

III. RESULTATS

1. RÉPARTITION DE L'ÉCHANTILLON

La taille finale de l'échantillon est de 91 enfants souffrant de MAM sur les 96 prévus due à une moindre fréquence des enfants âgé de 24 mois et plus MAM diagnostiqués par PB après 2 phases de collecte. Le **Tableau 2** montre la répartition de l'échantillon en fonction du sexe, de l'âge, du critère de diagnostic et de la région. Ainsi 63,8% des enfants habitent à Matam, 51,6% de l'échantillon sont des garçons, 53% ont moins de 24 mois, et seuls 29,8 % sont détectés par le PB.

Tableau 2 : Répartition de l'échantillon

	Pourcentage (%) (n=91)
Sexe	
Filles	48,4 (44)
Garçons	51,6 (47)
Tranche d'âge	
< 24 mois	53,0 (48)
≥ 24 mois	47,0 (43)
Critères de diagnostic	
PTZ	35,1(32)
PB	29,8 (27)
DC	35,1 (32)
Régions	
Matam	63,8 (58)
Louga	36,2 (33)

2. CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES DES SUJETS

Le **Tableau 3** indique les caractéristiques sociodémographiques des enfants et des mères. Plus de 90% des enfants sont de l'ethnie Pular et 5,5% de l'ethnie Wolof. Le nombre moyen de frères et de sœurs pour chaque enfant est de 2. L'ethnie Pular est majoritaire chez les mères (93%), la plupart d'entre elles sont multipares (80%) et seules 18% ont moins de 20 ans.

Tableau 3 : Caractéristiques sociodémographiques

		M ± ET ; Me [P25 ; P75] ou %(n)
Enfants (n=91)		
Ethnie		
Pular		94,5 (86)
Wolof		5,5 (5)
Fratrie		
Frère		2 [1 ; 4]
Sœur		1 [0 ; 2]
Mère (n=91)		
Ethnie		
Pular		93 (85)
Wolof		5,5 (5)
Sérère		1,5 (1)
Parité		
Primipares		20 (19)
Multipares		80 (72)
Âge mère		
Moins de 20 ans		19,8 (18)
20 ans et plus		80,2 (73)

M = moyenne, ET= écart type, Me=médiane, P25=percentile 25, P75=percentile 75, %=pourcentage et n=effectif

3. CARACTERISTIQUES ANTHROPOMETRIQUES DES SUJETS

3.1. Test de normalité

Le **Tableau 4** présente la distribution et la dispersion des variables. Il montre que seules les variables taille et indice TAZ suivent la loi normale ($P>0,05$). Les variables âge, poids, PB, PTZ, PAZ et PBZ ont une distribution asymétrique. Seules les valeurs des variables Taille et TAZ ont une dispersion homogène ($P>0,05$).

Tableau 4 : Analyse de la distribution des variables quantitatives

Variables	Tous		Sexe		Groupe d'âge	
	Normalité		Homoscédasticité		Homoscédasticité	
	F	P	F	P	F	P
Âge (mois)	0,93	<0,001	0,66	0,419	11,329	0,001
Poids (kg)	9,48	0,001	0,02	0,875	1,3695	0,245
Taille (cm)	0,98	0,053	0,35	0,557	1,8647	0,175
PB (mm)	0,9	<0,001	4,45	0,038	0,7286	0,396
PTZ	0,08	<0,001	1,24	0,269	0,6838	0,41
TAZ	0,99	0,547	0,98	0,324	0,3692	0,545
PAZ	0,94	<0,001	1,47	0,228	0,3726	0,543
PBZ	0,97	0,019	0,01	0,917	4,523	0,036

F= test F de Fisher ; P=seuil de signification (valeur P) ; Les résultats en gras sont ceux qui ont un P significatif

3.2. Caractéristiques des sujets en fonction du sexe et de la tranche d'âge

Le **Tableau 5** indique les caractéristiques des sujets selon le sexe et la tranche d'âge. Les résultats sont présentés en moyenne $\pm$ écart type ou médiane [P25 ; P75]. Le poids médian des garçons est significativement plus élevé ($\chi^2 = 5,53$; $P = 0,018$) que celui des filles. Les variables âge ($\chi^2 = 66,3$; $P < 0,001$), poids ($\chi^2 = 77,72$; $P < 0,001$), taille ($F = 79,23$; $P < 0,001$) sont significativement différents entre les enfants MAM âgés de moins de 24 mois et ceux de 24 mois et plus. L'indicateur nutritionnel PBZ est significativement plus élevé chez les enfants MAM âgés de 24 mois et plus ($\chi^2 = 24,25$; $P < 0,001$) que chez les moins de 24 mois.

La prévalence globale du retard de croissance est de 39,6% et celle de l'insuffisance pondérale de 74,7%. Les prévalences selon le sexe et les tranches d'âge peuvent être consultées à **l'annexe 9**.

