

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Ibn Badis de Mostaganem**  
**Institut d'Education Physique et Sportive**  
**Département de l'Education Physique et Sportive**

**Thèse pour l'obtention du grade de Docteur**  
**Option : Sciences**

**Thème**  
**Détermination des paramètres**  
**morpho-fonctionnels**  
**des jeunes nageurs algériens**

Jury :

Président : Pr. Nacerdine BENDAHMANE

Rapporteur : Pr. Nabila MIMOUNI

Examineur : Pr. Mohamed SEBBANE

Examineur : Pr. Belkacem KHIAT

Examineur : Pr. Saliha ZAKI

Examineur : Dr. Hamid DACHRI

Élaborée par :

**Abdellatif BENYELLES**

**Année 2016/2017**

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Ibn Badis de Mostaganem**  
**Institut d'Education Physique et Sportive**  
**Département de l'Education Physique et Sportive**

**Thèse pour l'obtention du grade de Docteur**  
**Option : Sciences**

**Thème**

**Détermination des paramètres**  
**morpho-fonctionnels**  
**des jeunes nageurs algériens**

Jury :

Président : Pr. Nacerdine BENDAHMANE

Rapporteur : Pr. Nabila MIMOUNI

Examineur : Pr. Mohamed SEBBANE

Examineur : Pr. Belkacem KHIAT

Examineur : Pr. Saliha ZAKI

Examineur : Dr. Hamid DACHRI

Élaborée par :

**Abdellatif BENYELLES**

**Année 2016/2017**

# REMERCIEMENTS

## Remerciements

Je remercie mon encadreur et enseignante le Pr. Nabili MIMOUNI, d'avoir eu la patience et la bonté de m'encadrer en DES, magister et enfin en doctorat.

Un grand remerciement à messieurs les Professeurs, Belkacem SELATNIA et Mostefa BELHAKEM, recteurs des universités de Biskra et de Mostaganem, de m'avoir organisé cette soutenance.

Sans oublier tous les enseignants de l'ISTAPS de Biskra, particulièrement, le Dr. Djaafar BOUAROURI Directeur de l'Institut, Mr. Adel DAKHIA le Chef du Département Entraînement, de m'avoir soutenus durant ce parcours.

Mes remerciements vont à tous mes enseignants, de l'ISTS, et plus particulièrement, le Pr. Mohamed ABDELMALEK, le Dr. Boualem CHAREF, le Pr. Saliha ZAKI et le Pr. Mostapha BENMANSOUR de nous avoir si bien encadré au Magister.

Je remercie également le Dr. RABDI Larbi El Khier de l'ARMATON qui, avec générosité m'a soutenu, et assuré la correction de mon travail de bout en bout.

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents que je remercie énormément pour tous leurs sacrifices,

À ma femme,

À mes frères et sœurs,

À mes deux filles : Hiba et Racha

À mes nièces et neveux.

Aux jeunes Nageuses et Nageurs de la sélection nationale d'Algérie (2013/2014), et  
leur Staff Technique de leur collaboration.

Et à l'encadrement de l'ISTAPS de l'université de Biskra

# Table des matières

---

<b>INTRODUCTION</b> .....	20
 <b>CHAPITRE I    ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
1.    Les différents aspects de la croissance .....	22
1.1.    Le développement .....	22
1.1.1. La croissance .....	22
1.1.2. La maturation .....	23
1.2.    Enquêtes sur la croissance .....	23
1.3.    Facteurs qui influent sur la croissance .....	24
1.4.    Vitesse de croissance .....	24
1.5.    Rythme de croissance .....	26
1.6.    Lois de la croissance .....	27
1.6.1. Lois pubertaires .....	27
1.6.2. Lois des alternances .....	27
1.6.3. Lois des proportions .....	28
1.6.4. Lois des asymétries .....	28
1.7.    Facteurs qui influent sur la croissance .....	28
1.8.    Croissance des différents systèmes .....	29
1.8.1. Croissance osseuse .....	29
1.8.1.1. Croissance en longueur (exemple le radius) .....	29
1.8.1.2. Croissance en épaisseur ou périostée et charge externe .....	29
1.8.2. Croissance musculaire .....	30
1.8.3. Croissance du tissu adipeux .....	32
1.9.    Statut pondéral de l'enfant .....	32
1.10. La maturation biologique .....	34
1.10.1. La puberté .....	34
1.10.1.1. La puberté chez la fille .....	36
1.10.1.2. La puberté chez le garçon .....	37

1.10.2. Indicateurs de la maturation biologique .....	38
1.10.2.1. La maturation osseuse ou squelettique .....	38
1.10.2.2. Maturation sexuelle .....	39
1.10.2.3. Maturation somatique ou morphologique .....	40
1.11. Tendances séculaires de l'âge de la puberté.....	41
2. Le sport et l'enfant .....	43
2.1. Activité physique, santé et enfant .....	43
2.2. Moment opportun du développement des qualités physiques chez les filles et les garçons .....	45
3. Les exigences de la natation et les particularités du jeune nageur .....	47
3.1. Influence de la puberté sur les métabolismes, aérobie et anaérobie en natation .....	47
3.2. Relation aspect anthropométrique et performance en natation .....	49
3.3. La natation sportive .....	49
3.4. Les étapes de l'entraînement pluriannuel des nageurs .....	50
3.5. Principaux facteurs déterminant la technique de nage .....	51
3.6. La recherche scientifique et le jeune nageur .....	52
3.7. Spécificités de la natation.....	53

## **CHAPITRE II ORGANISATION DE LA RECHERCHE**

1. Hypothèse.....	55
2. Objectifs de la recherche .....	55
3. Tâches .....	55
4. Echantillon .....	56
5. Matériel d'investigation .....	57
5.1. Un anthropomètre de type MARTIN .....	57
5.2. Un compas d'épaisseur à bouts olivaires .....	58
5.3. Un pied à coulisse .....	58
5.4. Le ruban en acier .....	58
5.5. Le crayon dermographique.....	59
5.6. La pince à plis du type Lange .....	59
5.7. La balance médicale de type SECA .....	59
6. Méthode anthropométrique .....	59
6.1. Mesure des dimensions longitudinales du corps .....	60
6.2. Mesure des dimensions diamètres du corps .....	61

6.3. Mesure des dimensions circonférences du corps .....	62
6.4. Mesure des plis cutanés.....	63
6.5. Mesure du poids .....	63
7. Calcul de la surface du corps.....	64
7.1. Surface absolue (Sa) .....	64
7.2. Surface relative.....	64
8. Méthode des calculs des indices du développement physique.....	64
8.1. Indice de Skèle .....	64
8.2. Indice de Quételet.....	65
8.3. Indice des épaules.....	65
9. Calcul des masses du poids du corps .....	66
9.1. Composant adipeux .....	66
9.2. Composant musculaire .....	66
9.3. Composant osseux.....	67
10. Méthode des tests physiques .....	67
10.1. Tests à sec.....	68
10.2. Tests aquatiques .....	68
10.2.1. Coulée ventrale.....	68
10.2.2. Vitesse sur 10 m .....	68
11. Performances des épreuves du 50m et 400m NL.....	68
11.1. Performance sur 400 NL .....	68
11.2. Performance sur 50m NL .....	69
12. Méthode statistiques.....	69
12.1. Moyenne arithmétique.....	69
12.2. Ecart type.....	69
12.3. Coefficient de variation.....	70
12.4. Coefficient de corrélation.....	70
12.5. Analyse en composante principale (ACP) .....	70
12.6. Méthode standard d'évaluation des profils anthropométriques .....	71
13. Déroulement de l'expérience .....	71
13.1. Tests anthropométriques .....	71
13.2. Tests physiques .....	72
13.2.1. Détente verticale (Sargent, 1921) .....	72
13.2.2. Coulée ventrale.....	72

13.2.3. Vitesse sur 10 m .....	73
13.2.4. Chronométrage des performances du 50 m et du 400 m NL.....	73

### CHAPITRE III      RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Analyse descriptive .....	74
1.1. Analyse descriptive des paramètres totaux .....	74
1.1.1. Paramètres totaux de l'échantillon des nageuses .....	74
1.1.2. Paramètres totaux de l'échantillon des nageurs .....	75
1.2. Analyse descriptive des paramètres anthropométriques du groupe général des filles .....	76
1.2.1. Analyse descriptive des résultats des points anthropométriques (cm) .....	76
1.2.2. Analyse descriptive des résultats des longueurs du corps (cm) .....	76
1.2.3. Analyse descriptive des résultats des diamètres du corps (cm) .....	77
1.2.4. Analyse descriptive des résultats des circonférences du corps (cm) .....	78
1.2.5. Analyse descriptive des résultats des plis cutanés du corps (mm) .....	79
1.2.6. Analyse descriptive de la surface du corps (m <sup>2</sup> ) .....	79
1.2.7. Analyse descriptive des indices du développement physique.....	80
1.2.8. Analyse descriptive des composants du poids du corps.....	80
1.3. Analyse descriptive des paramètres anthropométrique du groupe général des garçons ...	81
1.3.1. Analyse descriptive des résultats des points anthropométriques (cm) .....	81
1.3.2. Analyse descriptive des résultats des longueurs du corps (cm) .....	81
1.3.3. Analyse descriptive des résultats des diamètres du corps (cm) .....	82
1.3.4. Analyse descriptive des résultats des circonférences du corps (cm) .....	83
1.3.5. Analyse descriptive des résultats des plis cutanés (mm) .....	84
1.3.6. Analyse descriptive de la surface du corps (m <sup>2</sup> ) .....	85
1.3.7. Analyse descriptive des indices du développement physique.....	85
1.3.8. Analyse descriptive des composants du poids du corps.....	86
1.4. Tests physiques et performances .....	86
1.4.1. Groupe des filles.....	86
1.4.1.1. Tests physiques .....	86
1.4.1.2. Performance du 50 m et du 400 m NL .....	87
1.4.2. Groupe des garçons .....	87
1.4.2.1. Tests physiques .....	87
1.4.2.2. Performance du 50 m et du 400 m NL .....	88
1.5. Discussions de l'analyse anthropométrique .....	88

1.5.1. Groupe général des filles .....	88
1.5.2. Groupe général des garçons .....	91
1.5.3. Tests physiques et performances du groupe des filles .....	95
1.5.4. Tests physiques et performances du groupe des garçons .....	96
1.6. Conclusion de l'analyse anthropométrique .....	97
2. Analyses en composantes principales .....	97
2.1. Analyse en composantes principales normée (ACPN) .....	98
2.1.1. Analyse en composantes principales des longueurs du corps des deux sexes .....	99
2.1.2. Analyse en composantes principales des diamètres du corps des deux sexes .....	103
2.1.3. Analyse en composantes principales des circonférences du corps des deux sexes.....	108
2.1.4. Analyse en composantes principales des plis cutanés du corps des deux sexes .....	114
2.2. Conclusion de l'analyse en composantes principales .....	118
3. Détermination du profil anthropométrique .....	119
3.1. Profils morphologiques des jeunes nageuses	
de la sélection nationale d'Algérie des 12, 13 et 14 ans .....	101
3.2. Profils morphologiques des jeunes nageurs	
de la sélection nationale d'Algérie des 12, 13 et 14 ans .....	121
3.2.1. Profils morphologiques des jeunes nageurs de 12 ans .....	121
3.2.2. Profils morphologiques des jeunes nageurs de 13 ans .....	122
3.2.3. Profils morphologiques des jeunes nageurs de 14 ans .....	122
3.3. Profils morphologiques des individus ayant les meilleures	
mensurations par rapport au groupe général des deux sexes .....	123
3.3.1. Profils des individus ayant les meilleures mensurations chez les filles .....	123
3.3.2. Profils des individus ayant les meilleures mensurations chez les garçons.....	124
4. Etude corrélative entre les paramètres morphologiques et fonctionnels.....	124
4.1. Corrélations de l'échantillon des filles.....	125
4.2. Corrélations de l'échantillon des garçons .....	126
4.3. Discussion de l'étude corrélative entre les paramètres	
anthropométriques et fonctionnels des nageuses et nageurs.....	127

## CONCLUSION

Conclusion générale .....	130
Références bibliographiques .....	132

## Table des figures

—

Figure n°1	Croissance cellulaire (Tanner, 1982).	23
Figure n°2	Croissance en taille du fils du Compte de Montbeillard depuis sa naissance jusqu'à l'âge de 18 ans (1957-1977) (cm/an) (Tanner, 1982).	24
Figure n°3	Courbe de vitesse de croissance de la taille (A), du poids (B) et du périmètre céphalique (C) d'une fille (fille n°29 issue de l'Étude belge de la croissance de l'enfant normal : Wachholder et Hauspie, 1986 ; Hauspie et Wachholder, 1996) (Hauspie, 2003).	25
Figure n°4	Courbe de croissance de la taille d'une fille. La partie supérieure du graphique montre la taille atteinte à chaque âge et la courbe de croissance lisse estimée par le modèle 1 de Preece et Baines (PB1). La partie inférieure montre les accroissements annuels de la taille ainsi que la première dérivée du modèle PB1 (fille n°29 issue de l'Étude belge de la croissance de l'enfant normal : Wachholder et Hauspie, 1986 ; Hauspie et Wachholder, 1986) (Hauspie, 2003).	26
Figure n°5	Effet de variation du rythme de croissance (vitesse de maturation) sur la courbe de croissance : un exemple théorique (Hauspie, 2003).	27
Figure n°6	Centre d'ossification primaire et deux centres d'ossification secondaire de l'os avant la naissance (Tanner 1962).	29
Figure n°7	Schéma d'un os en longueur avec ses épiphyses en longueurs (distale) et supérieures (proximale) (Tanner 1962).	29
Figure n°8	Agrandissement de la jonction épiphyse-diaphyse (Tanner 1982) (Tanner 1962).	29
Figure n°9	Évolution de la largeur des muscles en fonction de l'âge et du sexe (courbe de distance) (Tanner, 1962 et 1978).	31
Figure n°10	Évolution du tissu musculaire en fonction de l'âge et du sexe (courbe de vitesse) (Tanner, 1962 et 1978).	31
Figure n°11	Évolution de la masse grasse chez des filles et des garçons en fonction de l'âge (Malina et Bouchard, 1991).	32

Figure n°12	Représentation graphique de 4 types d'évolution de la corpulence de la naissance à l'âge adulte (Rollet-Cachera et al., 1987).	33
Figure n°13	Rebond d'adiposité précoce (adapté de Rollet-Cachera et al., 1987).	34
Figure n°14	Les manifestations de maturation chez les filles (Modifié de Ross et Marfell-Jones, 1991).	37
Figure n°15	Figure n°15. L'âge moyen du développement pubertaire chez les filles (haut) et garçons (bas) (Marshall et Tanner, 1969, 1970; Sizonenko, 1989; Tanner, 1962) In Mary K. Holder et al., 2014).	38
Figure n°16	Évolution séculaire de l'âge des premières règles dans 4 pays (Ducros et Pasquet, 1978).	42
Figure n°17	Moments opportuns pour obtenir une adaptation accélérée de certaines composantes par l'entraînement (Balyi et Way, 2005).	46
Figure n°18	Les manifestations de maturation chez les garçons (Modifié de Ross et Marfell-Jones, 1991).	47
Figure n°19	Une trousse anthropométrique du type G.P.M. (Siber Hegner)	57
Figure n°20	Anthropomètre type Martin.	57
Figure n°21	Compas d'épaisseur.	58
Figure n°22	Pied à coulisse.	58
Figure n°23	Pince à plis (Caliper).	59
Figure n°24	Position du corps dans l'espace (Ross et Marfell-Jones, 1982)	60
Figure n°25	Représentation graphique des longueurs selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2) du groupe général des filles.	101
Figure n°26	Représentation graphique des longueurs selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2) du groupe général des garçons.	102
Figure n°27	Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des filles selon leurs dimensions longitudinales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.	102
Figure n°28	Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des garçons selon leurs dimensions longitudinales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.	103
Figure n°29	Représentation graphique des diamètres selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2) du groupe général des filles.	106

Figure n°30	Représentation graphique des diamètres selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2) du groupe général des garçons.	106
Figure n°31	Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des filles selon leurs dimensions transversales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.	107
Figure n°32	Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des garçons selon leurs dimensions transversales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.	107
Figure n°33	Représentation graphique des circonférences selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2) du groupe général des filles.	111
Figure n°34	Représentation graphique des circonférences selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2) du groupe général des garçons.	111
Figure n°35	Représentation graphique des circonférences selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F3) du groupe général des garçons.	112
Figure n°36	Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des filles selon leurs circonférences sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.	113
Figure n°37	Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des garçons selon leurs dimensions transversales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.	113
Figure n°38	Représentation graphique des plis selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2) du groupe général des filles.	116
Figure n°39	Représentation graphique des plis selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2) du groupe général des garçons.	117
Figure n°40	Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des filles selon leurs plis cutanés sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.	117
Figure n°41	Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des garçons selon leurs dimensions transversales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.	118
Figure n°42	Profil morphologique féminin de l'équipe nationale d'Algérie de natation (12ans).	120
Figure n°43	Profil morphologique féminin de l'équipe nationale d'Algérie de natation (13ans).	120

Figure n°44	Profil morphologique féminin de l'équipe nationale d'Algérie de natation (14ans).	120
Figure n°45	Profil morphologique masculin de l'équipe nationale d'Algérie de natation (12ans).	121
Figure n°46	Profil morphologique masculin de l'équipe nationale d'Algérie de natation (13ans).	122
Figure n°47	Profil morphologique masculin de l'équipe nationale d'Algérie de natation (14ans).	122
Figure n°48	Profil du meilleur individu (nageuse) avec ceux des 12, 13 et 14ans.	123
Figure n°49	Profil du meilleur individu (nageur) avec ceux des 12, 13 et 14ans.	124
Figure n°50	Diagramme des corrélations des paramètres anthropométriques et fonctionnels de l'échantillon des filles.	125
Figure n°51	Diagramme des corrélations des paramètres anthropométriques et fonctionnels de l'échantillon des garçons.	126

## Table des tableaux

—

Tableau n°1	Classification de corpulence en fonction de l'IMC chez l'adulte (Who, 1998).	34
Tableau n°2	Classification de Tanner des stades de développement pubertaire (Expertise collective : p.45).	35
Tableau n°3	Normes traditionnellement utilisées pour la puberté chez la fille (Marshall et Tanner, 1969).	36
Tableau n°4	Normes traditionnellement utilisées pour la puberté chez le garçon (Marshall et Tanner, 1970).	37
Tableau n°5	Coefficient de régression pour la prédiction de la taille adulte chez les filles. Beunen-Malina-Freitas Méthode 1 et 2 (BMF1, BMF2).	40
Tableau n°6	Facteurs génétiques et environnementaux influençant l'âge de la puberté (Parent et al., 2003).	43
Tableau n°7	Valeurs du niveau d'activité physique pour une activité physique habituelle chez des enfants et adolescents (adapté de Torun et al., 1996).	44
Tableau n°8	Moyenne d'âge des nageurs et nageuses.	56
Tableau n°9	Echelle d'estimation de l'indice de Skèle.	65
Tableau n°10	Normes de l'indice de Quételet.	65
Tableau n°11	Caractéristiques de l'indice des épaules.	66
Tableau n°12	Echelle d'estimation du développement physique des profils anthropométriques.	71
Tableau n°13	Paramètres totaux du groupe général des filles.	74
Tableau n°14	Paramètres totaux du groupe général des garçons.	75
Tableau n°15	Points anthropométriques du groupe général des filles.	76
Tableau n°16	Longueurs du corps du groupe général des filles.	76

Tableau n°17	Diamètres du corps du groupe général des filles.	77
Tableau n°18	Circonférences du corps du groupe général des filles.	78
Tableau n°19	Plis cutanés du groupe général des filles.	79
Tableau n°20	Surface du corps du groupe général des filles.	79
Tableau n°21	Indices du développement physique du groupe général des filles.	80
Tableau n°22	Composants du poids du corps du groupe général des filles.	80
Tableau n°23	Points anthropométriques descriptifs du groupe général des garçons.	81
Tableau n°24	Longueurs du corps du groupe général des garçons.	81
Tableau n°25	Diamètres du corps du groupe général des garçons.	82
Tableau n°26	Circonférences du corps du groupe général des garçons.	83
Tableau n°27	Plis cutanés du groupe général des garçons.	84
Tableau n°28	Surface du corps du groupe général des garçons.	85
Tableau n°29	Indices du développement physique du groupe général des garçons.	85
Tableau n°30	Composants du poids du corps du groupe général des garçons.	86
Tableau n°31	Tests physiques du groupe général des filles.	86
Tableau n°32	Performance des 50m et 400m NL du groupe général des filles.	87
Tableau n°33	Tests physiques du groupe général des garçons.	87
Tableau n°34	Performances sur 50m et 400m NL du groupe général des garçons.	88
Tableau n°35	Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des longueurs du groupe général des filles.	99
Tableau n°36	Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des longueurs du groupe général des garçons.	99
Tableau n°37	Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des longueurs du groupe général des filles (les chiffres en gras représentent les caractères sélectionnés).	99
Tableau n°38	Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des longueurs du groupe général des garçons.	100

Tableau n°39	Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des diamètres du groupe général des filles.	103
Tableau n°40	Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des diamètres du groupe général des garçons.	104
Tableau n°41	Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des diamètres du groupe général des filles.	104
Tableau n°42	Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des diamètres du groupe général des garçons.	105
Tableau n°43	Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des circonférences du groupe général des filles.	108
Tableau n°44	Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des circonférences du groupe général des garçons.	108
Tableau n°45	Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des circonférences du groupe des filles.	108
Tableau n°46	Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des circonférences du groupe général des garçons.	109
Tableau n°47	Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des plis du groupe général des filles.	114
Tableau n°48	Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des plis du groupe général des garçons.	114
Tableau n°49	Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des plis du groupe général des filles.	114
Tableau n°50	Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des plis du groupe général des garçons.	115

## Liste des abréviations

---

% Fat	Pourcentage de graisse
A.E	Arc des Épaules
ACP	Analyse en composante principale
ACPN	Analyse en composante principale normée
C.A	Circonférence de l'Abdomen
C.AB	Circonférence de l'Avant-bras
C.B.C	Circonférence du Bras Contracté
C.B.D	Circonférence du Bras Décontracté
C.BAS	Circonférence du Bassin
C.C	Circonférence de la Cuisse
C.CO	Circonférence du Cou
C.J	Circonférence de la Jambe
C.M	Circonférence de la Main
C.P	Circonférence du Pied
C.T	Circonférence de la tête
C.TH.E	Circonférence du Thorax en Expiration maximale
C.TH.I	Circonférence du Thorax en Inspiration maximale
C.TH.R	Circonférence du Thorax Repos
C.V	Coefficient de Variation
CIRCF	Circonférence
COMP	Composant
COMP.AD	Composant Adipeux
COMP.MU	Composant Musculaire
COMP.OS	Composant Osseux
COUL.VTR	Coulée ventrale
D.A.P.TH	Diamètre Antéropostérieur du Thorax
D.B.A	Diamètre Biacromial
D.B.C	Diamètre Bicrétal
D.B.C/D.B.A	Diamètre biacromial / Diamètre bicrétal
D.B.T.C	Diamètre Bitrochantérien
D.C	Diamètre Distal de la Cuisse
D.D.AB	Diamètre Distal de l'Avant-Bras
D.D.B	Diamètre Distal du Bras
D.J	Diamètre Distal de la Jambe
D.M	Diamètre de la Main
D.P	Diamètre Pied

D.T	Diamètre de la Tête
D.T.TH	Diamètre Transversal du Thorax
DAC3	Dactalion 3
DET.VRT	Détente verticale
DIAM	Diamètre
E.T	Ecart-type
EIAS	Epine iliaque antéro-supérieure
ENV	Envergure
fig.	Figure
F.W	Masse adipeuse
Fat%	Pourcentage Adipeux
Grl	Général
Grp	Groupe
IA	Indice d'Étrognéité
IE	Indice des Épaules
Ind	Indice
IQ	Indice de Quételet
IS	Indice de Skèle
L.AB	Longueur de l'Avant-Bras
L.B	Longueur du Bras
L.B.W	Poids du Corps Dépourvu de sa Masse Adipeuse
L.B.W	Poids du Corps Dépourvu de sa Masse Adipeuse
L.C	Longueur de la Cuisse
L.CO	Longueur du corps
L.J	Longueur de la Jambe
L.M	Longueur de la Main
L.M.I	Longueur du Membre Inférieur
L.M.S	Longueur du Membre Supérieur
L.P	Longueur du Pied
L.S	Longueur de la Stature
L.T	Longueur du Tronc
L.T.A	Longueur de la Taille Assis
Max	Maximum
Min	Minimum
Moy	Moyenne
P.A.C.R	Point acromial
P.AB	Pli A. Bras
P.B	Pli Bicipital
P.C	Pli Cuisse
P.J	Pli Jambe
P.M	Pli Main
P.P	Pli Pectoral
P.R.D.L	Point radial
P.S.I.L	Pli Supra iliaque

P.S.P.H.R	Point sphyrien
P.S.P.H.S	Point synphysien
P.S.S.C.A.P	Pli Sous Scapulaire
P.S.T.L	Point stylien
P.S.T.R.N	Point suprasternal
P.T.B	Point tibial
P.T.R.I.C	Pli Tricipital
P.V	Pli Ventre
PDS	Poids
S.A	Surface Absolue
S.D	Stand deviation
S.R	Surface Relative
STA	Stature (Taille)
SURF	Surface
VTX	Vertex
Cm	Centimètre
T	Taille du corps
M	Masse du corps
VO2 max	Consommation maximale d'oxygène
IMC	Indice de masse corporelle
mm	Millimètres
cm	Centimètres

# Introduction

---

La performance en natation repose, chez les adultes, sur une multitude de facteurs, physiologique, biomécanique, psychologique, technique, morphologique (Toussaint et Beek, *in* : Nasirzade et al., 2014) qui sont directement liés à la capacité du nageur à déplacer son corps sur l'eau le plus rapidement possible et avec une moindre dépense énergétique.

