laquelle des études sont encore rares.

Objectif : Analyser la variabilité morphologique du bras gauche des enfants sénégalais âgés de 6-59 mois souffrant de malnutrition aiguë modérée en milieu rural à Louga et à Matam par la technique de la morphométrie géométrique.

Méthodologie : Cette étude transversale de type analytique est effectuée, selon un choix raisonné, sur 91 enfants âgés de 6-59 mois souffrant de malnutrition aiguë modérée habitant à Matam et à Louga. L'échantillon est réparti en fonction de l'âge (< 24 mois ; ≥ 24 mois), du sexe et des indicateurs de diagnostics de la malnutrition aiguë (indice poids-pour-taille et périmètre brachial). Pour chaque enfant, les données anthropométriques, sociodémographiques ainsi que les images du bras gauche ont été collectées. Des points de repère anatomiques ont été identifiés sur les images et digitalisées pour obtenir les variables morphométriques. Une analyse statistique descriptive a été effectuée sur les données anthropométriques et sociodémographiques. Des analyses statistiques multivariées ont été effectuées pour la quantification et la visualisation des variations de formes du bras gauche des enfants. Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart type, en médiane (percentile 25 ; percentile 75), en F (valeur statistique du test de Fisher) et en pourcentage (effectifs). Pour toutes ces analyses, un seuil de signification de 5% est retenu.

Résultats : Les garçons ont un poids significativement plus élevé que les filles ($P=0,018$). La valeur médiane du périmètre brachial-pour-âge qui est de $-2,5$ [$-2,83$; $-1,81$] est similaire à celle du poids-pour-taille $-2,3$ [$-2,63$; $-1,75$]. La quantification des formes montre que la taille centroïde du bras gauche moyen diffère significativement en fonction des variables âge (mois) ($F=7,76$; $P<0,001$), âge (année) ($F=37,96$; $P<0,001$), tranche d'âge ($F=63,24$; $P<0,001$) et selon les critères de diagnostic ($F=4,40$; $P=0,015$). Des variations significatives de forme sont observées sur ces mêmes variables âge (mois) ($F=2,59$; $P<0,001$), âge (année) ($F=12,33$; $P<0,001$), tranches d'âge ($F=27,48$; $P<0,001$) et critères de diagnostic ($F=2,83$; $P<0,001$). Chez les moins de 24 mois, la quantification du bras montre une différence significative de la taille centroïde ($F=5,00$; $P=0,03$) et la forme ($F=1,68$; $P=0,007$) du bras entre les filles et les garçons. Quant aux critères de diagnostic, seule la forme du bras de ces enfants (et non la taille centroïde) diffère significativement ($F=2,03$; $P<0,001$). La visualisation montre qu'il existe des différences de forme surtout entre les enfants de moins de 24 mois et de 24 mois et plus. L'analyse de la performance diagnostic du modèle à 20 RRA par rapport aux critères montre que le modèle est plus sensible pour détecter les enfants MAM par P(T) (75,86 %) mais est plus spécifique chez les enfants MAM par PB (66,66 %), toutefois sa précision est marginale.

Conclusion : L'étude montre que la morphologie du bras gauche diffère chez les enfants âgés de 6-59 mois souffrant de malnutrition aiguë modérée en fonction de l'âge, du sexe et du critère de diagnostic. Selon les critères de diagnostic, les enfants peuvent être identifiés avec une faible précision et les différences morphologiques également visualisées. La malnutrition aiguë modérée peut être diagnostiquée avec le bras gauche par la technique de la morphométrie géométrique. Cependant une étude de validation est nécessaire pour confirmer ces résultats d'un intérêt capital pour les structures communautaires au Sénégal.

Mots clés : Morphométrie géométrique, Malnutrition Aiguë Modérée, critères de diagnostic, ontogénie