Tableau 5 : Caractéristiques des sujets en fonction du sexe et de la tranche d'âge

	M ± ET/ Me [P25 ; 75]				
	Tous (n=91)	Sexe		Groupe d'âge	
		Fille (n=44)	Garçons (n=47)	Moins de 24 mois (n=48)	Plus de 24 mois (n=43)
Âge (mois)	23,6 [12,63 ; 32,76]	22,7 [10,7 ; 32,2]	23,8 [16,2 ; 33,0]	13,7[8,7 ; 17,8] ^c	34,1[27,30 ; 42,6] ^d
Poids (kg)	8,5 [7,3 ; 10,2]	7,95[6,6 ; 9,9] ^a	9[8 ; 10,7] ^b	7,5[6,4 ; 8,2] ^c	10,2[9 ; 11,1] ^d
Taille (cm)	79,9± 11,4	78,5 ± 11,6	81,2 ± 10,9	72,6 ± 7,2 ^c	88 ± 9,2 ^d
PB (mm)	123 [120 ; 128]	123,5[120 ; 126,2]	123 [120 ; 130]	123[120 ; 126,2]	124[121 ; 128]
PTZ	-2,3 [-2,63 ; -1,75]	-2,3 [-2,6 ; -2,2]	-2,3 [-2,6 ; -1,71]	-2,3 [-2,5 ; -1,5]	-2,4[-2,7 ; -2,8]
TAZ	-1,7 ± 1,5	-1,739 ± 1,4	1,7 ± 1,6	-1,5 ± 1,4	-1,9 ± 1,5
PAZ	-2,4 [-3,06 ; -1,97]	-2,43 [-3,1 ; -2,1]	-2,5 [-2,9 ; -1,9]	-2,4[-2,8 ; -2]	-2,6[-3,2 ; -1,9]
PBZ	-2,5 [-2,83 ; -1,81]	-2,67 [-2,6 ; -1,6]	-2,3 [-2,9 ; -2,3]	-2[-2,5 ; -1,4] ^c	-2,7[-3,1 ; -2,7] ^d

M = moyenne, ET= écart type, Me=médiane, P25=percentile 25, P75=percentile 75, %=pourcentage et n=effectif et P=seuil de signification (valeur P)

Kruskal Wallis est utilisée pour analyser les différences entre médianes et ANOVA pour les différences entre les moyennes

a/b : p<0,05 ; c/d p<0

3.3. Description des indicateurs nutritionnels en fonction du critère de diagnostic (PTZ et/ou PB) de la MAM

Le **Tableau 6** indique la comparaison des moyennes $\pm$ écart type ou médianes [P25 ; P75] des variables (PTZ, TAZ, PAZ et PBZ) en fonction du critère de diagnostic des enfants. Une différence significative existe entre ces indices recalculés et les 3 critères de diagnostic (PTZ, PB et DC). Pour l'indice PTZ recalculé ($F=49,22$; $P<0,001$), les enfants diagnostiqués par PTZ ont une valeur médiane significativement plus élevée que ceux diagnostiqués par PB ($P<0,001$), et de même ceux diagnostiqués par PB comparés à ceux diagnostiqués par DC ($P<0,001$). Pour l'indice TAZ ($F=3,45$; $P=0,03$), la différence se situe entre le groupe diagnostiqué par PTZ et celui par PB ($P=0,04$). La moyenne de l'indice TAZ est significativement plus faible dans le groupe des MAM par PB. Les enfants diagnostiqués par les DC ont un indice PAZ ($\chi^2 = 12,55$; $P=0,001$) significativement plus faible que ceux dépistés par PTZ ($P=0,01$) et de ceux par PB ($P=0,003$). Enfin l'indice PBZ ($\chi^2 = 31,3$; $P<0,001$), est significativement différent entre les groupes diagnostiqués par PTZ et PB ($P<0,001$) et entre ceux par PTZ et par les DC ($P<0,001$). Il est significativement plus grand dans le groupe des enfants MAM par PTZ.

Tableau 6 : Analyse descriptive des indices anthropométriques des sujets en fonction du critère de diagnostic

	M $\pm$ ET/ Me [P25 ; P75]			P [§]
	PTZ (n=32)	PB (n=27)	DC (n=32)	
PTZ	-2,4 [-2,6 ; -2,3]	-1,4 [-1,7 ; -0,8]	-2,6 [-2,7 ; -2,3]	<0,001
TAZ	-1,2 $\pm$ 1,228	-2,1 $\pm$ 1,69	-1,9 $\pm$ 1,549	0,030
PAZ	-2,3 [-2,9 ; -1,9]	-2,2 [-2,57 ; -1,42]	-2,8 [-3,2 ; -2,5]	0,010
PBZ	-1,61 [-2,3 ; -1,3]	-2,7 [-3,0 ; -2,3]	-2,8 [-2,9 ; -2,3]	<0,001

M = moyenne, ET= écart-type, Me=médiane, P25=percentile 25, P75=percentile 75, %=pourcentage, n=effectif

DC = deux critères diagnostics PB et PTZ

Kruskal Wallis est utilisée pour analyser les différences entre médianes et ANOVA pour les différences entre les moyennes

Test Tukey HDS est utilisée pour la comparaison 2 à 2 des moyennes des groupes, Pairewise Wilcoxon pour les médianes

§ Seuil de signification globale de comparaison entre les 3 groupes de diagnostic

4. CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES DES SUJETS

4.1. Test d'erreur intra observateur

4.1.1. Quantification des erreurs

Le **Tableau 7** indique la quantification des erreurs de la taille centroïde et de la forme des bras liées à la préparation et à la digitalisation des images par le même observateur. Ces résultats montrent que les erreurs sont minimales sans aucune différence entre les 3 préparations et les 3 digitalisations ($P > 0,05$) pour la taille du centroïde comme pour la forme dans les deux cas.