Chez les jeunes nageurs, des études (Boulgakova, 1990) ont montré que parmi tous les indices des qualités physiques et possibilités fonctionnelles, seuls quelques caractères anthropométriques présentent une corrélation, mais très faible, avec les résultats qui seront réalisés, bien que ces résultats soient d'une grande importance dans la sélection en natation. Pour Poujade et al. (2002), il n'y a pas de liaison entre le coût énergétique ( $C_n$ ) du crawl et les caractéristiques morphologiques, ni avec le rapport fréquence-amplitude du mouvement. Par contre, lors du test de Wingate, Duché et al. (1993) ont remarqué que les variables anthropométriques avaient une influence moins importante sur la performance que les capacités bioénergétiques comme le  $VO_2\text{max}$  ou la puissance moyenne, alors que pour Bénéfice et al. (1990), l'entraînement influence les caractères morphologiques et la capacité aérobie des jeunes garçons nageurs avant et après la puberté.

Depuis quelques années, la tendance de la réflexion scientifique est que pour atteindre le haut niveau, il est conseillé de commencer l'entraînement intensif avant la puberté (Rowley S. *in* : Erlandson et al., 2008).

En Algérie, l'amélioration des facteurs favorisant la performance sportive constitue la préoccupation constante de tous les spécialistes du domaine, mais les études dans ce sens restent peu nombreuses, et la natation dans notre pays demeure loin du niveau international. Néanmoins, s'il est toujours difficile de cibler avec précision les composantes du développement de la performance, il est, par contre, possible d'établir des normes dans le but de se situer par rapport aux exigences de la discipline.

La détermination du profil morphologique du jeune nageur algérien est indispensable au regard des différents enjeux liés à la pratique de cette discipline dans notre pays. Elle doit, notamment, pouvoir fournir aux spécialistes du domaine des éléments de réponse pour la détection des jeunes talents. Ces éléments sont directement liés à la performance qui sert,

d'une part, d'outil de mesure et, d'autre part, de référence du point de vue profil type du jeune nageur algérien.

Sur la base de cette argumentation, nous nous sommes posé les questions suivantes :

- Existe-t-il des spécificités morphologiques propres à la natation algérienne ? Sur l'ensemble des caractères anthropométriques du jeune nageur algérien, doit-on prendre le tout ou bien ne retenir que l'essentiel, et si c'est le cas, comment sélectionner sans perdre l'essentiel de l'information ? Nous nous demandons aussi s'il est possible de mettre à travers la méthode de l'analyse multivariée un protocole d'investigation des caractères anthropométriques les plus représentatifs conduisant à l'élaboration du profil morphologique type du nageur algérien des deux sexes âgé de 12, 13 et 14ans ? Enfin, nous nous demandons si le niveau de développement physique des jeunes nageurs influe sur la performance.

Nous avons, donc, émis une première hypothèse selon laquelle il existe des caractéristiques morphologiques propres aux jeunes nageurs de la sélection nationale algérienne des deux sexes, âgés de 12, 13 et 14 ans. La seconde serait que l'analyse statistique multivariée permet de déterminer les profils morphologiques des jeunes nageurs de la sélection nationale d'Algérie des deux sexes âgés de 12, 13 et 14 ans, alors que la troisième serait que le niveau de développement physique des jeunes nageurs a une influence sur la performance.

L'objectif de notre travail est, donc, de déterminer le profil morphologique du jeune nageur de la sélection algérienne des deux sexes de 12, 13 et 14 ans, et de voir son influence sur la performance.

# Chapitre I

## Revue de la littérature

—

### 1. les différents aspects de la croissance.

#### Généralités

Plusieurs auteurs ont tenté de définir la notion de croissance à travers ce qu'ils appellent les lois et les facteurs de croissance, chaque auteur a sa propre approche, mais tous se rejoignent sur le fait que le programme génétique et l'environnement interviennent tout au long de la vie de l'être. Dans ce chapitre, nous allons, en relation avec la problématique centrale de notre travail, aborder beaucoup plus en détail l'aspect biologique de la croissance.

#### 1.1 Le développement

C'est un concept qui englobe, croissance, maturation, apprentissage et expérience, en d'autres termes devenir compétent dans une variété de tâches. On peut, donc, parler de développement cognitif, développement moteur et affectif que la personnalité de l'enfant explore dans son milieu natal. Le développement moteur est le processus par lequel l'enfant acquiert les modèles et les compétences des mouvements. Il est caractérisé par une modification continue basée sur la maturation neuromusculaire, corporelle, ainsi que l'expérience antérieure et les nouvelles habitudes motrices (Malina et al., 2004). Le développement moteur postnatal est caractérisé par un changement des mécanismes de réflexes primitifs vers les réflexes posturaux et actions motrices précises. C'est, également, l'acquisition de la marche indépendante et de nouvelles compétences, comme courir, sauter, lancer, attraper, grimper (Keogh et Sugden, 1985).

Donc, croissance, maturation et développement sont trois concepts souvent utilisés ensemble et parfois considérés comme synonymes.

##### 1.1.1. La croissance

La croissance est une activité biologique qui sous-entend l'augmentation des dimensions corporelles (Van Praagh, 2008). Déjà vers le 8<sup>e</sup> jour de la vie embryonnaire, commence une

hyperplasie cellulaire (fig. 1), puis une hypertrophie entre le 15<sup>e</sup> jour au 7<sup>e</sup> mois de la vie intra-utérine, s'ensuit une accréction qui s'achève vers 18-20 ans (Tanner, 1982).

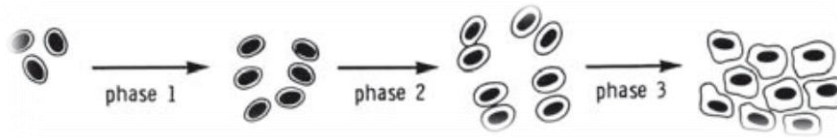


Figure n°1.

Croissance cellulaire (Tanner, 1982)

### 1.1.2. La maturation

La maturation reflète les différentes modifications qui se déroulent dans l'organisme humain depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte. Van Praagh (2008) se réfère au fait de devenir pleinement mature et donne des indications quant à la distance qui sépare la naissance de l'âge adulte. En d'autres termes, il s'agit du tempo de la progression vers l'état biologique mature.

Le plus souvent, on parle de la maturation sexuelle, la maturation morphologique, la maturation dentaire et la maturation squelettique. La maturation sexuelle est la capacité de reproduction, c'est-à-dire devenir sexuellement mature. La maturation morphologique peut être estimée par le pourcentage de taille adulte atteint à un âge donné, ou à l'aide de la synchronisation des caractéristiques de la courbe de croissance de l'adolescence à connaître l'âge d'atteinte du pic de croissance pubertaire. La maturation squelettique et dentaire se réfère respectivement à un squelette adulte entièrement ossifié ou une complète dentition (Tanner, 1962 ; Malina et al., 2004 ; Beunen et al., 2006).

Il convient de noter qu'à la fois, la croissance des dimensions somatiques et la maturation biologique sont sous le contrôle d'axes hormonaux et biochimiques et de leurs interactions (Beunen et al., 2006).

### 1.2 Enquêtes sur la croissance

Les enquêtes de croissance permettent de contrôler les enfants, aussi bien ceux dont la croissance est normale, que ceux qui sont en avance, comme d'autres qui sont en retard.

Ces enquêtes permettent d'aborder divers problèmes liés à l'obésité, à la nutrition, aux maladies, à la génétique, à la vie socioéconomique, voire même aux facteurs psychologiques (Susanne et al., 2003). L'anthropométrie est la technique appropriée pour ce genre d'enquêtes (Weiner et Lourie, 1969 ; Carter, 1982 ; Cameron, 1984; Lohman et al., 1988 ; Norton et Olds, 1996) ; c'est une technique non invasive, et utilise des mesures simples, telles que,

taille, poids, périmètre du bras, plis sous-cutanés, ainsi que les périmètres abdominaux qui peuvent servir comme indicateurs de malnutrition ou d'obésité (Rebato, 2003).

### 1.3 Facteurs qui influent sur la croissance

La croissance dépend du modèle de vie et des habitudes alimentaires des parents. Elle se rapporte aux changements mesurables de la taille, le physique et la composition du corps (Beunen et Malina, 1996). Le modèle de croissance d'un enfant est le résultat d'une interaction continue entre ces gènes et son environnement. Les changements du modèle de croissance reflètent, donc, des changements d'un ou de plusieurs de ces facteurs (Lindgren, 1995). Ainsi, la croissance est sous l'effet des facteurs climatiques (Macfarlane, 1963), mésologiques (hygiène, habitat, nutrition), psycho-sociaux, (Sussanne, 1986) et économiques.

### 1.4. Vitesse de croissance

De la naissance à la première année, la taille atteinte est presque de 22 centimètres par an (cm/an), c'est une vitesse (fig. 2) de croissance unique qui ne sera plus reproduite ultérieurement. Ensuite, on assiste à deux phases de décélération, l'une très rapide à 4 ans, suivie d'une deuxième plus lente à 11 ans. S'ensuit, alors, une rapide phase d'accélération, qui se termine par un pic de croissance staturale » ou «Peak Height Velocity» (PHV). Vers 14-15 ans, apparaît enfin une autre décélération qui se termine vers 17-18 ans.

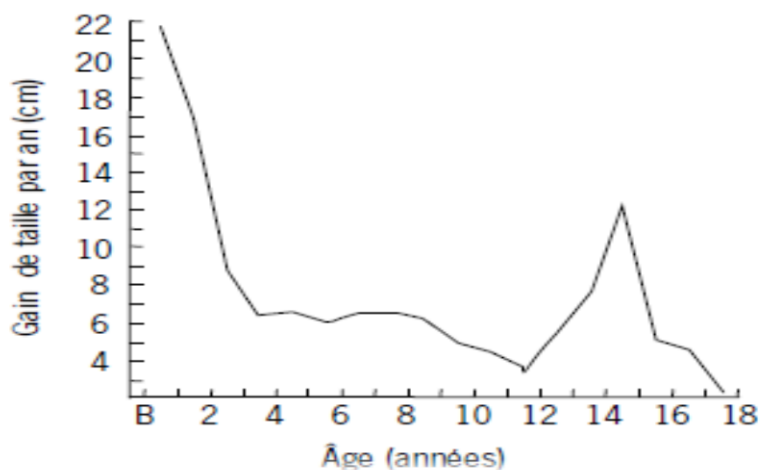


Figure n°2  
Croissance en taille du fils du Comte de Montbeillard depuis sa naissance jusqu'à l'âge de 18 ans (1957-1977) (cm/an) (Tanner, 1982).

Dans les conditions normales, la croissance du poids (fig. 3.B) diffère de celle de la taille (fig. 3.A), cependant, une vitesse de croissance pondérale est constatée vers l'âge de 2-3 ans (Tanner et al., 1966a), après lequel la vitesse augmente graduellement. Le crâne suit une vitesse rapide, mais décélérant fortement durant la première année postnatale (fig. 3. C), pour chuter, ensuite, vers l'âge de 2 ans à moins de 1 cm/an pour le reste de la période de croissance. Les dimensions de la tête et du visage ne montrent pas de pic de croissance pubertaire.

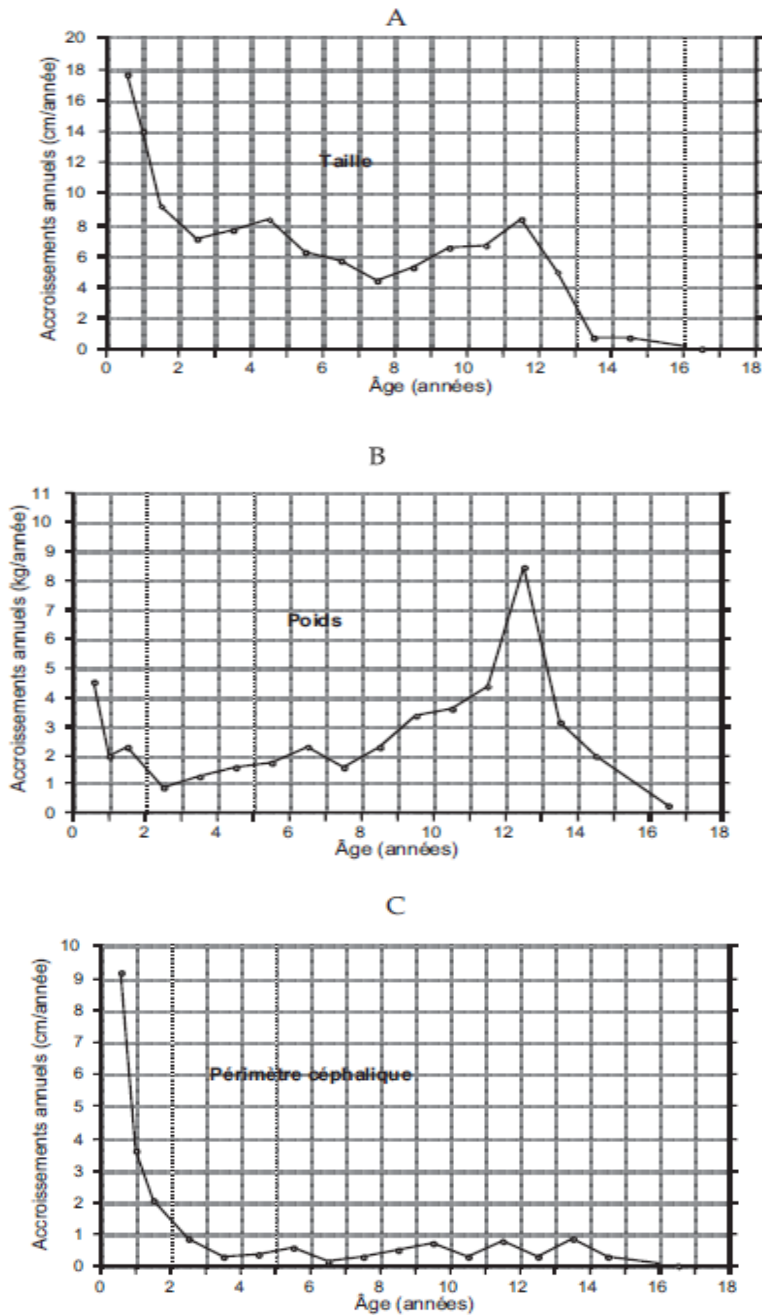


Figure n°3. (A.B.C)

Courbe de vitesse de croissance de la taille (A), du poids (B) et du périmètre céphalique (C) d'une fille (fille n°29 issue de l'Etude belge de la croissance de l'enfant normal : Wachholder et Hauspie, 1986 ; Hauspie et Wachholder, 1996) (Hauspie, 2003).

La figure 4 illustre la décélération de la vitesse de croissance de la taille durant les deux premières années (la petite enfance), suivie d'une stabilisation de vitesse (décélérant légèrement ou constante) pendant l'enfance, avec un ou plusieurs petits pics de croissance pré-pubertaire. Précédée d'une période pubertaire ou d'adolescence, caractérisée par une accélération de la croissance staturale et un pic de croissance pubertaire. Vient, ensuite, l'âge adulte précédé par une diminution rapide de la croissance, vers 16-17 ans chez les filles et 18-19 ans chez les garçons.

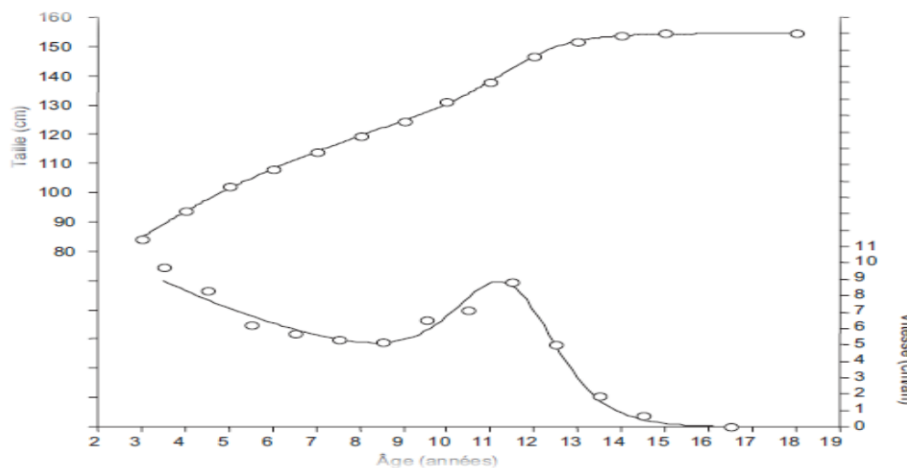


Figure n°4.

Courbe de croissance de la taille d'une fille. La partie supérieure du graphique montre la taille atteinte à chaque âge et la courbe de croissance lisse estimée par le modèle 1 de Preece et Baines (PB1). La partie inférieure montre les accroissements annuels de la taille ainsi que la première dérivée du modèle PB1 (fille n°29 issue de l'Étude belge de la croissance de l'enfant normal : Wachholder et Hauspie, 1986 ; Hauspie et Wachholder, 1986) (Hauspie, 2003).

### 1.5. Rythme de croissance

La croissance connaît de nombreuses variations qui ne sont pas seulement celles de la taille atteinte à chaque âge, mais, également, le rythme de croissance et la vitesse à laquelle un individu atteint sa taille adulte. La figure 5 illustre l'évolution de croissance de trois enfants à maturations, avancée, moyenne et tardive, mais avec le même potentiel pour arriver à la taille adulte. Seulement, ils sont différents par rapport au timing avec lequel ils vont arriver à cette maturation complète.

Sur la courbe, nous pouvons observer des différences de la forme de la courbe de croissance entre les trois individus tout au long de l'enfance et, surtout, de l'adolescence. La différence du rythme de croissance sur la taille atteinte est prononcée surtout lors du pic de croissance pubertaire (Hauspie, 2003).

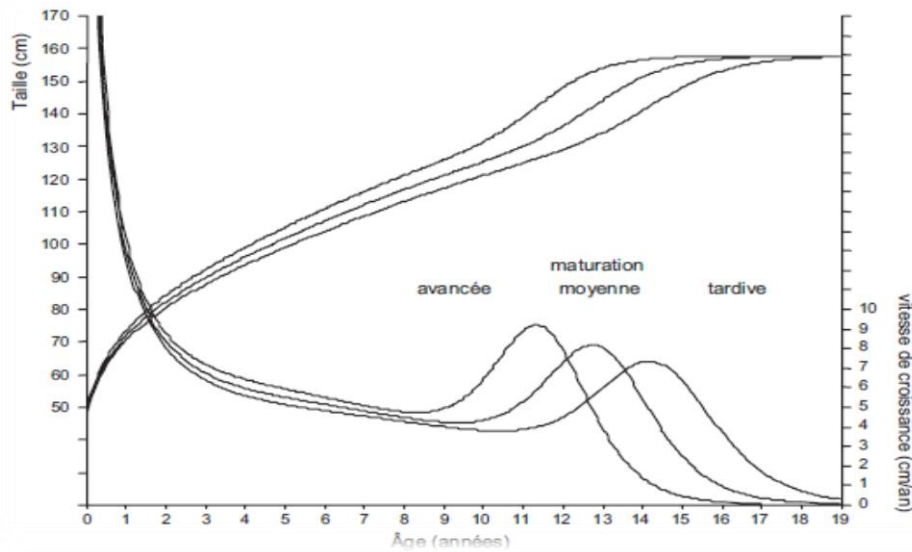


Figure n°5.

Effet de variation du rythme de croissance (vitesse de maturation) sur la courbe de croissance : un exemple théorique (Hauspie, 2003).

## 1.6. Lois de la croissance

La croissance d'un individu est liée à sa charpente squelettique. Il y a une certaine harmonie entre la croissance osseuse et celle des muscles et des organes. La croissance est un processus qui comporte des phases de stabilité et des phases d'accélération, caractérisées par des périodes, de croissance très rapide de 0 à 2 ans, des périodes de stabilité de la vitesse de croissance de 2 ans à la puberté et à la puberté une nouvelle accélération. Essentiellement définie par rapport à la puberté, la croissance répond à certaines lois pubertaires, alternances, proportions et lois des asymétries.

**1.6.1. Lois pubertaires :** Elles sont particulières à la phase pubertaire. Ainsi, avant la puberté, la taille augmente par le développement des membres inférieurs. A cet âge, c'est une croissance en hauteur plus qu'en épaisseur et elle est plus osseuse que musculaire. D'après Godin (1935), cité par Palau (1993), après la puberté, la croissance du tronc est plus prononcée, et le développement musculaire prend le dessus.

**1.6.2. Lois des alternances :** La croissance d'une partie de l'organisme n'évolue pas en même temps dans sa globalité, d'où ce qu'on appelle le dysmorphisme, qui signifie une croissance alternée. C'est ce qu'on constate lors de la croissance des membres qui se fait plus vite que le tronc ou bien pour les os qui ne se développent pas en même temps à la même

vitesse. Par exemple, entre 14 et 18 ans, les os longs se développent en largeur pendant 6 mois et en longueur les 6 mois qui suivent.

Ce dysmorphisme on le retrouve aussi au niveau du système nerveux central (SNC), bien qu'il croît plus vite que le reste du corps, il faudra du temps pour que toutes les connexions neuronales s'établissent, ce qui n'est pas sans rapport avec l'acquisition des habiletés motrices (Godin, 1935).

**1.6.3. Lois des proportions :** Les différentes parties du corps ou organes ne se développent pas à la même vitesse. Par exemple, le cerveau atteint 80 % de sa taille adulte des 3 ans et 95 % à l'âge de 6 ans alors que la croissance générale du corps n'a pas atteint 50 % des normes adultes. Chaque portion va correspondre à un stade précis du développement (Eiben et al., 1986).

**1.6.4. Lois des asymétries :** Plus spécifiquement aux membres selon Palau (1993), il existe une asymétrie due à l'hyperfonction chez les droitiers, ce qui est tout à fait naturel. L'évolution de l'asymétrie physiologique des organes doubles et du tronc se fait avec l'âge en sens inverse de la croissance.

### **1.7. Facteurs qui influent sur la croissance**

Plusieurs facteurs peuvent influencer la croissance en poids et en taille de l'enfant. Par exemple, les facteurs alimentaires expliquent les besoins en substances incorporées aux nouveaux tissus en protéines pour la synthèse de l'os ou du muscle. Ce sont des facteurs extrinsèques englobant les facteurs socio-économiques et psychoaffectifs. Les facteurs intrinsèques englobent les facteurs hormonaux qui sont représentés surtout par l'hormone de croissance sécrétée par l'hypophyse, glande endocrine située à la base du cerveau. Les hormones de la glande thyroïde et les hormones sexuelles interviennent aussi dans la croissance, que dans la maturation. Les facteurs génétiques englobent, par contre, les facteurs ethniques, familiaux et individuels. Les facteurs héréditaires justifient que la taille d'un enfant soit toujours évaluée, pour juger de sa normalité en fonction de la taille des parents.

## 1.8. Croissance des différents systèmes

### 1.8.1. Croissance osseuse

**1.8.1.1. Croissance en longueur (exemple le radius) :** Avant la naissance, l'os possède un centre d'ossification primaire et deux centres d'ossification secondaire (fig. 6). Au cours de la petite enfance, la croissance agit sur les deux épiphyses (fig. 7) d'un os long, supérieur (distal) et inférieur (proximal). Au niveau de la jonction épiphyse-diaphyse (fig. 8) de l'os, de nouvelles cellules sont formées dans la zone de prolifération, puis passent dans la zone d'hypertrophie cellulaire afin de contribuer à l'accumulation d'os en hauteur de la diaphyse (Van Praagh, 2008).

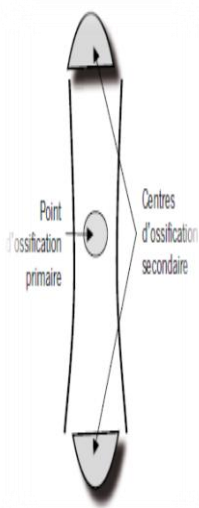


Figure n°6.  
Centre d'ossification primaire et deux centres d'ossification secondaire de l'os avant la naissance

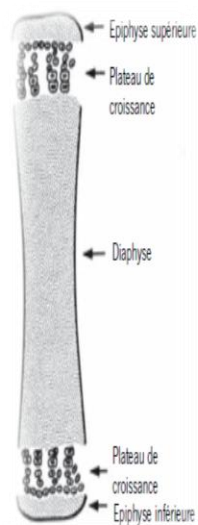


Figure n°7.  
Schéma d'un os en longueur avec ses épiphyses (distale et proximale)  
(Tanner 1962).

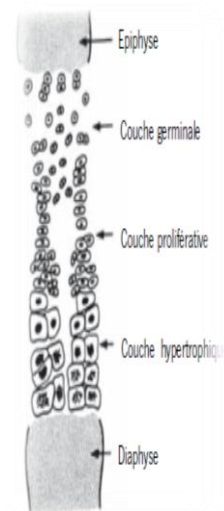


Figure n°8.  
Agrandissement de la jonction épiphyse-diaphyse  
(Tanner 1982 et 1962).