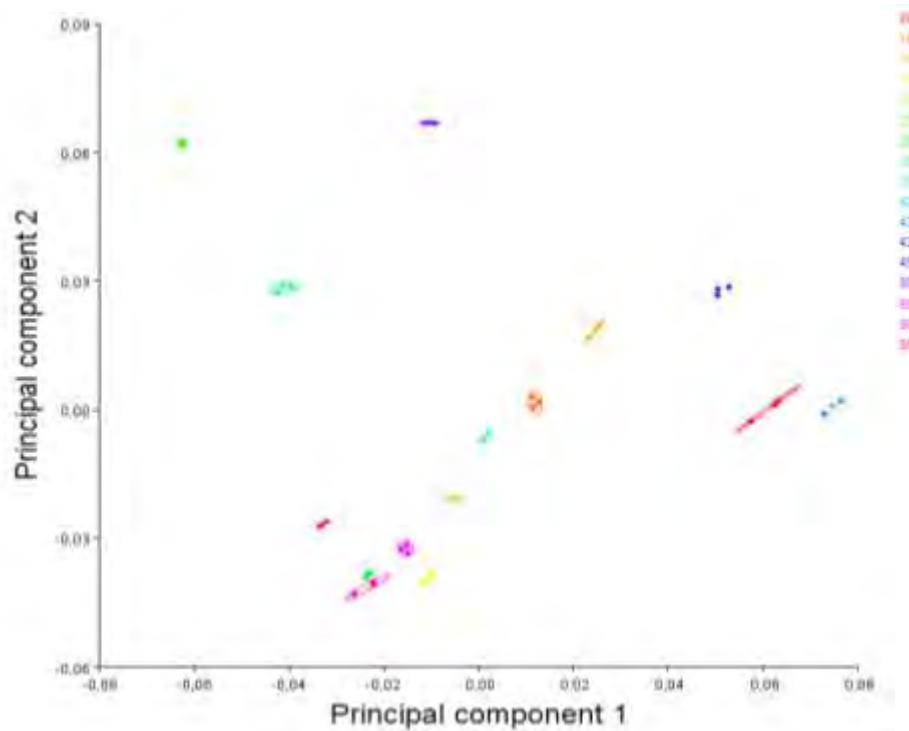
Tableau 7 : ANOVA procrustéenne de la Préparation et de la digitalisation

	Anova procrustéenne Préparation (n=45)				
	SS	MS	DF	F	P
Taille centroïde	2,33	1,163	2	0,13	0,880
Forme	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$1,36 \cdot 10^{-6}$	76	0,01	1,000
	Anova procrustéenne Digitalisation (n=45)				
	SS	MS	DF	F	P
Taille centroïde	0,13	0,066	2	0,01	0,990
Forme	$2,283 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-7}$	76	0,00	1,000

SS= somme des distances procrustéennes au carré, (Procrustes sum of square distances) MS = moyenne des distances procrustéennes au carré (mean square), DF= degrés de liberté, F= valeur statistique du test F de Fisher et P=seuil de signification (valeur P)

4.1.2. Visualisation des erreurs

Les **Figures 9 et 10** représentent la visualisation des différences sur un même bras préparé et digitalisé trois fois par le même observateur. Chaque point représente les coordonnées d'un bras, chaque couleur représente les bras ayant la même codification. Les résultats obtenus montrent que les points de même couleur sont quasi superposés.



**Figure 9 :
visualisation
préparation**

**Image de la
des erreurs de**

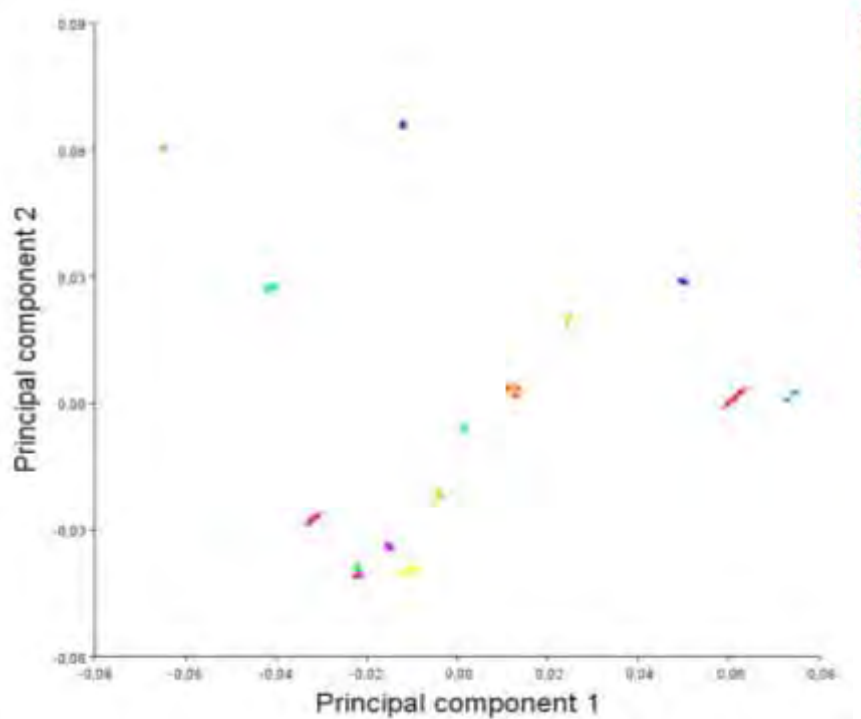


Figure 10 : Image de la visualisation des erreurs de digitalisation

4.2 . Superposition procrustéenne

4.2.1. Superposition procrustéenne du bras gauche moyen des sujets

La visualisation de la superposition procrustéenne des bras gauche (**Figure 11**) montre la forme du bras moyen de tous les sujets (n=91) ainsi qu'une faible variabilité des points des RRA (1 à 20) et une forte dispersion des points du RRA 21. La valeur des coordonnées (x, y) des 21 RRA du bras gauche de l'échantillon (n=91) après superposition procrustéenne peut être consultée dans l'**annexe 10**.