### 1.8.1.2. Croissance en épaisseur ou périostée et charge externe

Le périoste couvrant la diaphyse est constitué de deux couches. La couche interne qui contient des fibres collagènes élastiques et d'ostéoblaste qui jouent un rôle de régénération de croissance et de nutrition de l'os. La couche externe est formée de fibres collagènes dures et de vaisseaux qui constituent le point d'insertion des ligaments et des tendons musculaires.

La charge physique joue un rôle dans le développement du tissu osseux. Sous l'influence des exercices physiques, on observe une modification considérable de la structure osseuse. Durant l'application d'une charge statique, il y a augmentation de la substance compacte, et durant l'application d'une charge dynamique intensive l'os réagit par l'augmentation des ostioles. La

motricité infantile est favorable pour le développement de l'os. Malgré qu'il n'y a pas ou très peu d'influence sur la croissance en longueur, elle favorise le développement en épaisseur et augmente la densité de l'os.

Il faut faire attention à la pratique précoce et intensive particulièrement dans les sports, tels que la gymnastique ou les sports de combat dont la pratique entraîne une augmentation de la densité minérale osseuse.

### **1.8.2. Croissance musculaire**

L'évolution du tissu musculaire de l'enfant est comparable à celle de la taille et du poids. Seulement, au début de la phase pubertaire, nous constatons les différences liées au sexe (Tanner, 1982). Mis à part les quantités des sous-structures de la cellule musculaire, le muscle de l'enfant est semblable à celui de l'adulte (Wilmore, et Costill, 2006). Par rapport à l'ensemble de la masse corporelle, la proportion de muscle chez l'enfant est d'environ 27 % plus faible par rapport à l'adulte.

Chez l'homme, la masse musculaire représente 25 % du poids total à la naissance, et plus de 40 % à l'âge adulte (Wilmore, 2002). Ces gains surviennent à la puberté et correspondent à la multiplication par 10 de la production de la testostérone. Cette prise de masse musculaire est due à l'hypertrophie et pas ou très peu d'hyperplasie des fibres musculaires. Cette hypertrophie est le résultat de l'accroissement des myofilaments et des myofibrilles.

Avec la croissance osseuse, les muscles s'allongent sous l'effet d'une multiplication du nombre de sarcomères. Celle-ci se produit aux extrémités du muscle, au niveau de la jonction avec les tendons. La longueur des sarcomères existants augmente également. La masse musculaire adulte est atteinte entre 16 et 20 ans chez les filles, et entre 18 et 25 ans chez les garçons. Elle peut s'accroître davantage avec l'exercice, le régime alimentaire ou les deux (Wilmore et Costill, 2006).

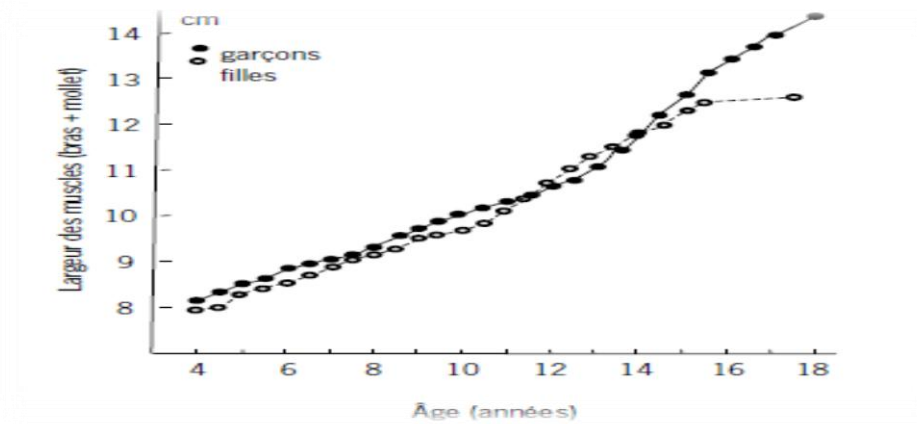


Figure n°9.  
Évolution de la largeur des muscles en fonction de l'âge et du sexe (courbe de distance) (d'après Tanner, 1962, 1978).

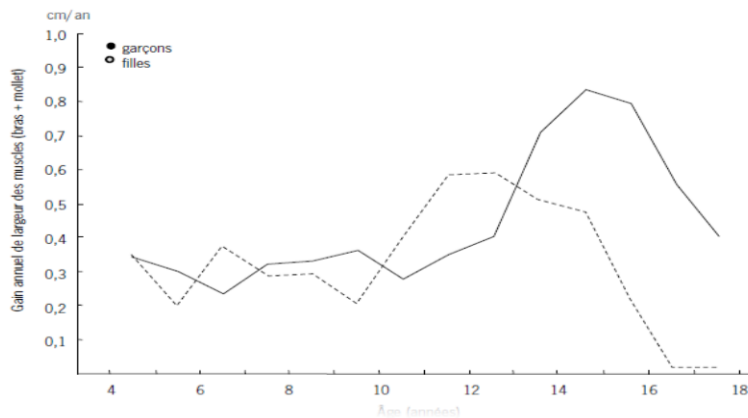


Figure n°10.  
Évolution du tissu musculaire en fonction de l'âge et du sexe (courbe de vitesse) (d'après Tanner, 1962, 1978).

Avant la puberté, la production d'acide lactique est très limitée en raison de la faible activité enzymatique (phosphofructokinase et lactate déshydrogénase ; Ratel et Martin, 2011). Cette faiblesse est compensée par une plus grande capacité à utiliser le système énergétique aérobie (Eriksson et al., 1971). L'apparition de la puberté et les changements hormonaux qui l'accompagnent conduisent à une augmentation considérable de la masse musculaire, plus prononcée chez les garçons que chez les filles, et à la différenciation des caractéristiques corporelles spécifiques du sexe.

### 1.8.3. Croissance du tissu adipeux

A la naissance, la masse grasse représente 10 % à 12 % du poids total (Wilmore et al., 2006) ; elle augmente au cours des premières années, puis change peu jusqu'à environ 5-6 ans. Ensuite, elle augmente plus rapidement chez la fille que chez le garçon (fig. 11) et cette augmentation est encore davantage visible chez la fille au moment de la puberté, tandis qu'elle a tendance à plafonner vers 13-15 ans chez le garçon. Le pourcentage de graisse augmente rapidement chez les deux sexes au cours de la petite enfance, puis diminue progressivement chez le garçon, alors que la fille augmente progressivement son pourcentage de graisse corporelle à partir de 10 ans (Van Praagh, 2008).

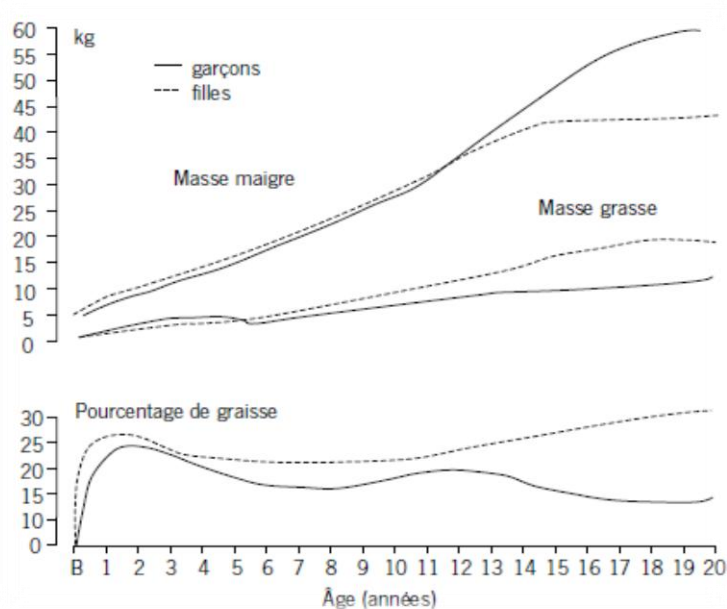


Figure n°11.  
Évolution de la masse grasse chez des filles et des garçons en fonction de l'âge  
(Malina et Bouchard, 1991).

A la maturité physique, cette proportion est, en moyenne, de 15 % chez les garçons et de 25 % chez les filles. L'élévation du niveau d'œstrogène, à la puberté, chez les filles, affecte la masse musculaire et favorise surtout l'augmentation du tissu adipeux. (Wilmore et al., 2006).

### 1.9. Statut pondéral de l'enfant

En Belgique, au XIX<sup>e</sup> siècle, Quételet (1796-1874) met l'accent sur la relation entre nutrition et croissance sur des nouveau-nés et sur des courbes de croissance. De là, est née la notion indice de Quételet (poids en kilogramme divisé par le carré de la taille), connue ensuite comme l'indice de masse corporelle (IMC ou BMI de la littérature anglophone). L'indice de

Quételet est l'un des indices anthropométriques qui permettent de contrôler la croissance de l'enfant et éviter tout problème d'obésité et de la surcharge pondérale. Chez l'adulte, la valeur de l'IMC témoigne du statut pondéral ou de la catégorie de corpulence à laquelle il appartient (tableau 2).

L'IMC augmente de la naissance à l'âge de 1 an où il atteint un pic. Il diminue, ensuite, jusqu'à l'âge de 6 ans, pour augmenter de nouveau jusqu'à l'âge adulte. Cette nouvelle augmentation caractérise le rebond d'adiposité. Un IMC supérieur au 97<sup>e</sup> percentile définit une surcharge pondérale (fig. 12). En accord avec les normes internationales, une valeur d'IMC supérieure aux valeurs de la courbe déterminant un IMC supérieur à 30 à l'âge adulte représente un statut pondéral d'obésité.

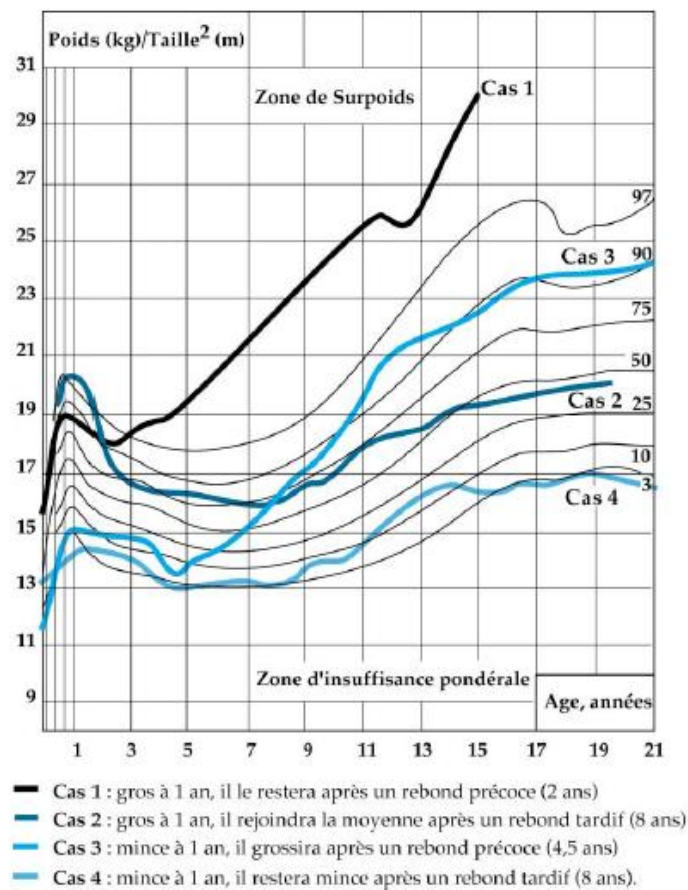


Figure n°12.  
 Représentation graphique de 4 types d'évolution de la corpulence de la naissance à l'âge adulte (Rollet-Cachera et al., 1987).

Tableau n°1  
Classification de la corpulence en fonction de l'IMC chez l'adulte (Who, 1998)

Classification	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Risque
Maigreur	< 18,5	
Normal	18,5 - 24,9	
Surpoids	25,0 - 29,9	Modérément augmenté
Obésité	≥ 30,0	Nettement augmenté
Classe I	30,0 - 34,9	- obésité modérée ou commune
Classe II	35,0 - 39,9	- obésité sévère
Classe III	≥ 40,0	- obésité massive ou morbide

Une nouvelle augmentation avant l'âge de 6 ans représente un rebond d'adiposité précoce et est considérée comme un facteur majeur de risque de développer une obésité au cours de la croissance (fig. 13).

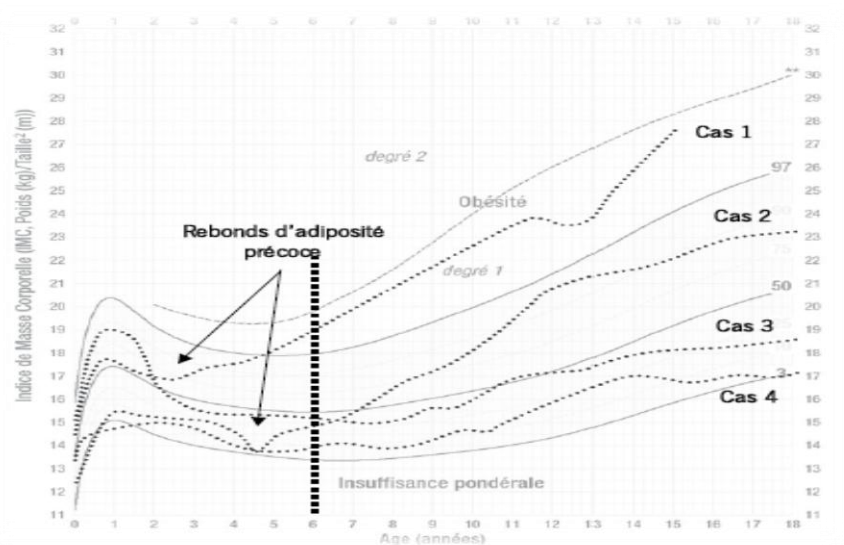


Figure n°13

Rebond d'adiposité précoce (adapté de Rollet-Cachera et al., 1987).

Rollet Cachera MF, Cole TJ, Sempé M, Tichet J, Rossignol C, Charraud A. 1991. Body Mass Index variations : centiles from birth to 87 years. PubMed. Eur J ClinNurt. 1991 Jan ; 45(1) ; 13-21.

## 1.10. La maturation biologique

### 1.10.1. La puberté

Il existait un consensus sur l'âge normal du début de la puberté (tableau n°2). Puberté, du latin pubère, est une étape qui se caractérise par des transformations du type corporelles, physiologiques et psychologiques qui se complètent dans l'adolescence. Grâce aux travaux de

Marshall et Tanner et aux travaux de Masse et Sempé, la puberté est une période dont le début et la fin sont à peu près précisés. C'est, donc, une période (plus ou moins de 3 ans) qui correspond à l'activation de la fonction hypothalamo-hypophyso-gonadique, aboutissant à l'apparition des caractères sexuels secondaires et l'acquisition de la fonction de reproduction, de la fertilité et de la taille définitive. C'est aussi l'accélération des caractères somatiques de type infantile aux caractères somatiques de l'adulte (cf. pic de croissance staturale ou pondérale). Le début de cette période est aussi marqué par l'apparition du sésamoïde, marqueur de la maturation osseuse, qui apparaît chez la fille à l'âge de 11 ans et chez le garçon à l'âge de 13 ans. Tanner (1962) a classé les différents stades du développement pubertaire d'après les caractères sexuels secondaires (tableau 2) selon une cotation de 1 (stade pré pubère) à 5 (stade adulte) :

Stade 1 : l'enfant est prépubère, lorsqu'il ne présente aucun signe clinique de caractères sexuels secondaires.

Stade 2 : apparition initiale de maturation de certains critères, tels que la glande mammaire chez la fille et l'élargissement de l'appareil génital chez le garçon et l'apparition des poils pubiens chez les deux sexes.

Stades 3 et 4 : évolution continue dans le développement des différents critères qui sont cliniquement parfois à appréhender.

Stade 5 : tous les critères sexuels secondaires ont atteint le stade adulte.

Tableau n°2.

Classification de Tanner des stades de développement pubertaire (Expertise collective : p.45)

Stades de développement pubertaire

**Pilosité pubienne garçons et filles**

- P1 Absence de pilosité
- P2 Quelques poils longs sur le pubis
- P3 Pilosité pubienne au dessus de la symphyse
- P4 Pilosité pubienne fournie
- P5 La pilosité s'étend à la racine des cuisses et s'allonge vers l'ombilic chez le garçon

**Développement mammaire**

- S1 ou B1 Absence de développement mammaire
- S2 ou B2 Petit bourgeon mammaire avec élargissement de l'aréole
- S3 ou B3 La glande mammaire dépasse la surface de l'aréole
- S4 ou B4 Développement maximum du sein (apparition d'un sillon sous-mammaire), saillie de l'aréole et du mamelon sur la glande
- S5 ou B5 Aspects adulte, disparition de la saillie de l'aréole

**Développement des organes génitaux externes du garçon**

- G1 Testicules et verge de taille infantile
- G2 Augmentation du volume testiculaire de 4 à 6 ml (L 25 à 30 mm)
- G3 Continuation de l'accroissement testiculaire de 6 à 12 ml (L 30-40 mm), accroissement de la verge
- G4 Accroissement testiculaire de 12 à 16 ml (L 40-50 mm) et de la verge
- G5 Morphologie adulte

### 1.10.1.1. La puberté chez la fille

Le développement pubertaire chez les filles commence vers 10-11 ans et se termine vers 15-16 (Marshall et Tanner, 1969; Tanner, 1962). La première manifestation pubertaire est le développement de la poitrine, suivi de l'apparition des poils pubiens. Le développement de la pilosité pubienne et axillaire survient en général après le stade S2 selon la classification de Tanner (1962), de même que les modifications de la vulve. La ménarche survient après l'atteinte du pic de croissance rapide, en moyenne entre 2 ans et 2,5 ans (Ross et Marfell-Jones, 1991) après le stade S2, mais le délai est variable d'un individu à l'autre et il est d'autant plus bref que la puberté est tardive (tableau 3). La date des ménarches est considérée comme physiologique entre 10 et 15,5 ans. Mais il faut noter que les épidémiologistes utilisent l'âge des premières règles (précision à 1 an près dans 90 % des cas) pour évaluer le début pubertaire chez les filles, au lieu de celui de l'apparition des seins, souvent oublié.

La maturation osseuse est sous la dépendance des stéroïdes sexuels, d'où une certaine concordance entre l'âge osseux de 11 ans (10 à 12 ans) correspondant à l'apparition du sésamoïde du pouce et le début de la puberté chez la fille (B2). Il existe, cependant, une grande variabilité dans la concordance entre maturation pubertaire clinique et vitesse de croissance pubertaire (Coste et al., 2002). La figure 3 illustre la courbe de croissance chez les filles, soulignant la survenue des ménarches et le lien entre certaines caractéristiques secondaires liées au genre et la croissance.

Tableau n°3.

Normes traditionnellement utilisées pour la puberté chez la fille (Marshall et Tanner, 1969)

Stades	Âges (ans)	Stades	Âges (ans)
S2	11.5±1.1	P2	11.6±1.2
S3	12.1±1.1	P3	12.3±1.1
S4	13.1±1.1	P4	12.9±1.1
S5	15.3±1.7	P5	14.4±1.2
Ménarche	15.5±1.1		

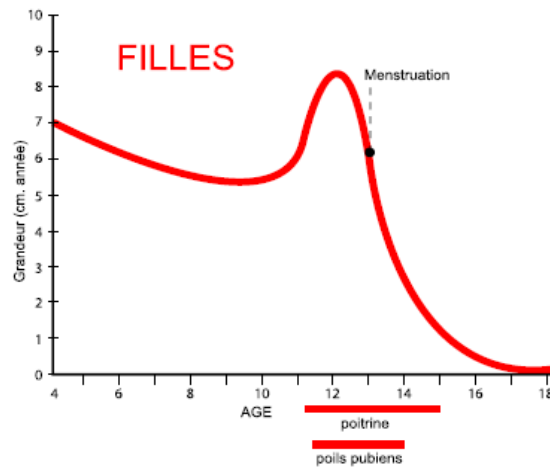


Figure n°14.  
Les manifestations de maturation chez les filles (modifié de Ross et Marfell-Jones, 1991)

### 1.10.1.2. La puberté chez le garçon

Chez le garçon, la puberté commence vers 11-12ans et dure jusqu'à 16-17 ans (Marshall, Tanner, 1969 ; Tanner, 1962). Les premiers signes de puberté sont l'accroissement des testicules et l'apparition des poils pubiens (tableau 4), et l'apparition du sésamoïde du pouce correspond à un âge osseux de 13 ans (Marshall, Tanner, 1969; Marshall, Tanner, 1970; Tanner, 1962). Selon ces auteurs, chez les garçons, les processus pubertaires dépendent de la présence d'androgènes. La figure n°15 illustre une approximation de la venue de la puberté chez les deux sexes.

Tableau n°4.  
Normes traditionnellement utilisées pour la puberté chez le garçon (Marshall et Tanner, 1970)

Stades	Âges (ans)	Stades	Âges (ans)
G2	11.6±1.1	P3	13.4±1.1
G3	12.9±1.1	P3	13.9±1.0
G4	13.8±1.0	P4	14.4±1.1
G5	14.9±1.7	P5	14.2±1.1

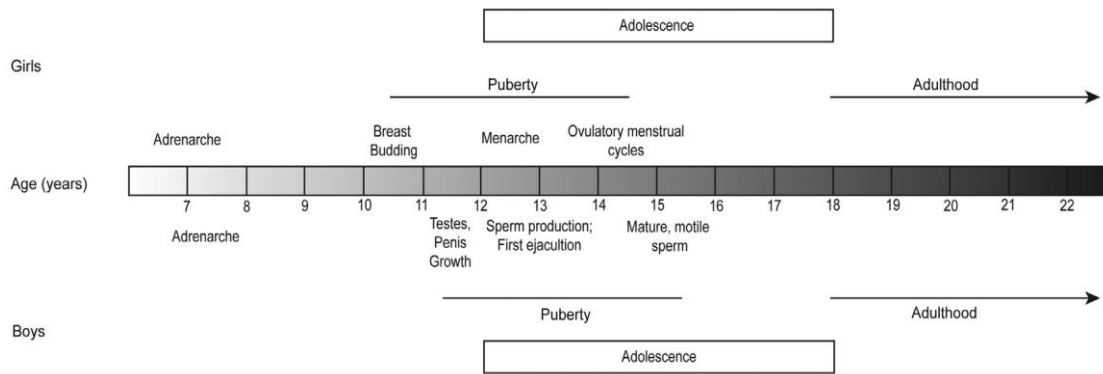


Figure n°15.

L'âge moyen du développement pubertaire chez les filles (haut) et garçons (bas) (Marshall et Tanner, 1969, 1970; Sizonenko, 1989; Tanner, 1962) In Mary K. Holder et al., (2014).

### 1.10.2. Indicateurs de la maturation biologique

Comme déjà dit ci-dessus, la maturation est un processus qui marque un progrès vers l'âge adulte (mature). Les indicateurs de maturité sont nombreux : le système sexuel, somatique, squelettique, de reproduction, et dentaire (éruption ou calcification). Ils sont utilisés indépendamment des autres systèmes (biochimiques, hormonaux, tissus, organes). Mais l'indicateur de maturité le plus utilisé reste la maturation osseuse (Acheson, 1966).

#### 1.10.2.1. La maturation osseuse ou squelettique

La maturation squelettique est le meilleur indicateur de la maturité (Acheson, 1966). De l'état cartilagineux, le squelette de l'enfant devient de plus en plus ossifié jusqu'à l'âge adulte. Pour les os longs et courts (tubulaires), la maturité est atteinte lorsque les épiphyses sont fusionnées avec leurs diaphyses correspondantes ; la maturité des os ronds de forme irrégulière est définie par la morphologie adulte. Les os du genou, la hanche et le pied, sont aussi utilisés pour évaluer le statut de maturité de l'enfant, mais ceux de la main et du poignet sont les indicateurs les plus utilisés (Greulich et Pyle, 1959). La radiographie de la main et du poignet gauche (par convention) fait apparaître les accroissements de chaque os de l'enfance à l'âge adulte, et ces accroissements se produisent régulièrement dans un ordre précis irréversible.

Trois méthodes sont couramment utilisées à l'heure actuelle pour l'évaluation de la maturité squelettique : Greulich-Pyle, Tanner-Whitehouse, et la méthode de Fels. La méthode de Greulich-Pyle (Greulich, et Pyle, 1959) est basée sur le travail original de Todd (1937), et elle est parfois appelée l'atlas ou la technique inspectionnelle. Il est question, dans cette méthode, de table de référence à utilisation simple (Simpé et Pavia, 1979), qui permet de détecter le niveau de maturité. On compare la radiographie du poignet gauche d'un enfant avec une série de clichés standards, qui correspond à des niveaux successifs de maturation osseuse exprimée

en âge osseux correspondant à un âge chronologique donné. La méthode numérique de Tanner-Whitehouse (1975) prend en considération l'accroissement des 20 os du poignet et de la main. Chaque accroissement prend une cotation et la somme des cotations sera convertie en âge osseux.

#### **1.10.2.2. Maturation sexuelle**

Les caractères sexuels secondaires représentent les indicateurs de maturation sexuelle. Le développement des seins, les organes génitaux, et les poils pubiens sont le plus souvent évalués sur des échelles à cinq points décrits par Tanner (1962) comme indicateurs de maturité sexuelle. Le stade 1 indique l'état prépubère (absence de développement) et le stade 2 manifeste le développement de chaque caractéristique qui marque la transition vers la puberté. Les stades 3 et 4 marquent la progression vers la maturation, et le cinquième stade (5) indique l'âge adulte (mature). La détermination des stades des caractères sexuels secondaires se fait à l'examen clinique par le biais d'observation individuelle, comme dans le cas de l'étude de Harpenden croissance (Marshall et al., 1970). L'examen se fait à partir de photographies nues standardisées. Autres caractéristiques sexuelles secondaires qui comprennent les poils axillaires chez les deux sexes et les changements de poils du visage et voix chez les garçons, qui sont des indicateurs de fin de développement de la période pubertaire et qui ne sont pas largement utilisés dans les études de maturation biologique (Beunen et al., 2006). Une estimation plus directe de la maturité génitale chez les garçons est fournie par le volume testiculaire. La méthode est principalement utilisée dans le cadre clinique et nécessite une série de modèles d'ellipsoïde de volume connu, qui ont la forme des testicules (Prader, 1966) et (Zachmann et al., 1974 : 247). Les modèles varient en volume de 1 à 25 ml ; un volume au-dessus de 4 ml marque le début de la puberté.

La première période menstruelle (premières règles) est le caractère secondaire sexuel le plus surveillé chez les femmes. Les premières règles ou ménarches sont l'aboutissement d'une maturation progressive de l'axe reproductif. Cette maturation s'accélère sous l'influence d'une augmentation importante des gonadotrophines et des stéroïdes sexuels, et la ménarche survient au moment précis où se produit un pic de sécrétion de la FSH hypophysaire (Legro et al., 2000).

Il existe trois méthodes pour estimer l'âge de la ménarche : la méthode prospective, fondée sur des études longitudinales où les filles sont interrogées tous les 3 à 6 mois. La méthode rétrospective consiste à se rappeler à quel âge elles ont connu leur première menstruation. La méthode du « statu quo » est une méthode transversale faite sur une grande population de

filles de 9 à 17 ans, en les interrogeant au sujet de leur statut ménarchal. La question pour chaque âge est : « si la personne a eu ses premières règles ? » : oui ou non. Les deux premières méthodes fournissent l'âge aux premières règles pour les individus, alors que la méthode du statu quo fournit un âge estimé à la ménarche pour un échantillon et ne s'applique pas aux individus.

### **1.10.2.3. Maturation somatique ou morphologique**

Le pourcentage de la taille adulte est calculé à partir de la taille actuelle. La taille adulte est mesurée si les enfants sont suivis jusqu'à l'âge adulte ou par estimation. Pour la prédiction de la taille adulte, des formules ont été établies, mais seulement à partir d'échantillons européens et américains qui n'ont pas été validés sur d'autres échantillons (Roche, 1975 ; Tanner, 1975 ; Tanner, 2001 ; Bayley, 1952 ; Roche, 1975). D'autres auteurs ont tenté de prédire la taille adulte sans âge osseux (Khamis, 1994) (Beunen, 1997).

On utilise généralement, pour prédire la taille adulte, la méthode de Bayley (1946), Roche et al. (1975a) et Tanner et al. (1983, 2001). Ces auteurs utilisent la taille réelle, l'âge chronologique, l'âge osseux et, dans certaines techniques, la taille des parents et/ou l'âge de la ménarche chez les filles. Beunen et al. (1997) ont proposé pour les garçons, une méthode simple facile et non invasive, qui ne nécessite que quatre dimensions somatiques : taille actuelle, taille assis, pli cutané sous-scapulaire, le pli cutané tricipital, et l'âge chronologique. Pour la tranche d'âge des 13-16 ans, cette méthode (Beunen-Malina) se compare favorablement à la méthode de Tanner-Whitehouse-II original (Tanner et al., 1983). Pour les garçons de 12,5-13,5ans, par exemple, la taille adulte peut être prédite à l'aide de l'équation de régression suivante (Beunen et al., 1997).

Taille adulte = 147,99 cm + 0,87 stature (cm) - 0,77 taille assis (cm) + 0,54 pli cutané tricipital (mm) - 0,64 pli cutané sous-scapulaire (mm) - 3,39 âge chronologique (années).

Mais les méthodes Tanner-Whitehouse-II ou la méthode de Tanner-Whitehouse-III (Tanner et al., 1983, 2001) restent les plus utilisées (radiographie de la main et du poignet).

Plus récemment, Beunen et al. (2011) ont validé la méthode de Beunen-Malina-Freitas de prédiction de la taille adulte sur une population de jeunes filles européennes de 12-15 ans où ils recommencent d'utiliser :

- 10 et 11 ans : taille adulte = a + c (longueur de la jambe) + d (taille assise/taille) + e (circonférence du bras) (a, b, c, d, e en centimètre, tableau n°5).

- 12 et 13 ans : taille adulte = a + b (taille) + d (taille assise/taille) + e (circonférence du bras) + f (ménarche) (mesures 0 absence de ménarche, 1 présence, a, b, c, d, e en centimètres, tableau n°5).
- 13 et 14 ans : taille adulte = a + b (taille) + f (ménarche) (taille en centimètre, ménarche 0 absence, 1 présence, tableau n°5).

Tableau n°5.

Coefficient de régression pour la prédiction de la taille adulte chez les filles. Beunen-Malina-Freitas Méthode 1 et 2 (BMF1, BMF2) (Beunen et al., 2011).

Age (years)	Interc a	HT b	LL c	SH/HT d	FARM e	MEN f	BM	BIAC	BICR	R <sup>2</sup>	SEP
<b>BMF1</b>											
10	+9.84		1.46	183.92	-1.14	-	-	-	-	0.57	3.8
11	18.88		1.33	132.72	-0.97	-	-	-	-	0.55	3.9
12	120.46	0.62	-	-72.18	-0.75	-3.34	-	-	-	0.60	3.5
13	72.85	0.88	-	+71.72	-0.50	-2.61	-	-	-	0.83	2.4
14	16.52	0.94	-	-	-	-5.05	-	-	-	0.83	2.1
15	8.94	0.99	-	-	-	-5.79	-	-	-	0.96	1.1
<b>BMF2</b>											
11	17.44	-	1.57	165.52	-1.44	-	0.19	-0.97	-	0.60	3.7
12	142.71	0.50	-	-	-2.93	-4.73	0.67	-0.72	-	0.68	3.1

Abbreviations : HT=height, LL= leg length, SH/HT=sitting height/height ratio, BM=body mass, BIAC=bicristal diameter, FARM=forearm circumference, MEN=menarch (yes/no), SEP=standard error of prediction.

Note: All measurements are in centimetres, except body mass in kilograms, and post-menarche=1.

- indicates that the variable is not the regression at this age.

A, b, c, d, e, f used final regressions provided in the discussion to refer to the age-specific regression coefficients.

### 1.11. Tendances séculaires de l'âge de la puberté

Ces dernières années, de nombreuses études ont porté sur la relation : évolution séculaire de la taille adulte et âge de la puberté. 15 à 20 % de la taille atteinte à l'âge adulte représentent la croissance durant la puberté. Des facteurs génétiques et environnementaux ont été explorés pour voir la relation avec l'âge du développement pubertaire. L'estimation de l'âge moyen de la puberté est différente d'un pays à un autre ; elle dépend du mode de recueil des données et aux stades considérés. En Europe, l'âge des premières règles est en moyenne à 12 ans en Italie, 12,6 ans en France et 13,5 ans en Allemagne.

Concernant les garçons, différentes études américaines et européennes s'accordent sur un âge moyen de 11,6 ans pour le stade G2. Entre le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle et le milieu du XX<sup>e</sup> siècle, l'âge moyen des premières règles a particulièrement diminué, passant de 17 ans à 14 ans aux Etats-Unis et dans plusieurs pays de l'Europe de l'Ouest. Cependant, la courbe de cette évolution varie d'un pays à un autre : une diminution de 0,3 an par décennie a été calculée pour les données norvégiennes et finlandaises et dans les études prospectives américaines.

En France, la diminution est estimée à 0,175 an par décennie. Il faut noter l'existence d'un gradient nord-sud au XIX<sup>e</sup> siècle avec un âge de ménarche plus bas dans les pays du sud de l'Europe (France) que dans les pays du nord (Scandinavie). Mais les études réalisées après 1960 dans ces pays tendent à montrer une stabilisation, voire un arrêt de cette évolution. Cependant, dans d'autres pays (Inde, Chine, Bulgarie) la diminution est aussi importante qu'elle l'était dans les pays occidentaux avant 1960. Ces évolutions sont en concordance avec l'évolution des conditions de vie dans les différents pays.

L'évolution séculaire de l'âge des premières règles serait associée à l'élévation de l'indice de masse corporelle. D'autres études se sont intéressées à l'évolution séculaire de marqueurs tels que le développement mammaire (filles) ou des organes génitaux (garçons). En Suède et en Grande-Bretagne, le développement mammaire est plus précoce en 1980 que dans les années 1960 ou 1970. Ces données soulignent, d'une part, l'existence de variations d'un pays à l'autre (fig. 15) et, d'autre part, montrent l'importance du marqueur utilisé pour évaluer l'évolution de l'âge de la puberté (ménarche, différents stades de Tanner).

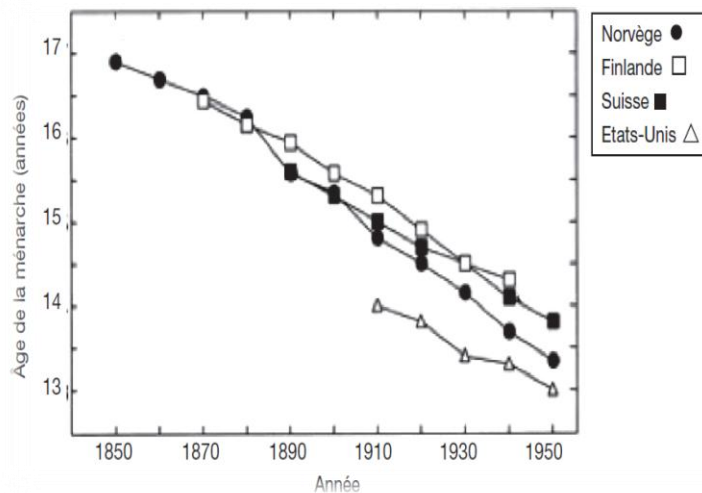


Figure n°16.

Évolution séculaire de l'âge des premières règles dans 4 pays (Ducros et Pasquet, 1978)

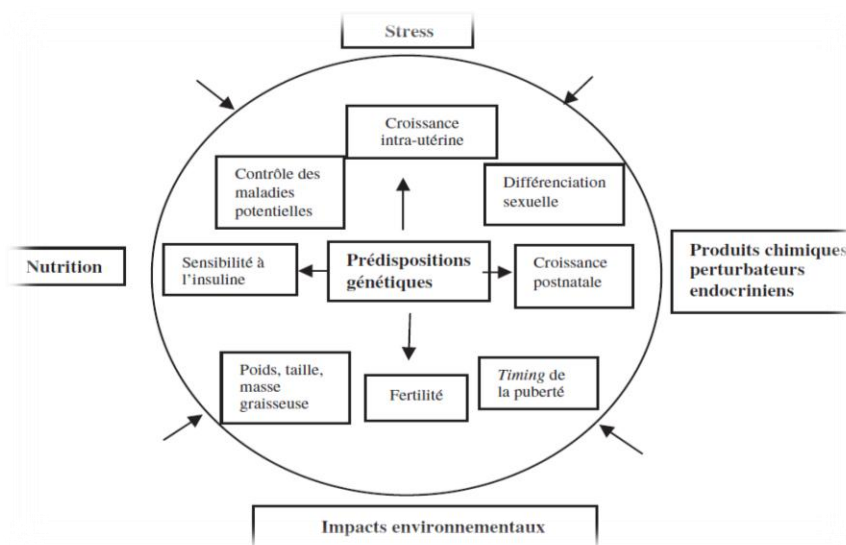
Les études épidémiologiques ont tenté d'isoler différents facteurs corrélés avec des variations de l'âge de la puberté, essentiellement chez les filles. Les filles vivant dans des milieux dits « privilégiés » au sein de pays en voie de développement (Asie, Afrique, Amérique du Sud) ont un âge moyen de la ménarche comparable à celui des filles des pays occidentaux, du pourtour méditerranéen, mais différent de celui des filles vivant dans les mêmes pays dans des conditions moins privilégiées. Ceci indique bien l'influence des conditions socioéconomiques.

Une relation entre le poids corporel et l'âge de survenue de la puberté a été suggérée par différentes études. Les filles qui ont une puberté précoce sont plus souvent obèses que les filles qui ont une puberté tardive, alors que l'inverse est observé chez les garçons. Un indice de masse corporelle élevé dès 36 mois est associé avec une puberté précoce chez les filles américaines.

Des situations de stress physique et psychologique peuvent entraîner un retard pubertaire et un renversement de la tendance séculaire comme cela a été observé en temps de guerre en Croatie et en Bosnie. Cependant, d'autres situations de stress peuvent à l'inverse induire une puberté précoce (immigration, adoption, attachement parental). La différence d'impact des composants de la situation de stress suggère une hétérogénéité de la réponse neuroendocrine à ces différents facteurs.

Au total, l'âge de la puberté est un processus physiologique complexe soumis à tout un spectre de facteurs en intercorrélation (tableau 5).

Tableau n°6  
Facteurs génétiques et environnementaux influençant l'âge de la puberté  
(Parent et al., 2003)



## 2. Le sport et l'enfant.

### 2.1. Activité physique, santé et enfant

Tout d'abord, considérons l'activité physique (AP) comme « activité physique planifiée, structurée et mouvements corporels répétitifs faits pour améliorer ou maintenir un ou plusieurs composants de la condition physique » (Caspersen et al., 1985). Des chercheurs ont tenté de quantifier cette activité physique afin de pouvoir résoudre tous les problèmes liés à la

santé des enfants et des adolescents, en mettant en place l'index de dépense énergétique ou NAP (niveau d'activité physique) reflétant l'activité physique dans une durée de 24 h (tableau 6).

$$\text{NAP} = \text{DET}/\text{NMR}$$

DET : dépense énergétique totale d'un individu sédentaire égale au niveau métabolique au repos (NMR) + thermogénèse induite par l'alimentation (TIA) + la dépense énergétique induite par l'activité physique (DEAP). Le NMR représente 60 à 70 % de DET. La TIA représente 10 % de DET. L'AP représente 15-30 % de DET, chez le sédentaire.

DEAP = DET – NMR en tenant compte de la thermogénèse induite par l'alimentation.

$$\text{DEAP} = (\text{DET} \times 0.9) - \text{NMR} \text{ (TIA} \approx 10 \% \text{ de DET)}.$$

Le NAP augmente avec l'âge pour les deux sexes de 3 à 16 ans (Hoos et al., 2003), et DET dépend des dimensions corporelles et de l'AP. C'est pour cela qu'on l'utilise pour ajuster les différences interindividuelles avec l'âge, le sexe, la composition corporelle et la masse corporelle (Van Praagh, 2008).

Tableau n°7.

Valeurs du niveau d'activité physique pour une activité physique habituelle chez des enfants et adolescents  
(adapté de Torun et al., 1996)

<b>Age (années)</b>	<b>1-5</b>	<b>6-13</b>		<b>14-18</b>	
<b>Sexe</b>	<b>M et F</b>	<b>M</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>F</b>
<b>Activité légère</b>	1.45	1.55	1.5	1.6	1.45
<b>1.6</b>	1.60	1.75	1.7	1.8	1.65
<b>Activité intense</b>		1.95	1.9	2.05	1.85

L'activité physique et la santé chez l'enfant et l'adolescent sont devenues un sujet d'actualité chez la communauté des chercheurs, motivés par les problématiques que posent les pédiatres et la société civile par rapport à ce qu'ils rencontrent quotidiennement en matière de maladies liées à la non-activité imposée par la société de consommation à l'encontre des enfants et des adolescents. On a tenté de mettre en exergue la relation activité physique-santé chez les enfants (Blair et al., 1996b ; Riddoch et al., 2000), selon Blair et al. (1996b). Une vie saine est liée à une activité physique régulière à intensité modérée durant l'enfance. Strong et al. (2005) se sont intéressés au recueil sur plusieurs ouvrages de l'impact de l'activité physique sur l'enfant et l'adolescent.

Bailey et al. (1995) ont donné plus de détails de cette activité physique. D'après eux, la durée moyenne des AP d'intensité légère et modérée chez des enfants prépubères était de 6 secondes, et 95 % des activités intenses étaient moins de 15s avec une moyenne de 3s. En général, chez les enfants, la durée des exercices continus n'excède pas 10 minutes, et la moyenne d'une période d'une activité physique est de 20 secondes (Bailey et al., 1995 ; Berman et al., 1998). Avec des moyens appropriés, Baquet et al. (2007) rapportent les mêmes résultats et ajoutent aussi, dans une autre étude, que l'activité physique intense et très intense représentait 36 % de la somme de l'activité physique journalière des enfants.

Rappelons que l'activité n'est pas stable durant la vie de l'enfant, c'est-à-dire qu'avec l'adolescence, elle prend une autre forme. Par exemple, avec la puberté (10-14 ans), les habitudes motrices acquises pendant l'enfance servent pour perfectionner des mouvements plus complexes. Par contre, à l'adolescence, on parle plutôt de santé, de condition physique et de comportement (Strong et al., 2005).

Pour la dynamique de l'activité physique chez les enfants et les adolescents, des études rapportent que le temps passé dans l'activité physique diminue avec l'âge. Par exemple, chez des filles et garçons entre 6 et 15 ans, il est de 86 % à 18 % chez les filles, et de 95 % à 29 % chez les garçons (Armstrong et al., 1998) avec la plus importante des diminutions vers l'âge de 10 ans selon ces mêmes auteurs (2002).

Concernant les activités d'intensité modérée à intense, la diminution est notée entre 7 et 15 ans (Trost et al., 2002). Entre 9 et 15 ans, Riddoch et al. (2004) notent pour les AP, de modéré à intense, une baisse de temps de 177 minutes par jour à 9 ans, et 86 minutes à 15 ans.

Strong et al. (2005) affirment que l'impact de l'activité physique sur la santé de l'enfant et l'adolescent touche les différents systèmes de l'organisme, et qu'un programme d'AP modérée est bénéfique pour les enfants et adolescents en surpoids, alors qu'une population normale réagit plutôt à un programme d'AP intense. Ces auteurs mettent en exergue la relation entre AP et diminution significative de la pression artérielle chez les enfants hypertendus.

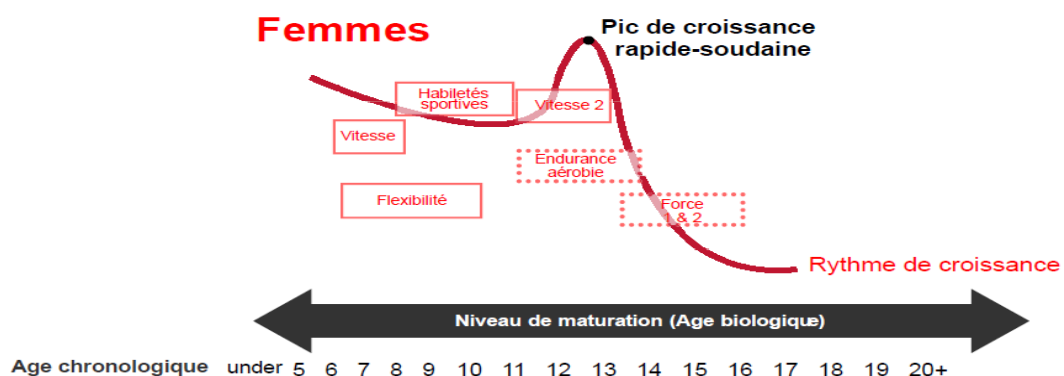
Il semble aussi, que l'AP journalière avec une intensité modérée augmente le taux de cholestérol (HDL-C) et baisse le taux de triglycérides et la pression artérielle, et que du point de vue mental, l'AP a ses bienfaits sur les performances intellectuelles étudiées en classe (Van Praagh, 2008 : 31). Le même auteur ajoute qu'être actif de l'enfance à l'adolescence permet d'avoir une bonne condition physique, surtout chez les filles. Il semble même que l'AP ait un impact positif sur la minéralisation des os (Janz et al., 2004).

## 2.2. Moment opportun du développement des qualités physiques chez les filles et chez les garçons

Les qualités physiques sont influencées par l'âge, le sexe, l'entraînement ainsi que par les facteurs génétiques et environnementaux. Le retard ou l'avance dans la croissance chez l'enfant, les phases prépubertaire, pubertaire et d'adolescence sont des facteurs à prendre en considération lors de la planification du processus d'entraînement. D'autre part, l'âge chronologique constitue le meilleur indicateur pour le développement de la vitesse, des habiletés sportives et de la souplesse, alors que la période du développement est idéale pour améliorer la force et l'endurance. Le meilleur indicateur est l'âge du développement (Ross et Marfell Jones, 1991; Beunen et Homis, 2000; Balyi et Ross, 2009a; Balyi et Ross, 2009b).

Selon une étude faite au Canada, le pic de croissance est l'âge idéal pour l'entraînement aérobique, et ce n'est qu'après l'atteinte de ce pic qu'il faut programmer l'entraînement de la force maximale (Ross et Marfell Jones, 1991; Beunen et Thomis, 2000; Balyi et Ross, 2009a; Balyi et Ross, 2009b).

Dans une autre étude, Balyi et al. (2005) ont déterminé les composantes qui peuvent être entraînées en fonction de l'âge chronologique (encadrées en lignes continues, fig. 16), et les périodes sensibles (entourées de lignes discontinues, idem) reliées à l'âge de développement du jeune, et plus particulièrement à l'amorce de la courbe de croissance rapide/soudaine, à son sommet et à la décélération de la croissance (idem). La figure n°17 illustre le pic de croissance de la force survenu environ un an et plus après l'atteinte du sommet de la courbe de croissance de la taille chez les garçons (Ross & Marfell-Jones, 1991).



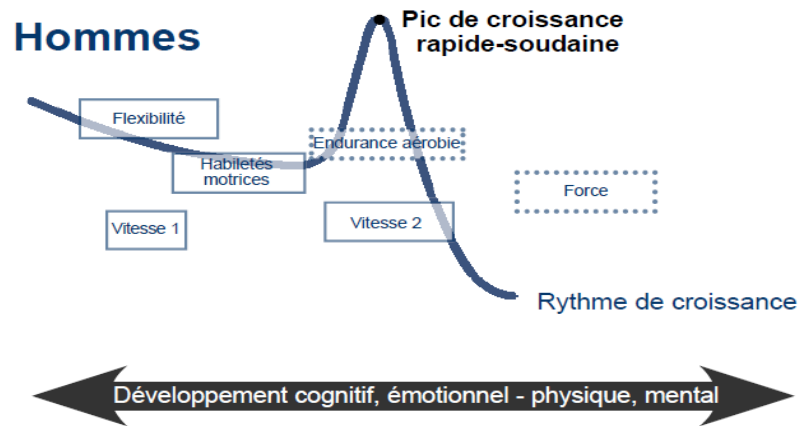


Figure n°17.  
Moments opportuns pour obtenir une adaptation accélérée de certaines composantes par l'entraînement pour les hommes et les femmes (Balyi et Way, 2008 : 9)

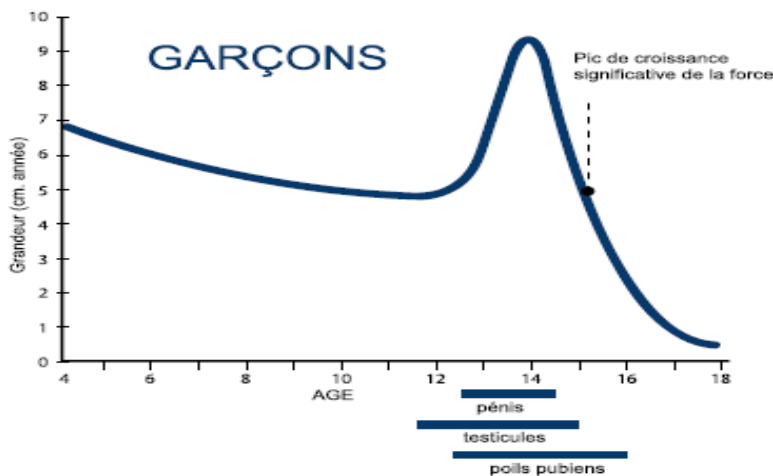


Figure n°18.  
Les manifestations de maturation chez les garçons (modifié de Ross et Marfell-Jones, 1991)

D'autres auteurs pensent que l'endurance cardiorespiratoire, la puissance anaérobie, la force et la puissance musculaire, l'endurance musculaire, la vitesse, la souplesse et l'équilibre sont des qualités à développer à l'âge scolaire (Pate et Shephard, 1989; Simons et al., 1969, 1990).

### 3. les exigences de la natation et les particularités du jeune nageur

#### 3.1. Influence de la puberté sur les métabolismes, aérobie et anaérobie en natation

Plusieurs travaux se sont intéressés à l'influence de la croissance et de la maturation sur les qualités physiques du nageur (Fletrois, 1982), mais, dans la plupart des études, ce sont les membres inférieurs qui sont sollicités, alors que les techniques de nage engagent d'autres groupes musculaires.