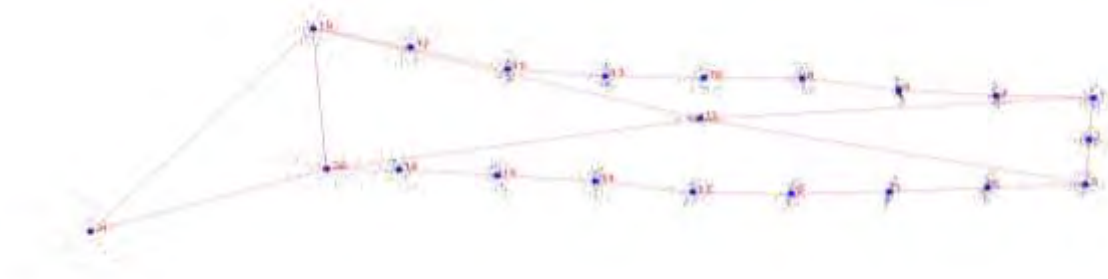


Figure 11 : Image de la forme du bras gauche moyen

4.2.2. Superposition du bras gauche moyen des sujets sans le repère 21

La visualisation du bras gauche moyen des enfants (n=91) après suppression du RRA numéro 21 présentée dans la **Figure 12**, montre que la variabilité des points est faible pour chaque RRA du bras moyen. La valeur des coordonnées (x, y) des RRA peut être consultée dans l'**annexe 11**.

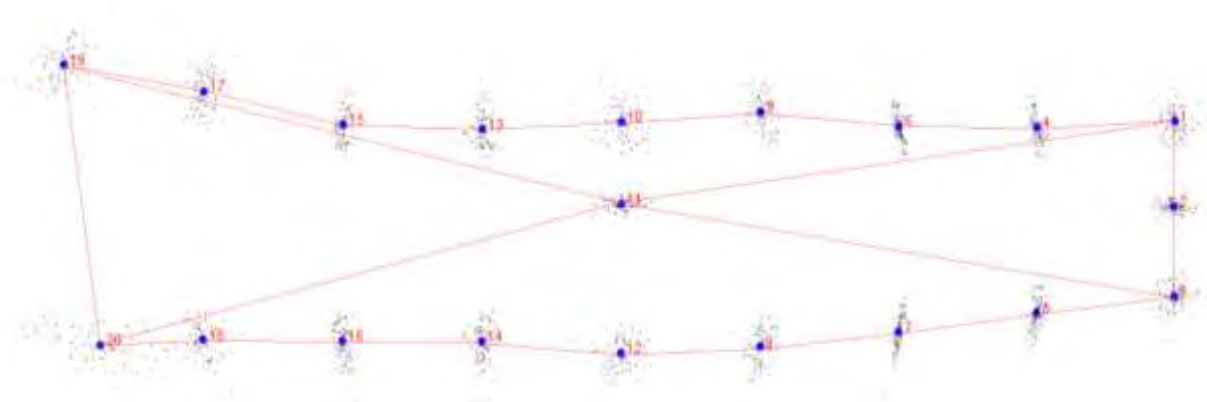


Figure 12 : Image de la forme du bras gauche moyen sans le point 21

4.2.3. Superposition du bras gauche moyen des enfants MAM de moins de 24 mois

L'image ci-dessous (**Figure 13**) montre la répartition des points des différents RRA (visualisation). Il y a une faible variabilité des points de RRA. L'**annexe 12** présente la valeur des coordonnées du bras gauche des enfants de moins de 24 mois (n=48).

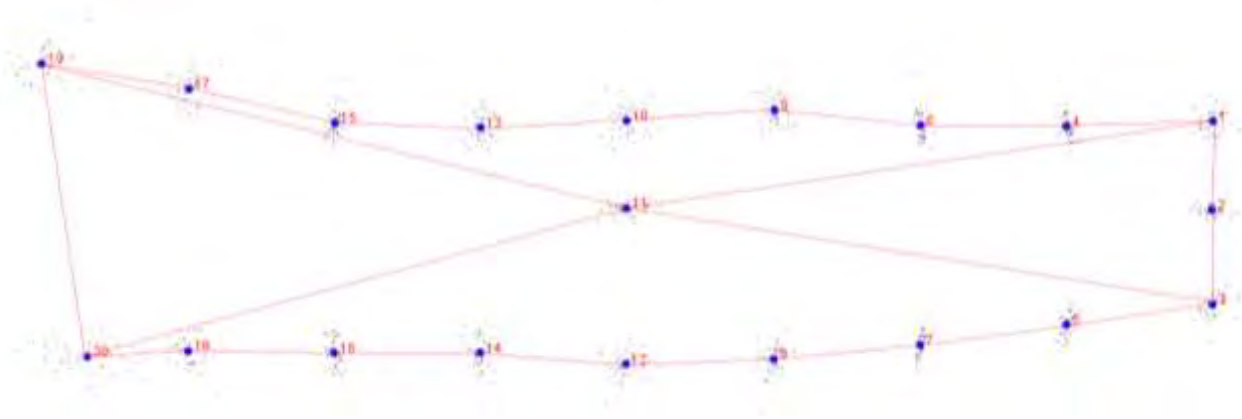


Figure 13 : Superposition procrustéenne des enfants de moins de 24 mois

4.2.4. Superposition du bras gauche moyen des enfants MAM de 24 mois et plus

La **Figure 14** permet de visualiser la forme du bras gauche et la dispersion des points pour chaque RRA après superposition procrustéenne des bras gauches de tous les enfants MAM âgés de 24 mois et plus (n=43), elle montre une faible variabilité des points. Les coordonnées (x, y) du bras gauche moyen des enfants âgés de 24 mois et plus (n=43) sont représentées dans l'**annexe 13**