Donc, les études réalisées sur ergomètre à bras (Hawley, 1991) (Obert, 1992) sont les plus proches de l'activité de la natation (Holmer et Astret, 1970). Cependant, même les épreuves réalisées en piscine restent critiquables, car, durant ce genre d'épreuves, le nageur est contraint de transporter du matériel qui gêne considérablement l'exécution des techniques de nage (Cazorla et al., 1984).

Malgré ces controverses, les valeurs de VO<sub>2</sub>max enregistrées en piscine et sur ergocycle à bras ou à jambes, en laboratoire, sont similaires chez des nageurs entraînés de niveau départemental et régional selon Obert et al. (1992). Il reste tout de même nécessaire de vérifier ces résultats avec de jeunes nageurs.

La période pubertaire est la plus propice pour le développement, du VO<sub>2</sub>max (Weber et al., 1976) et la puissance maximale anaérobie (Fellmann et Coudert, 1994). L'entraînement aérobie peut augmenter chez les enfants le VO<sub>2</sub>max et ce, en plus des changements provoqués par la croissance et par le développement (Bar-Or, 1989). Le VO<sub>2</sub>max influe significativement sur la performance dans les activités sportives qui engagent de grands groupes musculaires pendant un temps prolongé (Astret, 1980).

Des approches différentes furent utilisées pour analyser les effets de la croissance et du développement sur le VO<sub>2</sub>max (Kemper et al., 1983). Krahenbuhl et al. (1985) concluaient que les meilleurs indices n'ont pas été encore identifiés, mais que la taille et le poids corporel sont maintes fois apparus comme de bons prédicateurs de VO<sub>2</sub>max, et que le poids corporel été probablement le meilleur paramètre pour contrôler les effets de maturation sur le VO<sub>2</sub>max pendant l'enfance, malgré les différences dans les groupes d'âge et le degré de maturation biologique pour un même âge chronologique.

En ce qui concerne le métabolisme anaérobie, il a souvent été considéré que la capacité anaérobie n'augmente qu'avec la survenue de la puberté (Eriksson, 1971) (Eriksson, 1980), ce qui engendre une moindre accumulation maximale de lactate musculaire (Eriksson, 1971), une moindre accumulation du glycogène musculaire lors de l'exercice en raison d'une faible activité enzymatique (phosphofructokinase [PFK], lactate déshydrogénase [LDH]). Le même auteur a établi un lien entre l'activité glycolytique et le niveau de maturation à partir d'une corrélation entre la concentration maximale de lactate musculaire et le volume testiculaire.

Mais chez des enfants de 13 à 15 ans et des jeunes adultes, il n'y a aucune différence dans l'activité de la LDH (Haralambie, 1982). Par contre, l'activité de la PFK et l'activité de la SDH (enzyme du métabolisme aérobie) augmentent significativement de 45 % et de 22,5 %, respectivement chez des enfants de 12 ans lors d'un entraînement en endurance de six semaines à une intensité proche de la fréquence cardiaque maximale.

D'un autre côté, lors d'une étude réalisée sur des enfants âgés de 11 et 13 ans, Grodjinovski et Bar-Or (1984) observent une augmentation dans le muscle des concentrations en ATP-créatine phosphate et glycogène, après seulement quatre mois d'entraînement, de la puissance maximale anaérobie après sept mois, et des puissances maximales, alactique et lactique (respectivement de 50 et de 83 %) après entraînement.

Récemment, des chercheurs (Ratel et Martin, 2011) rapportent qu'il n'est ni inutile ni dangereux, sur le plan physiologique, de solliciter la filière anaérobie lactique chez les enfants (n'ayant pas atteint le stade pubertaire). Ils font référence aux exercices continus compris entre dix secondes et une minute 15 secondes et intermittents supra maximaux (exercice intense) caractérisés par de courtes phases de travail (inférieures à dix secondes) et de récupération (inférieures à 30 secondes).

### **3.2. Relation aspect anthropométrique et performance en natation**

La performance en natation est déterminée par la capacité à produire l'énergie nécessaire aux mouvements, les caractères anthropométriques, les propriétés neuromusculaires et le profil psychologique. C'est pour cela que l'aspect anthropométrique a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs, surtout chez les jeunes nageurs.

Duché et al. (1993) ont démontré que les variables anthropométriques ont une influence moins grande sur la performance de nage que les capacités bioénergétiques telles que VO<sub>2</sub>max ou la puissance moyenne sur 30 s de sprint sur cyclo-ergomètre, ce qui est en accord avec les résultats de Asmussen et Heeböll-Nielsen (1955) et discutés par Astret et Rodahl (1980), selon lesquels, en course à pied chez les enfants de 11 à 12 ans, il n'y a pas de variation significative de la vitesse de course en fonction de la taille.

Poujade et al. (2002) de leur côté, se sont intéressés à la relation coût énergétique du crawl et les caractéristiques morphologiques, ou au rapport fréquence amplitude du mouvement chez l'enfant, et ils ont démontré qu'il n'existait pas de relation entre ces paramètres.

Dans une autre étude sur de jeunes nageurs de 12,4 ( $\pm$  0,53) ans, s'entraînant 7,5-8,5 heures par semaine, Poujade et al. (2003) n'ont pas observé de relation entre l'épreuve du 400 m et les paramètres morphologiques, telles que la taille, la masse, la poussée de flottaison et la surface cutanée, ni avec le coût énergétique mesuré à des vitesses de nage faibles, par contre, une forte corrélation entre la performance sur 400 m nage libre et la VO<sub>2</sub>max mesurée en situation.

Néanmoins, la performance peut être liée à d'autres facteurs, tels que le couple de redressement (Capelli, 1995), l'amplitude du cycle des bras (Craig, 1979) (Pelayo, 1997) et les paramètres musculaires (Rouard, 1994).

Donc, outre les paramètres anthropométriques, les aspects biomécaniques doivent également être considérés comme des déterminants de la performance de nage. Reste que l'importance des paramètres anthropométriques est telle que chaque style de nage a un morphotype approprié (Bulgakova et Voroncov, 1978).

### **3.3. La natation sportive**

La natation comme toute discipline sportive dépend de nombreux facteurs : psychologique, physiologique, biomécanique et morphologique (Cazorla et al., 1985). La performance dépend de la technique, des prédispositions physiques et de l'état psychologique (Olbrecht et al., 2000) chez les adultes, et est liée aux paramètres anthropométrique, physiologique et biomécanique (Claessens et al., 1991 ; Damsgaard et al., 2001) chez les enfants.

Depuis plusieurs années, les chercheurs ont tenté d'investir les interactions entre ces facteurs qui déterminent la performance. Déjà, aux jeux Olympiques de 1908, on a commencé à régler cette discipline. En 1976, Cazorla et al. ont axé leurs travaux sur la natation de haut niveau. De son côté, Bulgakova (1978) s'est penché sur la détermination des modèles morphologiques des nageurs de haut niveau par style de nage. À présent, les recherches sont orientées vers des méthodes mathématiques de la dynamique des fluides pour résoudre des problèmes liés à la propulsion (Marinho et al., 2009). Par contre, pour atteindre le haut niveau, les spécialistes pensent qu'il est nécessaire d'intensifier l'entraînement avant la puberté (Rowley S. *in* : Erlandson et al., 2008).

### **3.4. Les étapes de l'entraînement pluriannuel des nageurs**

Bloom (1985), dans une étude sur des nageurs olympiques, des joueurs de tennis de niveau international, des scientifiques et des artistes, a conclu que le haut niveau exige le passage par l'initiation, le développement et la réalisation de l'expertise.

La préparation sportive à long terme vise à accumuler un fort potentiel physique pour l'utiliser à son maximum à l'âge optimal, afin de réaliser les meilleures performances (Bulgakova, 1978). C'est pour cela que la réussite dans les sports de haut niveau est sujette à un entraînement intensif avant la puberté (Rowley et al., 1987).

L'âge d'initiation à la natation sportive n'a pas de restrictions, mais il est plus rationnel de commencer l'apprentissage à partir de 8-9 ans pour les filles, et 8-10 ans pour les garçons (Bulgakova et al., 1990).

Selon les auteurs, la préparation sportive des nageurs comprend des étapes bien déterminées. D'après Bulgakova et al. (1990), la carrière d'un nageur est planifiée comme suit :

- La préparation sportive préliminaire, qui commence vers l'âge de 8 ans et se termine vers l'âge de 10 ans, et comprend l'apprentissage des styles de nage, la préparation physique et natatoire générale.
- La spécialisation sportive initiale (ou préparation de base), 9 ou 10 ans pour les filles et 10 ou 12 ans pour les garçons. Cette étape dure en moyenne trois ou quatre ans et comporte la préparation physique de base ou, plus concrètement, le début de l'entraînement sportif.
- La spécialisation approfondie, 12 à 14 ans pour les filles et 13 à 15 ans pour les garçons, qui comprend la préparation physique spéciale ou le début du perfectionnement sportif.
- Le perfectionnement sportif qui commence à partir de 15-16 ans pour les filles et de 17-19 ans pour les garçons, et a pour but l'orientation vers les performances de haut niveau et la réalisation maximale des potentiels du sportif, cette dernière s'effectuant à partir de 17 à 18ans.

Pedroletti (2009) voit que la carrière du nageur comprend les objectifs suivants :

- Apprentissage technique et développement de la condition physique.
- Développement physique et apprentissage de l'entraînement.
- Amélioration technique et entraînement de base.
- Technique et entraînement de développement.
- Affinement technique du style du nageur et entraînement planifié sur la saison du nageur adulte et mature.

### **3.5. Principaux facteurs déterminant la technique de nage**

Pelayo (2010) définit la natation comme "*franchir dans l'eau une distance délimitée à sa surface plus rapidement que les autres et/ou le plus rapidement possible tout en respectant la*

*réglementation imposée par la FINA*". D'après le même auteur, le nageur se doit d'être toujours à la recherche d'une performance qui détermine une distance et un temps.

La technique a depuis longtemps suscité l'intérêt de nombreux chercheurs, Dubois-Reymond (1905) et Cureton (1930) ont axé leurs travaux sur la propulsion. Karpovich (1933) a investi le volet biomécanique, David Armbruster (1928), suivi des Japonais (1932), ont exploré l'analyse technique sous-marine, alors que dans les années 1960 et 1970, Counsilman s'est intéressé aux forces de traînée et de portance.

La technique de nage sportive est un système rationnel de mouvements, permettant au nageur de réaliser au mieux ses possibilités motrices pour atteindre un haut résultat sportif. C'est un ensemble de mouvements perfectionnés et ininterrompus qui déterminent chaque style de nage (Bugakova, 1990).

Les spécialistes s'accordent sur le fait que la technique rationnelle de nage dépend des buts et des conditions de compétition, des particularités morphologiques et fonctionnelles de l'organisme du nageur (Cazorla et al., 1985 ; Craig et al., 1979 ; Boulgakova, 1990), des régularités générales de l'hydrostatique, l'hydrodynamique (Loetz et al., 1988) ainsi que de la biomécanique (Toussaint et al., 1992).

L'analyse des épreuves de nage au cours des compétitions démontre que les nageurs utilisent différentes variantes de la technique en fonction du parcours de nage. D'après Van Goldsenhuvén in : Maurice Boyrie, (1946), « *il faut que le nageur acquière le style de nage. Or, en natation, il n'y a pas de style...* » ; et selon Oppenheim in : Maurice Boyrie, (1946), « *un petit et un grand, un maigre et un gras, celui qui a des bras courts et celui qui a des bras longs, celui qui est très léger sur l'eau et celui qui a plus de densité, ne peuvent employer un style identique...* » Par contre, Thooris in : Maurice Boyrie, (1946) dit qu'« *il n'y a pas de record sans style* », ce qui rend les détenteurs de records des modèles en matière de technique (Pelayo, 2010).

La technique des mouvements d'un nageur est étroitement liée au niveau de sa préparation physique et des aptitudes motrices. Il est aussi indispensable de tenir compte des particularités morphologiques et fonctionnelles, telles que la taille, les proportions, les parties du corps et leur masse, la longueur des extrémités et autres (Bulgakova, 1990) et la flottabilité qui constitue l'une des particularités caractéristiques du style de nage (Cazorla et al., 1985).

Le perfectionnement de la technique de nage oblige à tenir compte des particularités d'âge des jeunes nageurs (Bulgakova, 1990) car, au fur et à mesure de la croissance des enfants et des adolescents, la reconstruction graduelle de la technique est inévitable, et les bases de la

technique rationnelle de nage doivent être formées dès le jeune âge, ce qui donne le temps de perfectionner la maîtrise technique à l'avenir.

### **3.6. La recherche scientifique et le jeune nageur**

Durant des années, les scientifiques du sport ont étudié les adaptations de l'organisme du nageur suite aux charges d'entraînement dans le but d'améliorer sa performance tout en préservant sa santé. Cette performance repose sur une multitude de facteurs directement liés à la capacité du nageur à déplacer son appareil locomoteur sur l'eau.

Les études sur les adultes ont montré que les caractéristiques morphologiques déterminent les qualités hydrodynamiques (Onoprienko et al., 1990) et hydrostatiques (Loetz et al., 1988) du nageur, que le succès de beaucoup de nageurs est fonction des particularités propres à la morphologie (Chatard et al., 1987) et à la préparation physique de chaque sportif (Boulgakova et al., 1990), que la performance est liée au coût énergétique de la nage (Cn.) (Chatard et al., 1991; Di Prampero et al., 1974) et à la technique de nage (Zamparo et al., 1996) ainsi qu'au profil psychologique (Toussain et al., 1992).

Par ailleurs, chez les jeunes nageurs, les études ont montré qu'il n'y a pas de liaison entre le coût énergétique (Cn) du crawl et les caractéristiques morphologiques, ni avec le rapport fréquence-amplitude du mouvement (Poujade et al., 2002), que les variables anthropométriques ont une influence moins importante sur la performance par rapport aux capacités bioénergétiques (Duché et al., 1993), que les caractères anthropométriques ont une grande importance dans la sélection, mais ils sont faiblement corrélés avec les résultats qui seront réalisés en natation (Boulgakova, 1990).

Bénéfice et al. (1990), de leur côté, ont abordé la problématique liée à l'influence de l'entraînement de la natation sur l'organisme du jeune nageur. Ils ont comparé de jeunes garçons nageurs à des non-nageurs avant et après la puberté, et ont étudié l'effet de l'entraînement sur les caractéristiques anthropométriques et la capacité aérobie. Ils ont conclu que les différences morphologiques et celles de la capacité aérobie étaient dues en grande partie à l'entraînement. En résumé, chez les jeunes comme chez les nageurs adultes, les performances dépendent des paramètres : anthropométrique, physiologique et biomécanique (Claessens et al., 1991 ; Damsgaard et al., 2001). Reste que la plupart des études sur les jeunes se sont penchées sur le volet anthropométrique (Geladas et al., 2005 ; Strzala et al., 2009 ; Strzala et al., 2005 ; Pelayo et al., 1996 ; Vitor et al., 2010 ; Silva et al., 2007).

### **3.7. Spécificités de la natation**

La position horizontale que le nageur est contraint d'adopter pour se déplacer dans l'eau entraîne une augmentation du volume d'éjection avec diminution de la fréquence cardiaque (McNeal, 1990 : 160), conséquence d'une diminution de la consommation d'oxygène (Holmer, 1970 : 161). Par contre, l'apesanteur partielle dans laquelle se pratique cette discipline n'entraîne pas une modification de la densité minérale osseuse (Morel, Combe et al., 2001 : 161).

La natation est un sport à caractère endurance et endurance-force, qui sollicite et les membres supérieurs et les membres inférieurs, mais leur degré d'intervention dépend du style de nage adopté par le nageur. La propulsion en natation est assurée par des mouvements d'adduction et de rotation interne du bras. En crawl, par exemple, ces mouvements engagent les muscles du grand pectoral et du grand dorsal en propulsion, et les muscles du trapèze, le deltoïde, les muscles de la coiffe des rotateurs et le grand dentelé en phase de retour. Par contre, en brasse, ce sont les muscles du grand pectoral, du grand dorsal, le biceps brachial et les muscles de l'avant-bras qui font le mouvement (Nuber, Jobe et al., 1985 : 160).

Les membres inférieurs, par contre, exécutent des mouvements de flexion/extension du genou de 0 à 90° en crawl, et flexion/abduction extension/adduction de 0 à 130° des hanches en brasse. Ils engagent les muscles des quadriceps et les ischio-cruraux, les adducteurs, les fléchisseurs, les extenseurs et les adducteurs de la hanche.

En brasse, le nageur effectue avec ses membres inférieurs des mouvements qui sont inhabituels à la locomotion terrestre, provoquant ainsi une surcharge du ligament collatéral médian du genou (Kennedy et Hawkins, 1974 : 161) ainsi que les syndromes fémoro-patellaires, suite à une variation de l'axe des muscles extenseurs dus à une hyperlaxité fémoro-patellaires (Fowler et Regan, 1986 : 161).

## **Chapitre II**

### **Organisation de la recherche**

---

#### **1. Hypothèse**

Nous supposons qu'il existe des caractéristiques morphologiques propres aux jeunes nageurs de la sélection nationale d'Algérie des deux sexes, âgés de 12, 13 et 14 ans.

L'analyse statistique multivariée permet de déterminer les profils morphologiques des jeunes nageurs de la sélection nationale d'Algérie des deux sexes âgés de 12, 13 et 14 ans.

Le niveau de développement physique des jeunes nageurs influence la performance.

#### **2. Objectifs de la recherche**

L'objectif principal de notre travail étant de déterminer les profils morphologiques des jeunes nageurs et de voir leur influence sur la performance, nous nous proposons pour ce faire de :

- Étudier les caractères anthropométriques, les indices de développement physiques, les composants du poids du corps, les résultats des tests physiques et les performances des épreuves du 50 m et du 400 m nage libre, des jeunes nageurs de l'équipe nationale d'Algérie des deux sexes âgés de 12, 13 et 14 ans.
- Sélectionner, à l'aide de la méthode statistique multivariée, les caractères morphologique et fonctionnel les plus représentatifs chez les jeunes nageurs de l'équipe nationale d'Algérie de chaque sexe, âgés de 12, 13 et 14 ans, et établir leurs profils morphologiques.
- Déterminer le profil morphologique du meilleur jeune nageur de la sélection nationale d'Algérie par rapport au groupe général (12, 13 et 14 ans) de chaque sexe.
- Voir l'influence du niveau de développement physique sur la performance.

#### **3. Tâches**

La réalisation des objectifs émis nécessite de résoudre des tâches suivantes :

- Effectuer les différentes mesures anthropométriques et déterminer les paramètres morphologiques.
- Effectuer les tests physiques (aquatiques et à sec).

- Relever les performances des 50 m et 400 m nage libre lors des championnats nationaux d'Algérie.
- Analyser statistiquement les résultats obtenus des investigations anthropométriques, des tests physiques et des performances des 50 m et 400 m nage libre.
- Sélectionner, à l'aide de la méthode statistique multivariée, les caractères les plus représentatifs chez le jeune nageur de 12, 13 et 14 ans des deux sexes.
- Établir le profil anthropométrique des jeunes nageurs algériens âgés de 12, 13 et 14 ans des deux sexes.
- Établir le profil anthropométrique du meilleur jeune nageur algérien (12, 13, 14 ans) de chaque sexe.
- Déterminer la relation entre les paramètres morphologiques, les tests physiques et les performances des épreuves du 50m, et 400m nage libre.

#### 4. Échantillon

Pour répondre à ce problème, nous avons réalisé notre recherche sur un échantillon de 61 jeunes nageurs des deux sexes, d'âge moyen  $13,14 \pm 0,80$  ans, (28 filles  $13,25 \pm 0,80$  ans, et 31 garçons  $13,03 \pm 0,80$  ans), tous pratiquants des entraînements quotidiens (5-7 jours/semaine) avec une ancienneté sportive de  $7,86 \pm 0,80$  ans pour les filles, et  $7,48 \pm 0,77$  ans pour les garçons (tableau n°7). Les mesures ont été réalisées en 2013 et en 2014, courant du mois d'avril de chaque année (piscine 50m).

Tableau n°8.

Moyenne d'âge des nageurs et des nageuses

Groupe	Nombre	âge (ans)
Général	61	$13,14 \pm 0,80$ ans
Filles	28	$13,25 \pm 0,80$ ans
	6	12 ans
	9	13 ans
	13	14 ans
Garçons	31	$13,03 \pm 0,80$ ans
	9	12 ans
	12	13 ans
	10	14 ans

## 5. Matériel d'investigation

- Pour nos investigations anthropométriques nous avons utilisé une trousse anthropométrique (fig. 19) contenant:

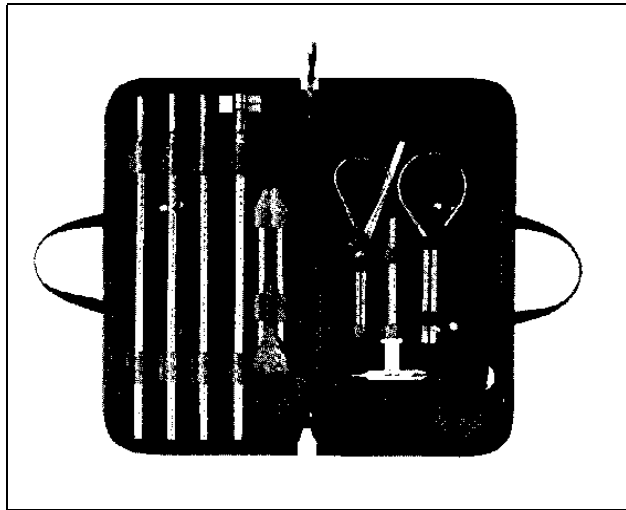


Figure n°19.

Une trousse anthropométrique de type G.P.M. (Siber Hegner)

### 5.1. Un anthropomètre de type Martin :

Il est destiné à mesurer les dimensions linéaires (longitudinales) et transversales du corps. Il est composé de quatre branches métalliques, gradué en centimètres et en millimètres, avec une précision de 4 mm, plus une paire de réglettes graduées droites et une paire de courbes. Les branches sont graduées sur une face jusqu'à 2100 mm, la lecture se faisant à l'intérieur du curseur transversal, mobile, pour les mesures linéaires. L'autre face, graduée jusqu'à 950 mm, est utilisée pour les mesures transversales, la lecture s'effectuant à l'intérieur du dos du curseur mobile, l'appareil étant alors tenu horizontalement.

- L'anthropomètre de type Martin, utilisé pour la mesure des hauteurs des différents points anthropométriques, également utilisé comme pied à coulisse, en utilisant les deux branches ci-dessous.

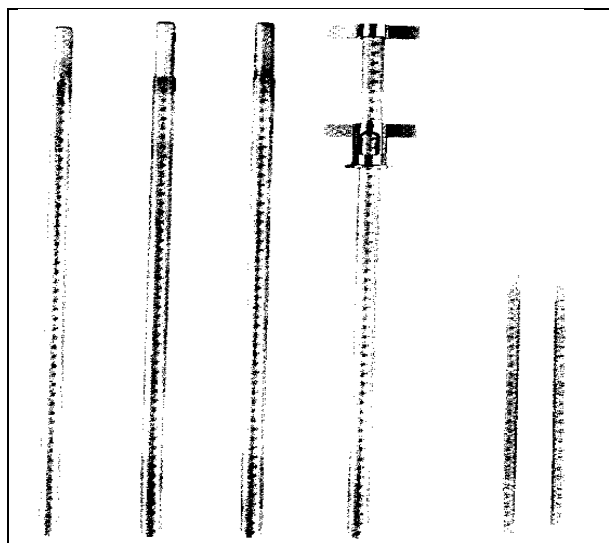


Figure n°20. Anthropomètre de type Martin.

### 5.2. Un compas d'épaisseur à bouts olivaires :

C'est un compas à deux bouts, qui peut être équipé de petite réglette graduée de 0 à 300 mm, pour la céphalométrie et les petits diamètres, ou d'une grande réglette graduée de 0 à 600 mm pour certaines grandes dimensions transversales (diamètres) du corps. La lecture s'effectue sur le côté aigu de l'index. Nous pouvons immobiliser les branches dans chaque position à l'aide d'une vis, située sur le curseur.

Un compas d'épaisseur à bouts olivaires ; utilisé pour mesurer les diamètres, c'est-à-dire la distance entre deux points.

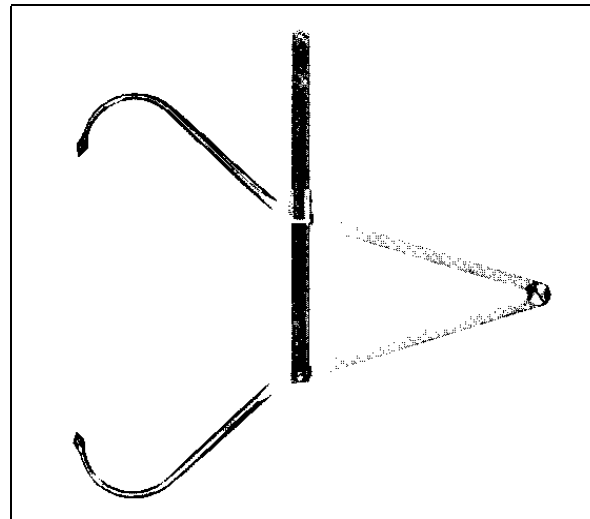


Figure n°21. Compas d'épaisseur.