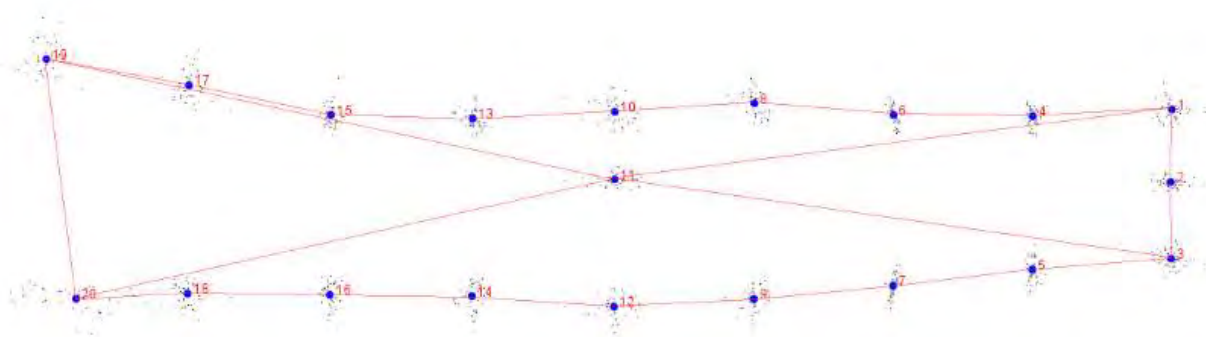


Figure 14 : Superposition procrustéenne des enfants âgés de 24 mois et plus

4.3. Analyse de la variance procrustéenne

4.3.1. Analyse de la variance procrustéenne des sujets

Le **Tableau 8** présente l'analyse simple de la variance de la taille centroïde et de la forme (distances procrustes) de l'ensemble des sujets de l'échantillon selon les variables étudiées. Les résultats montrent que la taille centroïde diffère significativement en fonction des variables âge (mois) ($F=7,76$; $P<0,001$), âge (années) ($F=37,96$; $P<0,001$), tranches d'âge ($F=63,24$; $P<0,001$) et des critères de diagnostic ($F=4,40$; $P=0,01$). De même, la forme varie selon les 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 des critères de diagnostic ($F=2,83$; $P<0,001$).

Tableau 8 : Procruste ANOVA simple des sujets

Facteurs	Taille centroïde				
	SS	MS	DF	F	P
Âge en mois	406,66	9,68	42	7,76	<0,001
Âge en années	298,31	74,58	4	37,96	<0,001
Tranche d'âge	192,69	192,69	1	63,24	<0,001
Sexe	3,81	3,813	1	0,73	0,396
Critère de diagnostic	42,66	21,33	2	4,40	0,015
Facteurs	Forme				
	SS	MS	DF	F	P
Âge en mois	0,17	$1,11.10^{-4}$	1512	2,59	<0,001
Âge en années	0,09	$6,12.10^{-4}$	144	12,33	<0,001
Tranche d'âge	0,06	$1,56.10^{-3}$	36	27,48	<0,001
Sexe	$1,79.10^{-3}$	$4,98.10^{-5}$	36	0,66	0,9391
Critère de diagnostic	0,01	2.10^{-4}	72	2,83	<0,001

SS= somme des distances procrustéennes au carré, (Procrustes sum of square distances) MS = moyenne des distances procrustéennes au carré (mean square), DF= degrés de liberté, F= valeur statistique du F-test et P=seuil de signification (valeur P)

Les F en gras sont ceux qui ont un P significatif

4.3.2. Analyse de la variance des sujets âgés de moins de 24 mois

Les résultats de l'analyse de la variance simple des distances procrustes chez les enfants âgés de moins de 24 mois sont représentés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 9**). Ils montrent que la taille centroïde des enfants de cette tranche d'âge diffère significativement selon les variables âge (mois) ($F=3,34$; $P=0,001$), âge

(année) ($F=18,77$; $P<0,001$) et sexe ($F=5,00$; $P=0,03$). Les variables âge (mois) ($F=1,98$; $P<0,001$), âge (année) ($F=10,33$; $P<0,001$), sexe ($F=1,68$; $P=0,007$) et critères diagnostic ($F=2,03$; $P<0,001$) présentent une différence de forme significative.

Tableau 9 : Procruste ANOVA simple des enfants MAM de moins de 24 mois

Facteurs	Taille centroïde				
	SS	MS	DF	F	P
Âge (mois)	58,28	3,43	17	3,34	0,001
Âge (années)	25,82	25,82	1	18,77	<0,001
Sexe	8,74	8,74	1	5,00	0,030
Critères de diagnostic	9,21	4,61	2	2,86	0,068
Facteurs	Forme				
	SS	MS	DF	F	P
Âge (mois)	0,05	$8,34 \cdot 10^{-5}$	612	1,98	<0,001
Âge (années)	0,02	$4,91 \cdot 10^{-4}$	36	10,33	<0,001
Sexe	$3,41 \cdot 10^{-3}$	$9,47 \cdot 10^{-5}$	36	1,68	0,007
Critère de diagnostic	$7,6 \cdot 10^{-3}$	$1,05 \cdot 10^{-4}$	72	2,03	<0,001

SS= distance procruste au carré, MS = moyenne distance procruste au carré, DF= degrés de liberté, F= moyenne et P=seuil de signification (valeur P)

Les résultats en gras sont ceux qui ont un P significatif

4.3.3. Analyse de la variance des sujets âgés de 24 mois et plus

Le **Tableau 10** indique l'analyse de la variance simple des enfants âgés de 24 mois et plus ($n=43$). Les résultats montrent que la taille centroïde varie significativement en fonction des variables suivantes : âge (mois) ($F=3,97$; $P=0,002$), âge (années) ($F=15,01$; $P<0,001$) et critères de diagnostic ($F=4,04$; $P=0,025$). Ces mêmes variables présentent une forme respectivement différente ($F=1,59$; $P<0,001$, $F=3,86$; $P<0,001$ et $F=1,14$; $P=0,014$)

Tableau 10 : Procruste ANOVA simple des sujets de 24 mois et plus

Facteurs	Taille centroïde				
	SS	MS	DF	F	P
Âge (mois)	155,7	6,49	24	3,97	0,002
Âge (années)	79,79	39,9	2	15,01	<0,001
Sexe	0,617	0,62	1	0,13	0,715
Critère de diagnostic	31,5	15,75	2	4,04	0,025
Facteurs	Forme				
	SS	MS	DF	F	P
Âge (mois)	0,06	$7,01 \cdot 10^{-5}$	864	1,59	<0,001
Âge (années)	0,01	$2,01 \cdot 10^{-4}$	72	3,86	<0,001
Sexe	$2,76 \cdot 10^{-4}$	$7,65 \cdot 10^{-6}$	36	0,13	1,000
Critère de diagnostic	$5,92 \cdot 10^{-3}$	$8,23 \cdot 10^{-5}$	72	1,41	0,010

SS= somme des distances procrustéennes au carré, (Procrustes sum of square distances) MS = moyenne des distances procrustéennes au carré (mean square), DF= degrés de liberté, F= valeur statistique du F-test, P=seuil de signification (valeur P)

Les résultats en gras sont ceux qui ont un P significatif

4.4. Analyse des composantes principales

Au total 36 composantes principales ont été analysées lors de cette étude. Les deux premières composantes principales sont les plus exprimées avec une variation cumulative de 73,3% (**Tableau 11**). L'histogramme de la variance montre que les 100% de la variation sont quasi atteints avec les 5 premières composantes principales **Figure 15**.

Tableau 11 : Variation des composantes principale (CP)

PC	Valeur propre	Variance (%)	Variation cumulative (%)
PC1	$1,45 \cdot 10^{-3}$	53,69	53,69
PC2	$5,29 \cdot 10^{-4}$	19,62	73,31