### 5.3. Un pied à coulisse :

Permet de mesurer la distance entre deux points (les lignes sont pointues à une extrémité pour les étendues des structures osseuses ; aplaties et émoussées à l'autre extrémité. La réglette d'enregistrement est graduée en millimètre : de 0 à 20 cm pour les mesures longitudinales et de 0 à 5 cm pour les mesures de profondeur (pour lesquelles il convient de retourner le curseur).

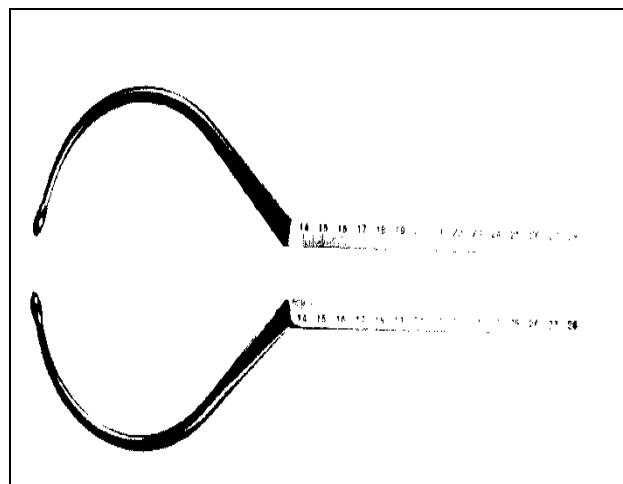


Figure n°22. Pied à coulisse.

### 5.4. Le ruban en acier :

C'est un ruban (0-2000 mm) ou ruban de lin (0-2500 mm), renforcé par des fils de laiton. Il assure une précision absolue sur toute la longueur. Nous l'utilisons pour mesurer les périmètres du corps (circonférences) et de ses segments.

### 5.5. Le crayon dermographique :

Il nous permet, grâce à des points portés avec le crayon, de repérer l'emplacement des points anthropométriques par toucher ou palpation.

### 5.6. La pince à plis du type Lange :

Une pince à plis (ou caliper) de type Lange (Cambridge Scientific Industries, Cambridge, Marylet) pour la mesure des panicules adipeuses avec une précision de  $10 \text{ g/mm}^2$

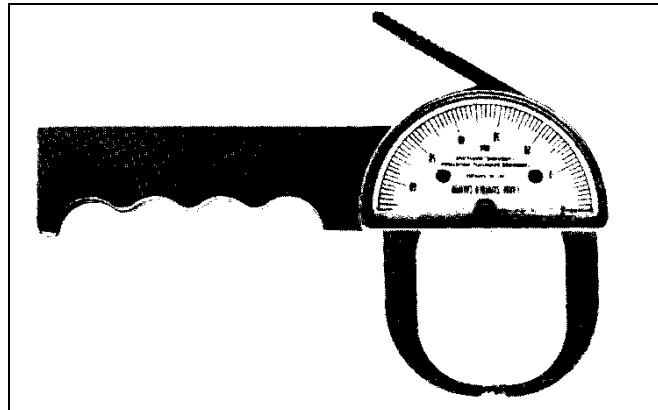


Figure n°23. Pince à plis (Caliper).

### 5.7. La balance médicale de type Seca :

Pour la prise de masse corporelle, nous avons utilisé une balance médicale d'une précision de 50 gr/kg, pour la prise du poids du corps.

## 6. Méthode anthropométrique

C'est la méthode des mesures des indices morpho-fonctionnels du corps. Les points des repères osseux et les mensurations ont été standardisés par Martin (1928), puis par Ross et al. (1982). Elle permet de déterminer la mesure des bornes limites du corps pour fournir des informations sur l'individu (stature et la masse du corps) et des segments spécifiques, des parties et des tissus. Les largeurs squelettiques décrivent la robustesse globale du squelette ; les circonférences des membres fournissent des informations sur la musculature relative, et les épaisseurs de plis cutanés indiquent la graisse sous-cutanée.

Les dimensions spécifiques incluent le tronc et les extrémités, car les enfants peuvent être semblables dans la taille globale du corps, mais différer dans la forme, la proportion et la distribution de tissu pendant la croissance.

Donc, la méthode anthropométrique nous permet de déterminer les modifications des longueurs, des diamètres et des circonférences des segments du corps, et de déterminer les indices spécifiques de chaque discipline.

## 6.1. Mesure des dimensions longitudinales du corps

La détermination des longueurs du corps nécessite, d'abord, de mesurer les différents points anthropométriques. Pour ces mesures, le chercheur utilise une règle graduée en centimètres appelée "anthropomètre". Il se met sur la droite du sujet, tient l'anthropomètre de la main droite et, avec la main gauche, repère le point, y met le bout de sa règle, afin de prendre la mesure depuis ce point jusqu'au sol. Une bonne investigation exige que soient respectés différents plans (fig. 25) :

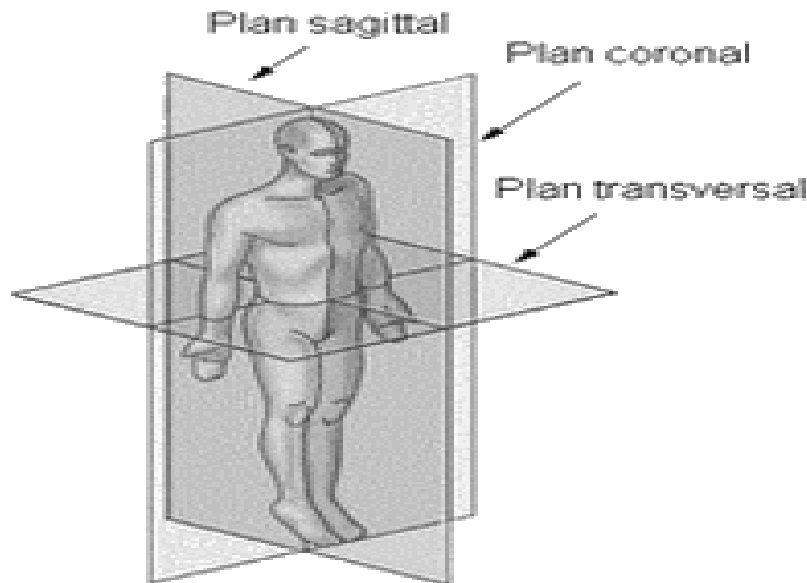


Figure n°24.

Position du corps dans l'espace (Ross et Marfell-Jones, 1982)

Le plan frontal (verticale) : divise le corps en partie antérieure et en partie postérieure.

Le plan sagittal (verticale) : perpendiculaire au plan frontal, divise le corps en partie droite et en partie gauche.

Le plan transversal (horizontal) divise le corps en partie supérieure et en partie inférieure.

Les valeurs des longueurs des segments corporels sont obtenues par calcul de la différence des points anthropométriques les définissant :

La stature (Stat) signifie aussi la taille debout ; c'est une mesure linéaire de la distance depuis le sol (surface d'appui) jusqu'au vertex.

La taille assise (TA) est la mesure du segment supérieur, qui représente la distance entre le sommet du crâne et la base du tronc. Le sujet s'assoit sur un tabouret, le dos et la tête appuyés au mur.

La longueur du corps (LCO) est la longueur de la stature sans celle du membre inférieur (entre le vertex et le point synphysien).

La longueur du tronc (LT) est la distance séparant le point suprasternal du point symphysien.

La longueur du membre supérieur (LM.S) est la distance séparant le point acromial et le point de l'extrémité du médus (3<sup>e</sup> doigt de la main).

La longueur du bras (LB) est la hauteur existante entre le point acromial et le point radial.

La longueur de l'avant-bras (LAB) est la hauteur existante entre le point radial et le point stylien.

La longueur de la main (LM) est la distance entre le point stylien et l'extrémité du médus.

La longueur du membre inférieur (LMI) est la somme des hauteurs du support à l'épine iliaque antéro-supérieure et du support au point symphysien, divisée par deux.

La longueur de la cuisse (LC) est la longueur du membre inférieur qui ne tient pas compte de la hauteur du support jusqu'au point tibial supéro-interne.

La longueur de la jambe (LJ) est la hauteur obtenue entre le point tibial et le point malléolaire interne.

La longueur du pied (LP) est la distance séparant le tubercule calcanéen et l'extrémité de l'orteil le plus long.

## **6.2. Mesures des dimensions des diamètres du corps**

Le diamètre bi-acromial (DBA) (largeur des épaules) est la distance séparant les deux points acromiaux gauche et droit (pendant la mensuration ; les épaules ne doivent être ni trop abaissées ni trop élevées).

Le diamètre transversal du thorax (DTTH) est la distance séparant les deux parties les plus saillantes des côtes.

Le diamètre antéropostérieur du thorax (DAPTH), se trouvant entre le point médiasternal et l'apophyse épineuse de la vertèbre qui est située sur le même plan horizontal.

Le diamètre bicretal (DBC) (ou largeur du bassin) indique le développement transverse des (hanches) et la distance qui sépare les deux crêtes iliaques.

Le diamètre bi-trochantérien (DBTC) sépare les deux points trochantériens.

Le diamètre distal du bras (DDB) (épicondylo-épitrochléen), ou développement transverse du coude, est la distance qui se trouve entre l'épicondyle et l'épi trochlée.

Le diamètre distal de l'avant-bras (DDAB) sépare les deux apophyses styloïdes radiale et cubitale.

Le diamètre de la main (DM) est la distance du deuxième au cinquième métacarpe.

Le diamètre distal de la cuisse (DC) (bi-condylien du fémur), ou développement transverse du genou, est la distance entre les deux condyles fémoraux.

Le diamètre distal de la jambe (DJ) se trouve entre les deux points malléolaires interne et externe.

Le diamètre du pied (DP) est la partie la plus large du pied.

### **6.3. Mesure des dimensions des circonférences (périmètres)**

Les circonférences, ou périmètres, indiquent le développement relatif du tissu musculaire. Il faut noter que le périmètre inclut, en plus du tissu musculaire, le tissu osseux, le tissu graisseux sous-cutané et la peau. Les mesures des circonférences sont réalisées à l'aide du mètre ruban, et nous avons enregistré les mensurations suivantes :

- Circonférences de la poitrine en position de repos (CTHR) : Le mètre ruban est placé de telle façon qu'il passe sous les angles inférieurs des omoplates ensuite le corps et le bras, puis il se referme sous les segments inférieurs des mamelons. Chez les femmes, le mètre-ruban passe sur le bord supérieur des glandes mammaires.
- Circonférences de la poitrine en inspiration (CTHI) : La mesure se fait de la même manière, mais en inspiration maximale. Pendant la mensuration, les épaules ne doivent être ni trop abaissées ni trop relevées.
- Circonférences de la poitrine en expiration maximale (CTHE) : La mesure se fait, également, de la même manière, mais en expiration maximale. La différence des mesures entre les circonférences de la poitrine, en inspiration maximale et en expiration maximale, donne la grandeur appelée la variation de la cage thoracique.
- Circonférence de l'abdomen (CA), appelée aussi tour de taille : le mètre-ruban se referme au niveau de l'ombilic.
- Circonférence du bras en position de repos (CBD) : Elle est mesurée sur un plan horizontal à l'endroit où le volume est le plus grand, le bras étant le long du corps.
- Circonférence du bras en position contracté (CBC) : Elle s'effectue de la même manière, mais les muscles de la face antérieure du bras sont contractés. La différence entre les circonférences du bras en position contracté et en position de repos permet d'apprécier la variation des muscles du bras.
- Circonférence de l'avant-bras (CAB) : Elle est mesurée sur un plan horizontal à l'endroit où le volume des muscles est le plus grand ; la position du bras doit être le long du corps.
- Circonférence de la cuisse (CC) : Elle est mesurée de manière analogue ; le mètre ruban est placé sous le pli fessier et se referme au niveau de la partie antérieure de la cuisse.

- Circonférence de la jambe (CJ) : Le mètre-ruban est mis horizontalement à l'endroit de la jambe où le triceps est le plus développé.

#### 6.4. Mesures des plis cutanés

La surface de la peau saisie par les doigts doit se situer entre 20-40 mm<sup>2</sup>. Il faut faire attention aussi à ne pas saisir le muscle sous-jacent. L'épaisseur des plis est mesurée à des endroits strictement déterminés :

- Le pli sous-scapulaire (PSSCAP), au niveau de la région du dos, sous l'angle inférieur de l'omoplate droit (d1).
- Le pli pectoral (PP) de la région thoracique, au niveau du bord auxiliaire du grand pectoral droit (d2). Chez les filles, on ne mesure pas ce pli.
- Le pli du ventre (PV), dans la région de l'abdomen, à environ 5 centimètres du nombril (d3) sur le côté droit.
- Le pli du bras (PB), sur la face antérieure du bras, au niveau du biceps à peu près au milieu du bras (d4.0).
- Le pli tricipital (PTRIC), sur la face postérieure du bras, au niveau du triceps à peu près au milieu du bras (d4.1).

$$d4 = \frac{d4.0 + d4.1}{2}$$

- Le pli de l'avant-bras (PAB), au niveau de la face antérieure de l'avant-bras (d5).
- Le pli de la main (PM), sur la face dorsale de la main, au niveau de la moitié du 3<sup>e</sup> métacarpien. Ce pli est un pli de contrôle, car il caractérise l'épaisseur de la peau sans la couche du tissu sous-cutané.
- Le pli de la cuisse (PC), sur la face antérieure de la cuisse droite, au-dessus du droit antérieur du quadriceps (d6).
- Le pli de la jambe (PJ), se trouvant sur la face postérieure du mollet droit, au niveau du muscle jumeau de la jambe (d7).
- Le pli supra-iliaque (PSIL), de la face antérieure de l'abdomen au niveau de l'épine iliaque, au niveau de la partie antéropostérieure. (d8).

#### 6.5. Masse du corps (ou poids).

À l'aide d'une balance médicale d'une précision de 50g/kg, nous avons effectué la prise de la masse corporelle.

## 7. Surface du corps

La grandeur de la surface du corps humain est prise en considération, lors de l'évaluation du développement physique. On estime que plus cet indice est grand plus le développement physique est meilleur. Pour notre travail de recherche, nous avons choisi la méthode de calcul de Du Bois et Du Bois (révisée par Shuter et Aslani 2000).

### 7.1. Surface absolue (Sa)

Nous avons estimé la surface du corps (SA) en utilisant l'équation de Du Bois et Du Bois (revue par Shuter et Aslani 2000 in Poujad et al., 2003).

$$SA = H^{0,655} \times BM^{0,441} \times 94,9$$

- H : la taille en centimètre.
- BM : le poids en kilogramme.
- Constante : 94,9.

### 7.2. Surface relative (Sr) S/P (m<sup>2</sup>/kg) :

Elle nous renseigne sur le degré de dépense énergétique en fonction de la surface et de masse corporelle réelle durant l'activité. Donc, plus petite est la surface, moindre est la perte énergétique.

$$Sr = \frac{Sa}{P} \text{ cm}^2/\text{kg} \times 1000$$

- Sa : surface absolue.
- P : poids du corps.

## 8. Méthode de calcul des indices de développement physique

### 8.1. Indice de Skèle (%) :

Cette méthode consiste à définir une dimension (la plus petite) en pourcentage par rapport à une autre dimension (la plus grande).

L'indice le plus connu est celui de Skèle (Is) d'après Manouvrier (1980) :

$$IS = \frac{T - Ta}{Ta} \times 100$$

- T : taille
- Ta : taille-longueur du membre inférieur.

Tableau n°9.

Échelle d'estimation de l'indice de Skèle

Hommes	Interprétation
Jusqu'à 84,9 %	Brachyskéle (membres inférieurs courts)
85,0 % à 89,9 %	Mesoskéle (membres inférieurs moyens)
90 % et plus	Macroskéle (membres inférieurs longs).

### 8.2. Indice de Quételet (g/cm) :

L'indice de Quételet (1835) caractérise le rapport entre le poids et la taille. Il est calculé de la manière suivante :

$$IQ = \frac{\text{poids (gr)}}{\text{taille (cm)}}$$

Tableau n°10.

Normes de l'indice de Quételet

Sexe	Normes
Hommes	350-400 gr/cm
Femmes	325-375 gr/cm
Jeunes garçons	325 gr/cm
Jeunes filles	300 gr/cm
Sportifs	400 gr/cm

### 8.3. Indice des épaules (%) :

Il caractérise le degré des cyphoses thoracique et nous renseigne sur l'attitude du sportif.

$$IE = \frac{DE}{AE} 100$$

- DE : diamètre des épaules (cm).
- AE : arc des épaules (cm).

Tableau n°11.

Caractéristiques de l'indice des épaules

Normes	Évaluation
80 % et moins	Cyphose thoracique
Entre 80 et 90 %	Attitude normale
Plus de 90 %	Attitude redressée

## 9. Calcul des masses du poids du corps

L'un des indices les plus importants du développement physique est la masse du corps avec ces trois composants (masse adipeuse, musculaire, osseuse) qui peuvent être différents avec le même poids corporel. On utilise la formule de Matiegka (1921) pour calculer ces trois composants.

### 9.1. Composant adipeux

Nous avons utilisé, pour le calcul de la masse adipeuse, la formule du chercheur tchèque Matiegka, afin de définir la quantité absolue du composant gras de nos sujets :

$$D = d \times s \times k.$$

- D = quantité de graisse générale et de la peau en kilogramme (kg).
- s = surface de la peau en mètre carré (m<sup>2</sup>).
- K = 1,3.
- D = demie-somme des sept plis cutanés.  $d = \frac{1}{2} \frac{(7\text{plis})}{7}$
- Pour les filles, on ne prend pas le pli pectoral (6 plis).
- Le pourcentage de la masse grasse relative est de la sorte :

$$\text{COMP.AD\%} = (\text{COM.AD}/\text{masse corporelle}).100$$

### 9.2. Composant musculaire

Nous avons calculé la quantité du composant musculaire dans le poids du corps par la formule suivante :

$$M = L \times r^2 \times k$$

- M = quantité absolue de tissus musculaires en kilogramme (kg).
- L = stature en centimètre (cm).

- K = 6,5.
- R = grandeur moyenne des rayons du bras, de l'avant-bras, de la cuisse et de la jambe aux endroits où le volume des muscles est le plus développé, sans compter la couche cutanée.

$$r^2 = \left| \frac{\text{circonference (b.ab.c.j)}}{2 \times 4} - \frac{4 \text{ plus (b.ab.c.j)}}{2 \times 4 \times 10} \right|^2$$

- Le pourcentage de la masse musculaire relative est de la sorte :

$$\text{COMP.MU\%} = (\text{COM.MM}/\text{masse corporelle}).100.$$

### 9.3. Composant osseux

Pour définir ce composant, on utilise la formule suivante :

$$O = L \times o^2 \times k.$$

- O = masse absolue du tissu osseux en kilogramme (kg).
- L = longueur du corps en centimètre (cm).
- K = 1,2.
- o<sup>2</sup> = Carré de la grandeur moyenne des parties distales du bras, de l'avant-bras, de la cuisse et de la jambe.

$$o^2 = \left| \frac{\text{diametres (b.ab.c.j)}}{4} \right|^2$$

- Le pourcentage de la masse osseuse relative est de la sorte :

$$\text{COMP.OS\%} = (\text{COM.OS}/\text{masse corporelle}).100$$

## 10. Méthode des tests physiques

L'importance des mouvements de bras est majeure en natation (Costill et al., 1985). Cependant, les membres inférieurs ne manquent pas d'intérêt ; ils maintiennent et stabilisent le corps sur l'eau dans trois styles de nage et contribuent à 70 % de la propulsion en brasse (Chollet, 1990). Ils constituent, pour cela, un sujet d'étude pour de nombreux auteurs. La plus récente est celle utilisant des méthodes mathématiques de la dynamique des fluides à 3D pour l'analyse de la propulsion du battement des jambes en papillon (Lyttle et Keys, 2006).

Dans ce sens, nous avons eu recours, dans cette étude, à deux types de tests physiques (dans l'eau et à sec), simples et faciles, ne nécessitant, en même temps, pas de matériel spécifique.

## **10.1 Test à sec**

Le Sargent 1921 est un test très utilisé chez les jeunes nageurs qui traduit une performance musculaire locale (Van Praagh, 2008 : 197) et qu'on retrouve dans la batterie des tests NAPFA de Singapour (Quck, 1993). Chez les joueurs de waterpolo, l'augmentation de la vitesse de nage dépendant de la hauteur de la masse soulevée, lors du test de la détente vertical (Falk et al., 2004) (Platanou et al., 2005). Ce test est à protocole accessible et ne nécessite pas d'équipement spécifique.

## **10.2. Test aquatique**

### **10.2.1. Coulée ventrale**

Plusieurs chercheurs ont eu recours à ce type de test tel que Cazorla et al. (1984), lors d'une étude sur la détermination du profil des jeunes nageurs français faite à l'INSEP. Le test est à protocole simple et accessible. Il ne perturbe nullement le programme des entraîneurs nationaux, chose qui a motivé notre choix pour ce type de test.

### **10.2.2. Vitesse sur 10 m NL**

La performance du 15 m (7.5 m + virage + 7.5 m) en natation est fortement corrélée avec la force explosive des membres inférieurs mesurés lors de la détente verticale (Keskinen et al., 2007), mais, afin de limiter la participation des métabolismes aérobie et anaérobie lactique, on mesure la vitesse de courses sur des distances inférieures à 50 m (Van Praagh, 2008), ce qui équivaut 10 m pour un jeune nageur.

Le test de vitesse sur 10 m est largement utilisé dans les piscines du fait de son accessibilité et de son importance pour cette tranche d'âge.

## **11. Performances des épreuves du 50 m et 400 m NL**

### **11.1. Performance sur 400 m NL**

La performance du 400 m crawl est corrélée avec la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2$  max) (Costill et al., 1985 ; Montpetit et al., 1983 ; Rodriguez et al., 2000). Des auteurs ont eu recours au test du 400m NL sur des populations de jeunes nageurs en utilisant le sac de Douglas pour le recueil des gaz (Poujade et al., 2002). Dans ces conditions, le  $VO_2$  max est considéré comme représentatif de la consommation maximale d'oxygène des sujets en situation de nage (Rodriguez et al., 2000).

Vu l'importance de cette épreuve, nous avons choisi de prendre les performances du 400 m de chacun de nos nageurs et nageuses en situation réelle, c'est-à-dire lors des compétitions (championnats d'Algérie).

### 11.2. Performance sur 50 m NL

Le haut niveau exige de débiter l'entraînement intensif avant la puberté (Rowley S. in : Erlandson et al., 2008), et chez les jeunes, les performances dépendent des paramètres anthropométriques, physiologiques et biomécaniques (Claessens et al., 1991; Damsgaard et al., 2001).

Le 50 m nage libre a fait l'objet d'études récentes chez les jeunes nageurs (Nasirzade et al., 2014), et représente l'épreuve reine des compétitions de natation en même temps une épreuve reconnue dans le calendrier des compétitions nationales et internationales chez les jeunes. Chose qui a motivé le choix de la performance du 50 m NL dans notre étude.

## 12. Méthode statistique

Afin de concrétiser nos résultats, on a utilisé la méthode statistique.

### 12.1. Moyenne arithmétique

C'est la plus précise pour la mesure de la tendance centrale. Elle est représentée par  $\bar{x}$  et est égale à la somme de tous les résultats divisée par le nombre de sujets.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- Somme des valeurs de l'échantillon ( $\sum x_i$ ).
- Nombre d'échantillons (n).

### 12.2. Écart type

L'écart type représenté par le signe *sigma* ( $\sigma$ ) est l'indice de dispersion le plus utilisé (en anglais *standard déviation*, ou S.D). Il est égal à la racine carrée de la moyenne arithmétique des écarts individuels élevés au carré.

$$\sigma = \frac{\pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n-1}$$

### 12.3. Coefficient de variation

Si, dans deux ou plusieurs groupes de sujets, une même mesure varie dans les mêmes proportions, ou si, dans un même groupe, deux mesures différentes ont la même variation relative, on calcule le coefficient de variation, qui exprime la valeur de l'écart type en pourcentage de la moyenne :

$$C_v = \frac{SD}{\bar{X}} 100$$

- $CV \leq 10 \%$  ; grande homogénéité.
- $CV$  compris entre  $10 \%$  et  $20 \%$  ; moyenne homogénéité.
- $CV \geq 20 \%$  ; faible homogénéité.

### 12.4. Coefficient de corrélation

Le coefficient de corrélation nous permet de savoir s'il y'a un lien entre les mesures données.

$$r = \frac{\sum x.y}{\sqrt{N. \sigma_1. \sigma_2}}$$

Les coefficients de corrélation ont été calculés à partir de la méthode de Pearson. Le seuil minimal de signification a été établi à  $p < 0,05$ , réalisé sur logiciel XLSTAT 2015 version française.

### 12.5. L'analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode statistique utilisée dans le but de :

- Éliminer les redondances entre caractères d'un même groupe.
- Sélectionner parmi une multitude de variables un nombre restreint et représentatif.
- Positionner sur un plan factoriel les individus selon deux axes (F1, F2). où l'un des axes présente la plus grande inertie.

Dans le cas de notre travail de recherche, l'analyse en composantes principales est dite normée (ACPN), car les variables présentent les mêmes unités de mesure, toutes des longueurs, des diamètres, des circonférences ou des plis cutanés.

Pour cette analyse statistique, nous avons eu recours au logiciel XLSTAT 2015 version française.