PC= composante principale

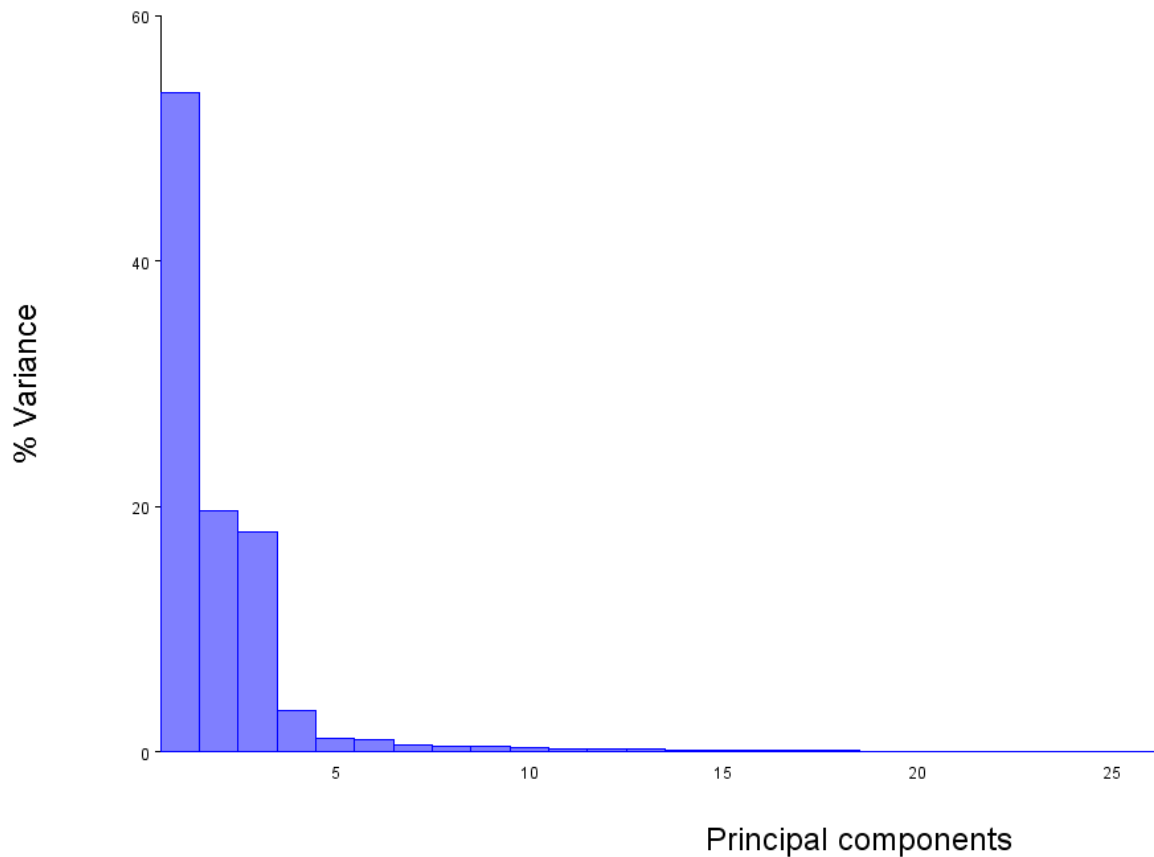


Figure 15 : Histogramme de la variance des 5 premières composantes principales

4.4.1. Analyse des composantes principales en fonction des tranches d'âge

Les **Figures 16 et 17** présentent la répartition des enfants souffrant de MAM selon leur tranche d'âge. La couleur rouge représente les enfants de moins de 24 mois et la couleur noire les enfants âgés de 24 mois et plus. La **Figure 16** montre une différence de forme du bras gauche entre les enfants âgés de moins de 24 mois souffrant de MAM situés dans la partie négative de l'axe x du repère et les enfants de 24 mois et plus situés sur la partie positive. De façon complémentaire, il a été démontré que pour la forme du bras gauche, la croissance varie en fonction de l'âge en année (**Annexe 14**). La visualisation des formes est indiquée sur les **Figures 17a et 17b**. La forme du bras moyen des enfants de moins de 24 mois (**Figure 17a**, couleur rouge (n=48)) est comparée au bras moyen de tous les enfants couleur bleu (n=91) ; et la forme du bras moyen des enfants de 24 mois et plus (**Figure 17b**, couleur noire (n=43)) est également comparée à la forme du bras moyen de tous les enfants (n=91) couleur bleu. Les enfants de moins de 24 mois présentent une forme de bras plus large que le bras moyen de tous les enfants alors que ceux de 24 mois et plus ont une forme plus mince. La taille des bras des enfants de moins de 24 mois est plus courte que celle des enfants âgés de 24 mois et plus.