## 12.6. Méthode standard d'évaluation des profils anthropométriques

Cette méthode est destinée à évaluer le développement physique, selon les indices bien déterminés qui représentent les caractères sélectionnés à l'aide de l'ACP. Le développement physique d'un individu est évalué au moyen de la comparaison de ces données physiques par rapport à celles du groupe d'appartenance ou d'un groupe de référence. Pour évaluer, on soustrait de la valeur de l'indice, la valeur moyenne du groupe et on divise le tout par la grandeur de l'écart type ( $\sigma$ ) du groupe, pour pouvoir définir le développement physique selon l'échelle d'estimation du tableau n°11.

$$I = \frac{X1 - \bar{X}2}{\sigma}$$

- I : indice d'estimation.
- X1 : valeur d'un sujet ou moyenne du groupe à comparer.
- X2 : moyenne du groupe de référence.
- $\sigma$ : l'écart type du groupe de référence.

Tableau n°12.

Échelle d'estimation du développement physique des profils anthropométriques

Diapason de la variabilité des indices	Échelle du développement physique
de $M + 2\sigma$ à $M + 3\sigma$	Surélevée
de $M + 1\sigma$ à $M + 2\sigma$	Élevée
de $M + 1\sigma$ à $M - 1\sigma$	Moyenne
de $M - 1\sigma$ à $M - 2\sigma$	Basse
de $M - 2\sigma$ à $M - 3\sigma$	Très basse

## 13. Déroulement de l'expérience :

Les investigations anthropométriques ainsi que les tests physiques (à sec et dans l'eau) se sont déroulés les mois d'avril 2013 et 2014, respectivement aux piscines de Tipaza et de Bouira.

### 13.1. Tests anthropométriques

Pour les investigations anthropométriques, nous avons respecté les observations suivantes :

Les observations et les analyses se font à la même heure, de préférence le matin.

Les parties du corps soumises à la mensuration doivent être visibles, le sujet debout sur un support plat, pieds nus. La température à l'endroit du test ne doit pas être inférieure à 25°.

Il est nécessaire que le sujet garde une position droite au cours de l'expérience, bras le long du corps, talons joints (position anatomique).

L'examen ne doit pas durer longtemps.

Les résultats des observations doivent être mesurés sur un protocole.

Les mesures doivent se faire avec des instruments standardisés et vérifiés (cités dans le même chapitre : pp. 59-63).

## **13.2. Tests physiques**

### **13.2.1. Détente verticale (Sargent, 1921)**

But : force explosive des jambes.

Matériel : un tableau en contre-plaqué collé à un mur, gradué en centimètres (cm) et situé à partir d'une hauteur de 1,5 mètre (m) du sol.

Caractéristiques : l'épreuve consiste à exécuter un saut vertical le plus haut possible.

Protocole : le sujet est placé latéralement au tableau, le bras du côté du mur levé au maximum, talons au sol. On note la hauteur (H1) atteinte par l'extrémité des doigts du nageur. Sans élan, jambes fléchies, le sujet saute verticalement le plus haut possible et on doit marquer le point touché par le sujet ; c'est la deuxième hauteur (H2).

Évaluation : la différence entre H2 et H1 constitue le résultat du test en centimètres (cm).

Essais : 3 essais, le meilleur est pris en considération.

### **13.2.2. Coulée ventrale :**

Caractéristiques : l'épreuve consiste à faire une coulée ventrale après une pousse maximale avec les deux jambes contre le bord du bassin (piscine).

Protocole: le nageur pousse avec les deux jambes contre le mur et se laisse glisser sur la surface de l'eau jusqu'à ce qu'il s'arrête. Les bras du sujet sont en avant et son visage immergé.

Évaluation : la distance prise en considération est celle entre le bord du bassin (surface d'appui) et la limite des talons

Essai : le nageur doit faire trois essais pour ne prendre que le meilleur.

### **13.2.3. Vitesse sur 10 mètres :**

Réaliser un 10 m nagé en crawl à vitesse maximale sans appui des pieds au bord de la piscine c'est-à-dire, le départ est donné à quelques mètres du bord de la piscine.

Caractéristiques : l'épreuve consiste à nager le plus vite possible 10 mètres en nage libre.

Protocole : on place deux repères hors du bassin, de telle sorte que le nageur ne puisse bénéficier de l'appui au mur.

Évaluation : le testeur démarre le chronomètre au premier repère ; le temps est pris dès que les épaules franchissent le deuxième repère.

### **13.2.4. Chronométrage des performances du 50 m et du 400 m NL**

Les performances ont été relevées lors des championnats d'Algérie de l'été 2013 et celui de 2014.

Toutes les performances ont été prises avec précision à l'aide du chronométrage électronique de la Fédération algérienne de natation (FAN).

# Chapitre III

## Analyse des résultats

—

### 1. Analyse descriptive

L'analyse descriptive porte sur les investigations anthropométriques et les tests physiques de notre échantillon général, d'âge moyen ( $13,14 \pm 0,80$  ans), au nombre de 61 (28 filles  $13,25 \pm 0,80$  ans et 31 garçons  $13,03 \pm 0,80$  ans), d'une ancienneté sportive de  $7,13 \pm 1,20$  ans ( $7,86 \pm 0,80$  ans pour les filles et de  $7,48 \pm 0,77$  ans pour le groupe des garçons).

Les paramètres totaux sont représentés par l'âge, la taille, le poids, l'ancienneté sportive, les points anthropométriques, les diamètres transversaux et sagittaux, les périmètres corporels, les mesures longitudinales, les plis cutanés, les proportions des longueurs et diamètres corporels, les indices de développement physique et les indices de la composition corporelle.

Pour les tests physiques, nous avons eu recours à un test hors de l'eau, à savoir, Sargent (1921), et deux tests aquatiques, représentés par un 10 mètres nagé en crawl à vitesse maximale sans appuis des pieds au mur et celui de la coulée ventrale (Cazorla et al., 1984).

Ont été chronométrées également les performances des épreuves du 50 et 400 mètres nage libre lors des championnats nationaux d'Algérie.

Nous avons utilisé le coefficient de variation ( $CV \% = [E.T / Moy] \times 100$ ) pour une lecture descriptive des résultats et pour comparer le degré de variation d'un échantillon à un autre. Le CV % est une mesure relative de la dispersion des données autour de la moyenne. D'après Zatsiorsky (1978), un  $(CV) < 10 \%$  représente un degré d'homogénéité élevé, entre 10 et 20 % moyen et  $> 20 \%$  un degré d'homogénéité faible.

#### 1.1. Analyse descriptive des paramètres totaux

##### 1.1.1. Paramètres totaux de l'échantillon des nageuses

Tableau n°13.  
Paramètres totaux du groupe général des filles.

Indice	MIN	MAX	MOY	SD	CV %
Age (ans)	12	14	13,25	0,80	6,03

<b>Poids (kg)</b>	37	68	49,29	6,91	14,01
<b>Taille (cm)</b>	144,50	174,50	157,59	6,74	4,27
<b>Ancienneté (ans)</b>	6,00	9,00	7,86	0,80	10,23

Les nageuses présentent des valeurs moyennes d'âge et de stature respectives de  $13,25 \pm 0,80$  ans et  $157,59 \pm 6,74$  cm et des coefficients de variations de 6,03 % et 4,27 %, qui représentent une homogénéité élevée. Par contre, les valeurs moyennes respectives du poids et de l'ancienneté sportive ( $49,29 \pm 6,91$ kg ;  $7,86 \pm 0,80$  ans), présentent une homogénéité moyenne selon leurs coefficients de variations respectives de 14,01 % et 10,23 %.

### 1.1.2. Paramètres totaux de l'échantillon des nageurs

Tableau n°14.

Paramètres totaux du groupe général des garçons.

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>Age (ans)</b>	12	14	13,03	0,80	6,10
<b>Poids (kg)</b>	35	63	47,97	7,44	15,50
<b>Taille (cm)</b>	145	176,50	160,37	8,33	5,20
<b>Ancienneté (ans)</b>	6	10,00	7,48	0,77	10,28

Le groupe général des garçons présente des valeurs moyennes pour l'âge et la stature de  $13,03 \pm 0,80$ ans et  $160,37 \pm 8,33$ cm, ainsi que des coefficients de variations de 6,10 % et 5,20 % respectivement, représentant une homogénéité élevée entre les membres de ce groupe. Par contre, le poids et l'ancienneté sportive affichent respectivement des valeurs moyennes de  $47,97 \pm 7,44$ kg et  $7,48 \pm 0,77$ ans et des CV : 15,50 % et CV : 10,28 % représentant un degré d'homogénéité moyen.

## 1.2. Analyse descriptive des paramètres anthropométriques du groupe général des filles

### 1.2.1. Analyse descriptive des résultats des points anthropométriques (cm)

Tableau n°15.

Points anthropométriques du groupe général des filles

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>VTX</b>	144,50	174,50	157,59	6,74	4,27
<b>P.S.T.R.N</b>	117,60	140,20	128,01	5,55	4,33
<b>P.A.C.R</b>	120,70	143,20	129,85	5,77	4,45
<b>P.R.D.L</b>	85,50	110,30	98,53	5,45	5,53
<b>P.S.T.L</b>	69,50	85,40	76,76	3,64	4,74
<b>DAC3</b>	51,60	67,50	58,93	3,56	6,04
<b>EIAS</b>	84,00	104,70	93,85	5,04	5,37
<b>P.S.P.H.S</b>	77,00	97,00	84,05	4,80	5,71
<b>P.T.B</b>	40,30	51,60	45,06	2,80	6,22
<b>P.S.P.H.R</b>	6,60	9,40	7,69	0,78	10,13

Sur les dix valeurs moyennes des points anthropométriques du groupe des nageuses, neuf présentent des degrés d'homogénéité élevés, alors que le point sphyrion traduit un degré d'homogénéité moyen.

### 1.2.2. Analyse descriptive des résultats des longueurs du corps (cm)

Tableau n°16.

Longueurs du corps du groupe général des filles

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>STA</b>	144,50	174,50	157,59	6,74	4,27
<b>T.A</b>	62,50	75,10	68,64	3,52	5,12
<b>L.T</b>	35,30	44,05	39,06	2,66	6,82
<b>L.M.S</b>	62,80	78,20	70,93	3,83	5,40
<b>L.B</b>	26,50	40,10	31,32	2,71	8,65
<b>L.AB</b>	11,30	27,40	21,76	2,96	13,62
<b>L.M</b>	13,00	21,50	17,84	1,67	9,39
<b>L.M.I</b>	82,00	100,50	88,95	4,63	5,20

<b>L.C</b>	38,50	50,90	43,90	2,87	6,54
<b>L.J</b>	32,80	43,00	37,37	2,62	7,00
<b>L.P</b>	21,50	26,50	23,75	1,04	4,37

Mis à part la valeur moyenne de la longueur de l'avant-bras ( $21,76 \pm 2,96$  cm), qui présente un coefficient de variations de 13,62 % représentant un degré d'homogénéité moyen, le reste des longueurs du corps présente une homogénéité élevée.

### 1.2.3. Analyse descriptive des résultats des diamètres du corps (cm)

Tableau n°17.

Diamètres du corps du groupe général des filles

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>D.T</b>	11,50	14,70	13,52	0,82	6,04
<b>D.B.A</b>	28,00	38,00	32,32	2,93	9,07
<b>D.T.TH</b>	20,50	29,10	23,96	2,16	9,03
<b>D.A.P.TH</b>	16,00	36,00	18,40	3,58	19,48
<b>D.D.B</b>	4,30	6,70	5,64	0,52	9,21
<b>D.D.AB</b>	4,00	5,10	4,61	0,30	6,61
<b>D.M</b>	6,20	7,80	7,03	0,35	4,96
<b>D.B.C</b>	20,00	28,00	24,36	1,74	7,14
<b>D.B.T.C</b>	22,00	33,50	27,90	2,19	7,86
<b>D.C</b>	8,40	10,80	9,20	0,57	6,19
<b>D.J</b>	5,50	8,40	6,32	0,57	8,94
<b>D.P</b>	3,00	9,50	8,37	1,19	14,20
<b>A.E</b>	55,00	72,00	65,14	4,06	6,24

La lecture descriptive du tableau des diamètres du corps du groupe des nageuses nous permet de constater que les diamètres antéropostérieurs du thorax et celui du pied présentent une homogénéité moyenne. Par contre, les onze diamètres qui restent présentent des homogénéités élevées.

#### 1.2.4. Analyse descriptive des résultats des circonférences du corps (cm)

Tableau n°18.

Circonférences du corps du groupe général des filles

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>C.T</b>	50,50	57,20	53,48	1,76	3,28
<b>C.CO</b>	27,90	34,00	30,36	1,45	4,78
<b>C.TH.R</b>	73,00	89,00	80,27	4,10	5,11
<b>C.TH.I</b>	21,10	96,00	83,46	12,90	15,46
<b>C.TH.E</b>	70,00	86,80	78,33	4,23	5,40
<b>C.B.C</b>	22,80	31,00	25,74	2,11	8,20
<b>C.B.D</b>	19,50	27,80	22,96	2,15	9,38
<b>C.AB</b>	19,50	49,00	22,91	5,31	23,19
<b>C.M</b>	15,50	77,60	19,61	11,40	58,16
<b>C.A</b>	61,50	79,00	67,88	4,85	7,14
<b>C.B</b>	73,50	99,00	83,13	6,26	7,53
<b>C.C</b>	43,50	62,50	50,63	4,80	9,48
<b>C.J</b>	26,20	39,10	30,98	2,82	9,10
<b>C.P</b>	20,50	24,90	22,14	0,94	4,26

Les circonférences de la tête, du cou, du thorax au repos, du thorax en expiration maximale, du bras contracté, du bras décontracté, de l'abdomen, du bassin, de la cuisse, de la jambe et du pied affichent des coefficients de variations < 10 % traduisant des degrés d'homogénéité élevés. La circonférence du thorax en inspiration présente un degré d'homogénéité moyen, et celles de l'avant-bras et de la main des degrés d'homogénéité faibles entre les membres du groupe.

### 1.2.5. Analyse descriptive des résultats des plis cutanés (mm)

Tableau n°19.  
Plis cutanés du groupe général des filles

Indice	MIN	MAX	MOY	SD	CV %
<b>P.S.S.C.A.P</b>	4,20	19,20	9,69	4,62	47,64
<b>P.B</b>	3,00	12,20	6,21	2,19	35,28
<b>P.T.R.I.C</b>	4,00	23,00	11,22	4,64	41,38
<b>P.AB</b>	2,00	12,00	5,66	2,78	49,05
<b>P.M</b>	2,00	4,00	2,76	0,51	18,66
<b>P.V</b>	2,50	24,00	12,24	6,28	51,31
<b>P.S.I.L</b>	4,00	25,50	12,36	5,55	44,86
<b>P.C</b>	10,00	33,00	20,39	6,49	31,83
<b>P.J</b>	12,00	29,00	18,63	4,55	24,46

Les plis cutanés affichent une faible homogénéité.

### 1.2.6. Analyse descriptive de la surface du corps (m<sup>2</sup>)

Tableau n°20.  
Surface du corps du groupe général des filles

Indice	MIN	MAX	MOY	SD	CV %
SA	1,25	1,74	1,45	0,12	8,20
SR	25,57	33,84	29,73	1,85	6,21

La surface du corps présente une homogénéité élevée (CV : 8,20 % et 6,21 %).

### 1.2.7. Analyse descriptive des indices du développement physique

Tableau n°21.

Indices du développement physique du groupe général des filles

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>IS</b>	116,20	145,24	129,81	7,53	5,80
<b>IQ</b>	243,74	408,65	312,16	36,43	11,67
<b>IE</b>	40,14	56,36	49,71	4,36	8,77

L'indice de Skèle et l'indice des épaules représentent des degrés élevés d'homogénéité. Par contre, il est moyen pour l'indice de Quételet.

### 1.2.8. Analyse descriptive des composants du poids du corps

Tableau n°22.

Composants du poids du corps du groupe général des filles

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>COMP.AD</b>	6,34	18,61	11,94	3,79	31,76
<b>COMP.MU</b>	20,32	37,14	27,04	4,63	17,14
<b>COMP.OS</b>	6,16	10,48	7,89	1,02	12,98
<b>COMP.AD %</b>	14,08	43,27	24,04	6,41	26,66
<b>COMP.MU %</b>	47,97	82,19	54,91	6,34	11,55
<b>COMP.OS %</b>	12,54	20,01	16,15	2,06	12,79

Les composants musculaires et osseux, en valeurs absolues et relatives, affichent des homogénéités moyennes, mais pour le composant adipeux en valeur absolue et relative, l'homogénéité est faible.

### 1.3. Paramètres anthropométriques du groupe général des garçons

#### 1.3.1. Analyse descriptive des résultats des points anthropométriques (cm)

Tableau n°23.

Points anthropométriques descriptifs du groupe général des garçons

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>VTX</b>	145,00	176,50	160,37	8,33	5,20
<b>P.S.T.R.N</b>	117,00	144,00	130,10	7,25	5,57
<b>P.A.C.R</b>	118,00	146,50	131,99	7,39	5,60
<b>P.R.D.L</b>	91,50	115,50	101,77	6,25	6,14
<b>P.S.T.L</b>	68,50	87,50	77,81	4,72	6,07
<b>DAC3</b>	53,40	68,80	59,55	4,19	7,04
<b>EIAS</b>	82,00	109,00	96,54	5,87	6,08
<b>P.S.P.H.S</b>	74,00	96,20	83,93	5,16	6,15
<b>P.T.B</b>	39,50	52,30	45,82	2,67	5,82
<b>P.S.P.H.R</b>	7,00	9,50	8,19	0,74	9,10

Les coefficients de variations des différents points anthropométriques du groupe des garçons, à savoir, vertex (5,20 %), suprasternal (5,57 %), acromial (5,60 %), radial (6,14 %), stylien (6,07 %), dactalion3 (7,04 %), épine iliaque antéro-postérieure (6,08 %), symphysien (6,15 %), tibial (5,82 %) et sphyron (9,10 %) représentent des degrés élevés d'homogénéité entre les membres du groupe.

#### 1.3.2. Analyse descriptive des résultats des longueurs du corps (cm)

Tableau n°24.

Longueurs du corps du groupe général des garçons

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>STA</b>	145,00	176,50	160,37	8,33	5,20
<b>T.A</b>	63,35	79,30	70,14	4,14	5,90
<b>L.T</b>	32,75	47,50	39,87	3,24	8,14
<b>L.M.S</b>	60,30	83,70	72,44	4,69	6,48
<b>L.B</b>	25,00	37,00	30,22	2,45	8,12
<b>L.AB</b>	20,60	28,00	23,96	2,01	8,39
<b>L.M</b>	14,30	20,50	18,25	1,60	8,79

<b>L.M.I</b>	78,00	100,35	90,23	5,33	5,91
<b>L.C</b>	36,25	52,85	44,41	3,52	7,92
<b>L.J</b>	32,50	42,90	37,63	2,46	6,55
<b>L.P</b>	22,50	29,00	24,86	1,46	5,87

Les valeurs moyennes des longueurs du corps du groupe présentent des coefficients de variations de 5,90 %, 8,18 %, 6,48 %, 8,12 %, 8,39 %, 8,79 %, 5,91 %, 7,92 %, 6,55 % et 5,87 % pour les longueurs, de la taille assis, du tronc, du membre supérieur, du bras, de l'avant-bras, de la main, du membre supérieur, de la cuisse, de la jambe et du pied respectivement, représentant une homogénéité élevée entre les membres du groupe.

### 1.3.3. Analyse descriptive des résultats des diamètres du corps (cm)

Tableau n°25.

Diamètres du corps du groupe général des garçons

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>D.T</b>	11,00	14,40	13,23	0,88	6,67
<b>D.B.A</b>	20,00	47,90	32,24	4,88	15,13
<b>D.T.TH</b>	21,00	30,40	24,90	2,17	8,72
<b>D.A.P.TH</b>	15,50	27,60	18,75	3,18	16,95
<b>D.D.B</b>	5,40	8,50	6,26	0,58	9,25
<b>D.D.AB</b>	4,20	6,10	5,02	0,40	7,93
<b>D.M</b>	4,50	8,70	7,49	0,84	11,18
<b>D.B.C</b>	19,00	29,00	23,87	2,02	8,44
<b>D.B.T.C</b>	22,40	31,00	27,10	2,25	8,31
<b>D.D.C</b>	8,30	10,90	9,63	0,56	5,82
<b>D.J</b>	5,50	7,40	6,62	0,44	6,64
<b>D.P</b>	8,00	10,00	9,05	0,49	5,39
<b>A.E</b>	41,00	55,00	46,01	3,63	7,90

À l'exception des diamètres, biacromial, transversal du thorax et de la main dont les coefficients de variations respectives de 15,13 %, 16,9 5% et 11,18 %, qui traduisent un degré d'homogénéité moyen, les coefficients de variations des diamètres, de la tête, transversal du thorax, distal du bras, distal de l'avant-bras, bicrétal, bitrochantérien, distale de la cuisse, distal de la jambe et celui du pied, représentent un degré d'homogénéité élevé.

#### 1.3.4. Analyse descriptive des résultats des circonférences du corps (cm)

Tableau n°26.

Circonférences du corps du groupe général des garçons

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>C.T</b>	52,00	57,80	54,58	1,30	2,37
<b>C.CO</b>	28,50	35,00	31,35	1,91	6,10
<b>C.TH.R</b>	68,80	94,00	78,70	5,62	7,14
<b>C.TH.I</b>	75,00	98,00	83,65	5,14	6,15
<b>C.TH.E</b>	68,00	87,80	76,98	4,57	5,94
<b>C.B.C</b>	22,00	29,00	25,69	2,06	8,01
<b>C.B.D</b>	19,00	27,00	22,71	1,84	8,09
<b>C.AB</b>	16,50	32,00	22,34	2,50	11,20
<b>C.M</b>	16,50	21,00	18,62	1,16	6,25
<b>C.A</b>	60,50	79,80	67,61	4,79	7,09
<b>C.BAS</b>	23,50	92,00	77,12	11,65	15,11
<b>C.C</b>	38,50	55,00	46,88	4,40	9,39
<b>C.J</b>	27,50	34,00	30,69	1,88	6,12
<b>C.P</b>	20,50	28,00	23,10	1,69	7,32

Sur les quatorze valeurs moyennes des circonférences du corps, nous avons noté un degré d'homogénéité moyen pour l'avant-bras et la cuisse, représenté par des coefficients de variations respectives de, 11,20 % et 15,11 %. Par contre, nous avons relevé un degré

d'homogénéité élevé pour les circonférences, de la tête, du coup, du thorax au repos, du thorax inspiration maximale, du thorax expiration maximale, du bras contracté, du bras décontracté, de la main, de l'abdomen, de la cuisse, de la jambe et du pied, représenté par les coefficients de variations suivants : 2,37 %, 6,10 %, 7,14 %, 6,15 %, 5,94 %, 8,01 %, 8,09 %, 6,25 %, 7,09 %, 9,39 %, 6,12 et 7,32 %.

### 1.3.5. Analyse descriptive des résultats des plis cutanés (mm)

Tableau n°27.

Plis cutanés du groupe général des garçons

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>P.S.S.C.A.P</b>	4,00	12,00	6,10	1,66	27,16
<b>P.P</b>	3,00	24,00	5,84	4,11	70,39
<b>P.B</b>	2,00	15,20	4,43	2,91	65,76
<b>P.T</b>	4,50	18,20	7,93	3,40	42,86
<b>P.AB</b>	2,00	11,40	4,42	2,05	46,44
<b>P.M</b>	2,00	4,00	2,68	0,68	25,51
<b>P.V</b>	4,00	24,80	8,47	5,01	59,18
<b>P.S.I.L</b>	4,00	27,20	9,39	6,49	69,04
<b>P.C</b>	10,00	31,00	15,57	5,46	35,05
<b>P.J</b>	7,00	24,00	11,97	3,98	33,27

Les valeurs moyennes des plis cutanés du groupe des garçons présentent toutes des coefficients de variations > 20 %, traduisant ainsi un degré d'homogénéité faible entre les membres du groupe.

### 1.3.6. Analyse descriptive des résultats de la surface du corps (m<sup>2</sup>)

Tableau n°28.

Surface du corps du groupe général des garçons

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>SA</b>	1,19	1,70	1,45	0,14	9,83
<b>SR</b>	27,06	34,65	30,57	1,96	6,41

Les valeurs moyennes de la surface du corps représentent par leurs coefficients de variations < 10 % un degré d'homogénéité élevé.

### 1.3.7. Analyse descriptive des résultats des indices du développement physique

Tableau n°29.

Indices du développement physique du groupe général des garçons

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>IS</b>	115,42	143,12	128,84	7,33	5,69
<b>IQ</b>	233,18	370,59	297,99	35,27	11,84
<b>IE</b>	48,19	99,79	70,29	10,64	15,13

L'indice de Skèle présente une homogénéité élevée. Par contre, l'indice de Skèle, l'indice de Quételet et l'indice des épaules affichent des degrés d'homogénéité moyens compris entre 10 % et 20 %.

### 1.3.8. Analyse descriptive des résultats des composants du poids du corps

Tableau n°30.

Composants du poids du corps du groupe général des garçons

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>COMP.AD</b>	4,45	19,48	7,95	3,42	43,04
<b>COMP.MU</b>	16,81	33,15	25,78	4,41	17,11
<b>COMP.OS</b>	6,88	11,32	9,16	1,25	13,63
<b>COMP.AD%</b>	11,03	35,41	16,42	5,93	36,10
<b>COMP.MU%</b>	46,52	66,42	53,73	3,86	7,19
<b>COMP.OS%</b>	15,78	22,51	19,23	1,73	8,99

Le composant adipeux en kilogramme (kg) et relatif (%) présente une faible homogénéité. Elle est moyenne pour les composants musculaires et osseux en kilogramme, et élevée pour les composants musculaire et osseux relatifs.