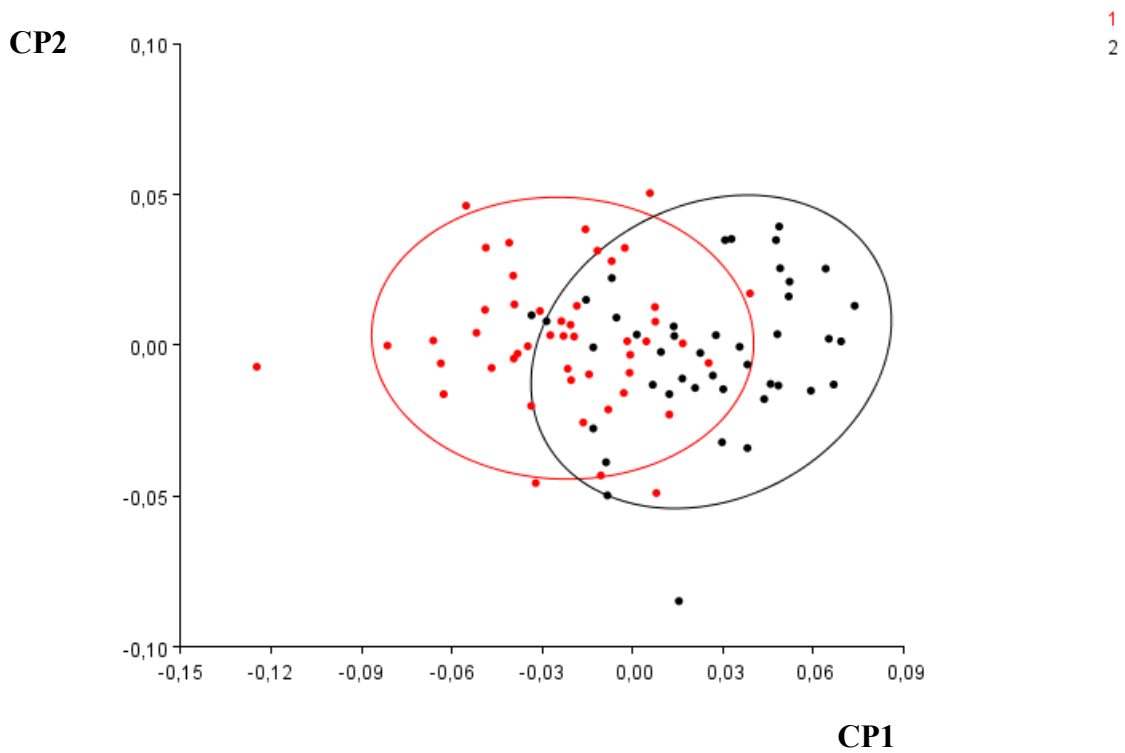


Figure 16 : Analyse des composantes principales en fonction des tranches d'âge

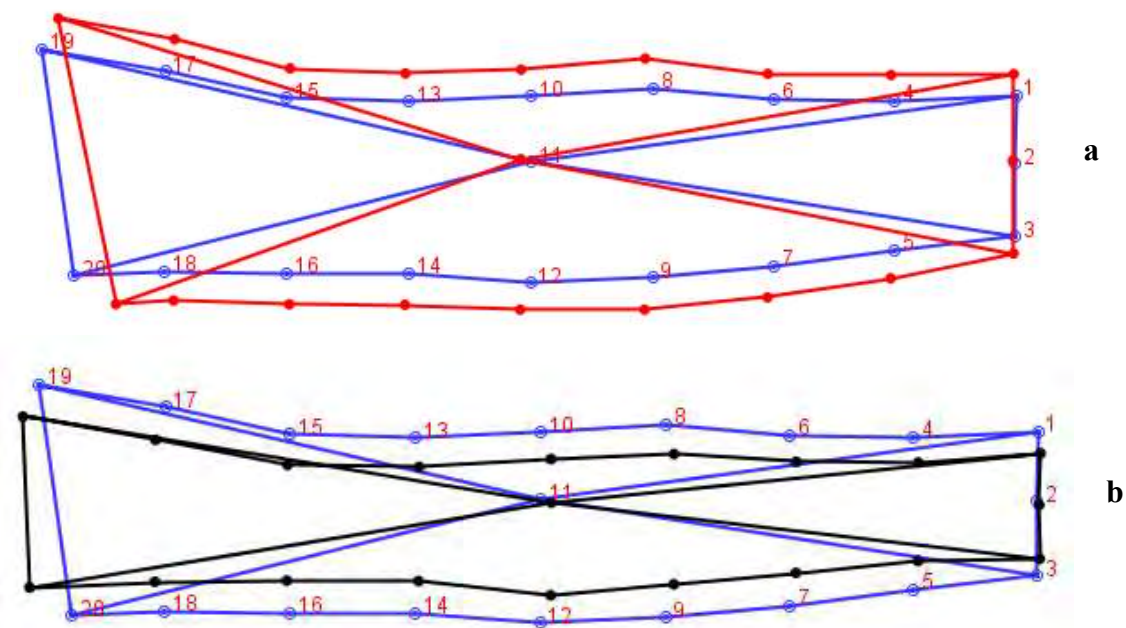
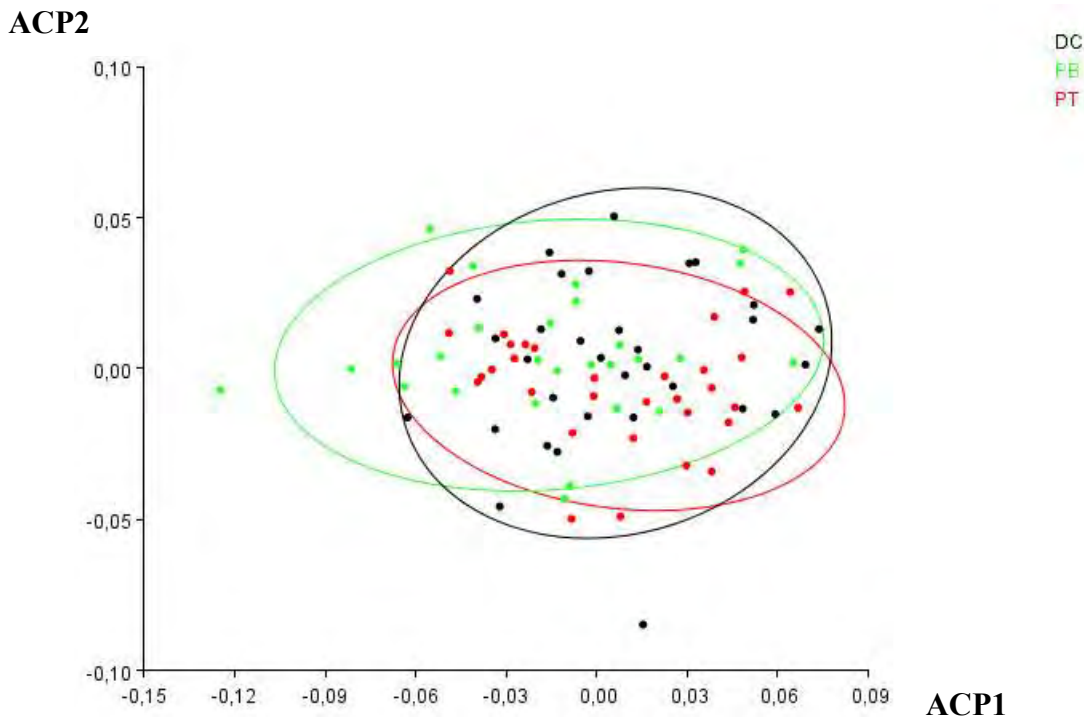


Figure 17 : Image des formes du bras des enfants en fonction des tranches d'âge par rapport à la forme du bras moyen (a=moins de 24mois ; b=24mois et plus)

4.4.2. Visualisation de la variation des formes de bras selon le critère de diagnostic

La **Figure 18** indique les résultats des variations morphologiques suite à l'analyse des composantes principales des formes du bras gauche des sujets en fonction des critères de diagnostic de la MAM. La couleur verte représente les enfants MAM par PB (n=27), le noir les enfants MAM par les DC (n=32) et le rouge les enfants MAM par PT (n=32). La majorité des points sont situés au centre du repère (x, y), les différences



morphologiques sont superposées et non identifiables.

Figure 18 : Analyse des composantes principales en fonction du critère de diagnostic

Une analyse plus détaillée de la morphologie par rapport aux tranches d'âge est effectuée chez ces groupes d'enfants MAM pour visualiser les changements de forme. Les **Figures 19, 20 et 21** permettent de voir les différences et similitudes de morphologie des bras moyens des enfants MAM selon le critère de diagnostic par rapport par aux formes moyennes. La **Figure 19** montre des formes moyennes des bras du groupe des enfants MAM par DC (couleur noire) par rapport à celles de tous les enfants MAM (couleur bleu). Chez les moins de 24 mois, la forme moyenne des bras des enfants MAM par DC (n=16) est comparable à celles de tous les enfants âgés de moins de 24 mois souffrant de MAM (n=48) (**Figure 19a**). Par contre la forme du