## 1.4. Tests physiques et performance

### 1.4.1. Groupe des filles

#### 1.4.1.1. Tests physiques

Tableau n°31.

Tests physiques du groupe général des filles

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>DET.VRT</b>	24,00	50,80	40,79	8,25	20,23
<b>COUL.VTR</b>	570	795,00	703,7	54,42	7,73
<b>10 m NL</b>	0,05	0,08	0,07	0,01	7,80

Le degré d'homogénéité du test du 10 m nage libre (NL) est élevé et faible pour le test de la détente verticale et de la coulée ventrale.

#### 1.4.1.2. Performance du 50 m et du 400 m NL

Tableau n°32.  
Performance des 50 m et 400 m NL du groupe général des filles

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>50 m NL</b>	0,29	0,38	0,32	0,02	7,70
<b>400 m NL</b>	4,37	6,00	5,15	0,33	6,40

Le degré d'homogénéité est élevé pour les valeurs des performances du 50 m et 400 m nage libre.

#### 1.4.2. Groupe des garçons

##### 1.4.2.1. Tests physiques

Tableau n°33.  
Tests physiques du groupe général des garçons

<b>Indice</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>MOY</b>	<b>SD</b>	<b>CV %</b>
<b>DET.VRT</b>	17,00	58,50	42,71	9,65	22,59
<b>COUL.VTR</b>	520,00	883,00	761,16	84,14	11,05
<b>10 m NL</b>	0,58	0,71	0,64	0,05	7,15

Les coefficients de variations respectives de la détente verticale, la coulée ventrale et le test de 10 mètres, témoignent de degrés d'homogénéité faibles, moyens et élevés.

### 1.4.2.2. Performances sur 50 m et 400 m NL

Tableau n°34.

Performances sur 50 m et 400 m NL du groupe général des garçons

Indice	MIN	MAX	MOY	SD	CV %
50 m NL	0,27	2,30	0,37	0,36	96,73
400 m NL	4,24	5,65	4,99	0,43	8,61

L'homogénéité est faible pour la performance du 50 m nage libre. Par contre, elle est élevée pour celle du 400 m.

## 1.5. Discussions de l'analyse anthropométrique

### 1.5.1. Groupe général des filles

**Les paramètres totaux**, le poids et la taille, sont des mesures qui influent directement sur le coût énergétique de la nage (Chatard et al, 1985; Costillet al, 1985; Montpetit et al, 1983; Pendergast et al, 1977).

La taille moyenne du groupe des filles ( $157,59 \pm 6,74$  cm) présente un coefficient de variation qui témoigne d'un degré d'homogénéité élevé. Cette homogénéité est probablement due à une croissance uniforme et régulière à cet âge pubertaire, où les dimensions corporelles suivent le même modèle que celui de la stature et le poids, et même les différences entre les garçons et les filles sont assez faibles (Van Praagh, 2008). Par exemple, en comparant la valeur moyenne de la stature de notre échantillon à celles de nageuses estoniennes du même âge d'une stature =  $167.6 \pm 5.5$  cm ayant participé à l'étude sur l'influence du coût énergétique, paramètres anthropométriques et la technique sur la performance des jeunes nageuses prépubères et pubères (Latt et al., 2008 : 206), nous avons remarqué que la stature moyenne de notre échantillon est inférieure à celle de l'échantillon en question, chose qui peut être due aux différences interindividuelles entre les deux populations (géographique, alimentaire et autres).

**Le poids moyen** de notre groupe ( $49,29 \pm 6,91$  kg) diffère, également, de celui du même groupe des Estoniennes ( $58,9 \pm 4,0$  kg). Généralement, ce paramètre est significativement influencé par l'activité physique (Gruodyte et al., 2008 : 206), et nos nageuses accumulent

une expérience pratique de  $7,86 \pm 0,8$  ans comparée à celles de leurs homologues estoniennes  $3.5 \pm 1.6$  ans, ce qui est considéré comme énorme comparée aux normes (3-4 ans) établies par Boulgakova (1990).

L'analyse descriptive des caractères morphologiques longitudinaux représentés par **les points anthropométriques** dévoile un degré d'homogénéité élevé entre le groupe général des filles. C'est très logique étant donné que c'est une période d'âge caractérisée par une accélération marquée de croissance (Van Praagh, 2008).

Concernant **les longueurs du corps**, nous avons noté des coefficients de variation représentant des degrés d'homogénéité élevés pour pratiquement toutes les longueurs, à l'exception de celle de l'avant-bras avec un degré d'homogénéité moyen. Il y a, ici, un effet taille, puisque la puberté est caractérisée par un accroissement de 20-25 cm en taille pour les deux sexes (Adamsbaum et al., 2002). Donc, le groupe évolue dans une dynamique de croissance conforme à cet âge, ce qui explique probablement cette homogénéité entre les membres du groupe.

**Les diamètres osseux** servent avec d'autres mesures à déterminer l'âge squelettique (Jürimäe et al., 1998). Elles sont considérées comme facteurs prédictifs de la composition corporelle et les plus utilisés dans les études longitudinales sont biacromiale, bi-iliaque, de la cuisse et celle du bras (Nancy et al., 2006).

En natation, les diamètres osseux les plus étroits déterminent le niveau de flottabilité (Hawes et Sovak, 1993).

La plupart des valeurs moyennes des diamètres transversaux et distaux mesurées chez nos nageuses présentent des degrés d'homogénéité élevés, sauf pour les valeurs du diamètre antéro-postérieur du thorax et celui du pied qui affichent des degrés d'homogénéité moyens.

Rappelons que les mesures **des circonférences** revêtent une grande importance pour le développement relatif du tissu musculaire (Jürimäe et al., 1998) et aussi que la circonférence inclut le tissu musculaire, le tissu osseux, le tissu graisseux sous-cutané et la peau, et que l'évolution du tissu musculaire est comparable à celle de la taille et du poids (Van Praagh, 2008). Dans le cas de notre échantillon, ce paramètre suit la même dynamique que celle des diamètres avec un CV lui témoignant un degré d'homogénéité élevé, ce qui veut dire que le composant musculaire de ce groupe progresse d'une manière semblable.

Par contre, la circonférence de l'avant-bras connaît une dispersion différente des autres périmètres par son faible degré d'homogénéité. L'avant-bras avec la main représente un segment très sollicité en natation (Marinho et al., 2009) et les changements de taille du muscle reflètent le niveau d'entraînabilité des sportifs (Eston et Reilly, 2009) et nous sommes, là, en présence d'une adaptation à l'entraînement tout à fait normale.

À la naissance, la masse grasse représente 10 % à 12 % du poids total. Elle augmente au cours des premières années, puis change peu jusqu'à environ 5-6 ans pour, ensuite, augmenter au moment de la puberté (Wilmore et al., 2006). L'analyse des mesures des **plis cutanés** révèle une grande dispersion qui relève d'une croissance tout à fait conforme à cette phase pubertaire.

**La surface totale du corps** joue un grand rôle dans la quantité d'énergie que doit fournir un nageur pour vaincre la résistance de l'eau (de Groot et Van Ingen Schenau, 1987). Elle est liée au poids et à la taille, et plus les valeurs de ces indices sont grandes, plus la surface corporelle est grande plus le développement physique est meilleur. Par contre, plus la surface relative est petite, moins il y a de dépense énergétique.

En comparant la valeur moyenne de la surface absolue ( $SA = 1,45 \pm 0,12$ ) de notre groupe de nageuses d'âge moyen de  $13,03 \pm 0,80$ , à celle d'un échantillon du même âge et sexe (âge =  $13,1 \pm 1$  ;  $SA = 1,46 \pm 0,08$ ), ayant fait l'objet d'étude sur l'analyse de la vitesse de nage, la composition corporelle et la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2 \text{ max}$ ) (Du Bois et Montpetit, 1987), nous avons remarqué une similitude dans les valeurs moyennes.

La prise de poids chez les filles à la puberté (Van Praagh, 2008) explique probablement la grande homogénéité enregistrée entre les membres du groupe.

**Les indices de développement physique**, tels que l'indice des épaules et l'indice de Skèle, présentent des degrés élevés d'homogénéité, et l'indice de Quételet un degré d'homogénéité moyen.

L'indice de Skèle consiste à définir une dimension la plus petite en pourcentage par rapport à une autre dimension la plus grande, c'est-à-dire qu'il détermine la proportion de la longueur du membre inférieur par rapport au tronc. Il caractérise l'une des particularités du développement physique du sportif.

D'après la valeur moyenne de leur indice de Skèle, les filles de notre échantillon possèdent des membres inférieurs longs, ce qui veut dire qu'elles sont classées Macroskèle selon Manouvrier (1980).

Plus l'indice de Quételet est grand, meilleur est le développement physique. Il caractérise le rapport entre le poids et la taille. Or, la valeur moyenne de cet indice chez notre échantillon dépasse les normes pour les jeunes filles établies par Quételet (1835), ce qui veut dire que nos nageurs se caractérisent par un très bon niveau de développement physique.

L'indice des épaules nous renseigne sur l'attitude du sportif, et selon l'échelle d'évaluation de cet indice, nos nageuses présentent des cyphoses thoraciques, ce qui peut être dû au fait qu'à cet âge, la musculature et, surtout, celle du dos, n'est pas encore bien développée. D'après Van Praagh (2008) ce n'est qu'au moment de la puberté que commence le développement de ce composant.

Avec la puberté, **le composant musculaire** affiche des différences liées au sexe, sinon il suit une évolution comparable à celle du poids et de la taille (Van Praagh, 2008). Nos nageuses présentent des valeurs qui témoignent d'un degré d'homogénéité moyen, dû probablement à la différence entre les groupes d'âges 12, 13 et 14 ans.

Plus est le pourcentage de graisse meilleure est la flottabilité (Cazorla et al., 1984), avec une valeur moyenne de  $24,04 \pm 6,41$ , nos nageuses jouissent d'une bonne flottabilité.

Le poids de l'os dépend du contenu minéral osseux et de la densité minérale osseuse. Ces derniers voient leur augmentation avec l'adolescence (Van Praagh, 2008) et, en même temps, sont affectés par une activité physique sur une période de 6 ans durant la croissance (Bailey et al., 1999). Or, notre échantillon de filles affiche  $7,86 \pm 0,80$  années de pratique de natation. Ceci dit que le degré d'homogénéité moyen affiché pour cet indice explique en partie les pics de croissance enregistrés chez nos nageuses.

### **1.5.2. Groupe général des garçons**

En natation, les **paramètres totaux**, la taille et le poids, sont des paramètres très déterminants dans la performance (Cazorla, Montpetit, Fouillot et Cervetti, 1985 ; Chatard, Padilla, Cazorla et Lacour, 1987 ; Pelayo, 1989). Avec des valeurs moyennes de  $160,37 \pm 8,33$  pour la taille et de  $47,97 \pm 7,44$  pour le poids, notre échantillon possède les mêmes caractéristiques que celles d'un échantillon de 2737 élèves français avec des valeurs moyennes de  $160,07 \pm 4,04$  pour la taille, et  $51,57 \pm 6,60$  pour le poids, ayant participé à l'étude de Pelayo et al. (1994) sur l'évolution du niveau de pratique en natation dans le second degré scolaire français.

Nous avons, également, constaté une similitude dans les valeurs moyennes de la taille et de la masse du corps, entre nos nageurs de 12 ans ( $T = 155,36 \pm 9,22$  cm,  $M = 43,22 \pm 6,67$  kg) et celles de 780 jeunes nageurs ayant participé à l'étude sur la détermination du profil physiologique des nageurs belges (Sturbois et al., 1991) du même âge dont la taille du meilleur nageur était de 155 cm et le poids avoisinait les 43 kg.

Par contre, entre la taille des garçons de notre échantillon et celle des nageurs iraniens ( $171 \pm 6$  cm) qui ont participé à une étude d'évaluation de l'influence de différents paramètres sur les performances du 50 m nage libre, ces derniers possédaient des dimensions plus importantes (Nasirzade et al., 2013).

La tranche de 12, 13 et 14 ans de nos nageurs garçons coïncide, selon Boulgakova (1990), avec l'étape de la spécialisation approfondie. Comme pour le cas des filles de notre échantillon, nos nageurs ont une expérience sportive de  $7,48 \pm 0,77$  ans, comparés à des nageurs iraniens du même âge qui nagent depuis de 4 à 6 ans (Nasirzade et al., 2014), et à des nageurs français ayant 4 à 5 années d'expérience de nage (Poujade et al., 2003).

L'analyse descriptive des caractères morphologiques longitudinaux représentés par les **points anthropométriques** et les longueurs du corps dévoile une homogénéité élevée entre les tranches d'âges de l'échantillon des garçons. Nous pouvons dire que c'est un groupe qui évolue selon une dynamique de croissance tout à fait naturelle, puisqu'à la puberté, les dimensions longitudinales évoluent de la même manière (Van Praagh et al., 2008). Cette phase de la vie se caractérise aussi par un pic de croissance statural qui survient, en général, vers 11,5 ans chez les filles et 13,5 chez les garçons (Martin et al., 1997).

**Le membre supérieur** mesure 20 cm à la naissance et atteindra 75 cm en fin de croissance sans qu'il n'y ait de pic pubertaire (Marshall et al., 1998). Or, la valeur moyenne du membre supérieur du groupe des nageurs est de  $72,44 \pm 4,69$  cm, ce qui représente une bonne valeur avec une homogénéité élevée entre le membre du groupe, et en natation, plus les membres supérieurs sont longs mieux c'est pour la performance étant donné que le moment des forces dépend de la force appliquée sur le bras de levier et de la longueur de ce dernier (Batalha et al., 2013).

**Le membre inférieur** est un segment qui grandit à partir de l'âge de 5 ans, de 3 cm par an, soit 2 cm pour le fémur et 1 cm pour le tibia. Il atteint les 80 cm en fin de croissance et il n'y aura pas de reprise pendant la puberté, et cette croissance s'arrête chez les garçons à l'âge

osseux de 15 ans (Marshall et al., 1998). La valeur moyenne de ce segment des garçons de notre échantillon est de  $90,23 \pm 5,33$  cm. C'est une dimension considérable et très bénéfique en natation. Comme déjà expliqué en haut dans la partie ACP, ce segment participe à 70 % dans la propulsion en brasse et en partie en nage papillon.

**La taille assis** de notre groupe est de  $70,14 \pm 4,14$  cm, selon Malina et Bouchard, (1991) ; elle est de 35 cm à la naissance et atteindra 85 à 100 cm à la fin de la croissance. Donc, selon ces normes, notre échantillon possède une bonne valeur de cet indice et suit une croissance tout à fait régulière.

Les valeurs moyennes des longueurs de nos nageurs sont parfois légèrement inférieures, d'autres fois égales à celles de nageurs européens de même âge. Donc, on peut dire que les dimensions longitudinales de notre échantillon subissent une croissance régulière selon les spécificités du morphotype de l'enfant algérien.

Les valeurs moyennes des **diamètres** de notre échantillon de garçons témoignent selon leur CV d'une homogénéité élevée, exception faite pour les diamètres, biacromial, antéro-postérieur du thorax et celui de la main qui connaissent un petit pic de croissance relatif à cet âge.

Le degré d'homogénéité des diamètres biacromiaux de nos nageurs montre qu'il y a un pic de croissance, ce qui est intéressant puisque cette dimension détermine le type de silhouette la plus longiligne (Susanne et Bodzsar, 1998), et c'est ce type de silhouette qui est recherché en natation. Apparemment, notre échantillon connaît une croissance transversale des os relativement régulière et bénéfique, puisque ce type de croissance améliore la résistance des articulations (Roger, 2009).

Les **circonférences** sont utilisées dans les études de comparaison d'indices de masses corporelles (IMC) entre populations (Wang et al., 2006). La plus utilisée est celle du ventre en raison de son importance dans les études sur l'obésité. Les circonférences, de la jambe et du bras, par contre, sont utiles dans l'estimation des sections transversales des os et des muscles (Timothy et al., 2006).

Rappelons que les valeurs moyennes des circonférences de notre échantillon des garçons présentent des coefficients de variation témoignant pour la plupart d'un degré d'homogénéité élevé, sauf pour les circonférences du bras et celles de l'avant-bras, qui ont une homogénéité moyenne et en accord avec ce qu'on a dit en haut. Ces deux mesures témoignent d'une

accélération de croissance en cette phase pubertaire, et représentent probablement un début de développement de la force.

L'utilisation des **plis cutanés** est très réputée dans les enquêtes nutritionnelles et dans la détermination du somatotype du sportif.

À la naissance, la masse grasse représente 10 % à 12 % du poids total (Wilmore et al., 2006). Elle augmente au cours des premières années, puis change peu jusqu'à environ 5-6 ans pour, ensuite, augmenter au moment de la puberté, tandis qu'elle a tendance à plafonner vers 13-15 ans chez le garçon.

L'analyse des mesures faite sur notre échantillon révèle des coefficients de variations importants représentant un degré d'homogénéité faible qui traduit une augmentation rapide du pourcentage de graisse chez notre échantillon. En comparant les valeurs moyennes respectives de  $7,93 \pm 3,40$  mm et  $6,10 \pm 1,66$  des plis cutanés, tricipital et sous-scapulaire avec celles des normes de pourcentage de graisse de l'enfant et de l'adolescent (Lohman et Going, 2006), dont les valeurs respectives sont 7-19 mm et 12-33 mm, nous remarquons que pour la première mesure, nos nageurs sont dans les normes, mais pour le pli sous scapulaire, ils sont légèrement inférieurs, probablement à cause des efforts d'entraînement déployés par nos nageurs et surtout lors des stages de regroupements.

La valeur moyenne de la **surface corporelle** absolue de l'échantillon des garçons nageurs est similaire à celle de l'échantillon des filles. Donc, on enregistre le même degré d'homogénéité entre les membres du groupe. Nous avons eu recours dans notre étude à la formule pour les jeunes de Du Bois et Du Bois, (2000). En comparant les résultats de notre échantillon d'âge moyen de  $13,03 \pm 0,80$  ans avec une surface moyenne absolue  $S_a = 1,45 \pm 0,14$  à ceux d'un échantillon du même âge et sexe (âge =  $12,4 \pm 0,53$  ans) avec une surface  $SA = 1,34 \pm 0,12$  (Poujade et al., 2002), nous avons constaté que les valeurs de notre groupe dépassaient légèrement celles de cet échantillon, probablement à cause du bon développement physique dont jouissent nos nageurs.

## **Les indices de développement physique**

### **L'indice de Skèle (%)**

Notre groupe de nageurs est classé Macroskèle selon Manouvrier (1980), c'est-à-dire qu'ils se caractérisent par de longs membres inférieurs.

### **L'indice de Quételet (g/cm)**

Cet indice permet d'évaluer le développement physique. La valeur moyenne de cet indice pour notre échantillon de garçons est de  $297,99 \pm 35,27$ , ce qui représente un indice légèrement inférieur aux normes mises par Quételet (1835), selon lequel il est de 325 g/cm.

### **Indice des épaules (%)**

Avec un indice égal à  $70,29 \pm 10,64$  cm, l'échantillon des garçons présente une cyphose thoracique tout à fait logique, étant donné que l'indice de Quételet reflète un développement physique faible. Donc, comme pour l'échantillon des filles, nos nageurs doivent avoir une faible musculature du dos relative à cet âge donnant ainsi cette attitude.

Il est connu depuis longtemps que les muscles des extrémités du corps reflètent la **masse musculaire** totale (Matiegka, 1921), et dans le cas de notre échantillon, les circonférences, du bras et de l'avant-bras marquent la différence par des degrés d'homogénéité moyens, ce qui signifie que nos nageurs commencent à développer une musculature par rapport à  $7,48 \pm 0,77$  années de pratique de la natation.

**Les tissus osseux et musculaires** de l'enfant suivent une même évolution (Van Praagh, 2008). Mais l'os est moins mobile que le tissu musculaire ou adipeux et son influence sur la performance ne représente pas un sujet d'actualité (Eston et Reilly, 2009). Cependant, en natation, il revêt une grande importance puisqu'une relative masse de ce tissu offre une meilleure flottabilité (Hawes et Sovak, 1993), et la dispersion moyenne de la valeur de ce composant chez nos nageurs montre une dynamique de croissance conforme à cet âge.

La valeur moyenne du **composant adipeux** de notre groupe de nageurs, quant à lui, révèle un coefficient de variation qui lui donne un caractère d'homogénéité faible, ce qui prouve que ce tissu subit des changements considérables. Or, on sait que la masse grasse a tendance à plafonner vers 13-15 ans chez le garçon (Malina et Bouchard, 2008).

### **1.5.3. Tests physiques et performances du groupe des filles**

#### **La détente verticale**

Le test de détente verticale a permis d'établir des calculs de puissance (nomogramme de Lewis, cité par Hertogh et al., 1991). Ce test qui est bien corrélé aux épreuves de laboratoire permet d'estimer les aptitudes des enfants (Kasabalis et al., 2005).

La faible variation de cet indice chez nos nageuses de l'équipe nationale de natation est probablement due à la différence entre les individus de ce même groupe, dont le rythme de maturation et l'âge biologique peuvent totalement différer.

### **Coulée ventrale**

La puissance des jambes apporte du bénéfice pour les départs, les virages et même à la nage (Chollet et al., 1997) et détermine la coulée après un virage. Avec un bon indice de développement physique ( $IQ = 312,16 \pm 36,43$ ), on estime que nos nageuses possèdent de bonnes valeurs pour ce test de la coulée ventrale.

### **Performance du 50 m et 400 m NL**

Les valeurs moyennes des performances du 50 m et du 400 m nage libre de l'échantillon des nageuses témoignent d'un degré d'homogénéité élevé, ce qui signifie probablement un niveau de préparation semblable entre les nageuses de l'équipe nationale.

Hawley et Williams, (1991) voyaient que la performance du 50 m était fortement corrélée à la force du haut du corps (Hawley et Williams, 1991). Par contre, récemment, dans une étude sur la performance et le profil biomécanique des jeunes nageuses et nageurs, les auteurs confirment que pour améliorer la performance en sprint, ces jeunes doivent mettre l'accent sur le profil hydrodynamique et la technique (Jorge et al., 2014).

Il est connu que la performance du 400 m nage libre ne dépend ni des données morphologiques ni du coût énergétique de la nage mais, plutôt, elle est fortement corrélée à la consommation maximale d'oxygène (Poujade et al., 2003). La valeur moyenne de cet indice chez notre échantillon des filles témoigne d'un degré d'homogénéité élevé. Encore une fois, cela démontre que notre groupe jouit d'un même niveau de préparation, digne de nageuses d'une équipe nationale.

#### **1.5.4. Tests physiques et performances du groupe des garçons**

Le test de la **détente verticale** de l'échantillon des garçons suit la même dynamique que celle du **test du 10 m NL**. Par contre, pour **la coulée ventrale**, la dispersion est moyenne, comme pour l'échantillon des filles, et ce fait peut revenir aux différences interindividuelles.

Le coefficient de variation de la valeur moyenne de **la performance du 50 m nage libre** des nageurs témoigne d'une faible dispersion, probablement due à la différence des niveaux de préparation des nageurs de l'équipe nationale (venant de différents endroits du pays), et aussi au pic de croissance à cette phase de la vie engendrant différentes modifications. Dans une

étude récente sur l'influence de différents paramètres sur la performance du 50 m nage libre de jeunes nageurs de même âge et sexe, Nasirzade et al. (2014) confirment que cette performance est déterminée à 84 % par les paramètres biomécaniques, 52 % de l'architecture musculaire et 22 % par les paramètres anthropométriques. Concrètement, 89 % de la variabilité de la performance du 50 m nage libre sont expliqués par l'indice de nage (vitesse \* amplitude), la longueur du bras et l'épaisseur du muscle vaste latéral.

Par contre, le coefficient de variation de la valeur moyenne du test du 400 m nage libre témoigne d'une dispersion élevée. Comme pour l'échantillon des filles, cela confirme que nos nageurs jouissent d'un même niveau de préparation, ce qui est logique pour un même groupe d'une équipe nationale.

### **1.6. Conclusion de l'analyse anthropométrique**

Les nageuses et les nageurs de l'équipe nationale de natation des 12, 13 et 14 ans sont caractérisés par des possibilités morphofonctionnelles optimales, étant donné qu'ils appartiennent pratiquement à la même étape de la spécialisation approfondie établie par Boulgakova (1990).

La lecture des caractères anthropométriques de notre échantillon général de nageuses et de nageurs montre un développement physique qui ne diffère pas beaucoup d'un nageur à l'autre, et ce, pour les deux sexes, mis à part quelques exceptions. C'est pour cela que les entraîneurs nationaux doivent faire preuve de beaucoup d'attention en planifiant les charges d'entraînement lors des stages de regroupements des équipes nationales jeunes, car de nombreux facteurs peuvent biaiser la programmation, comme les niveaux de préparation des jeunes venant de clubs différents, le rythme de maturation et l'âge biologique qui doivent être déterminés pour le bon déroulement du processus d'entraînement.

### **2. Analyse en composantes principales**

L'objectif de cette analyse est de vérifier, d'abord, le bien-fondé de l'idée largement répandue qu'à chaque discipline sportive, correspond un profil morphologique type, ensuite, partant de là, d'établir une morphotypologie des disciplines sportives (propre à l'enfant algérien). La maîtrise d'une telle morphotypologie nous paraît, en effet, intéressante comme instrument d'aide à la décision lors :

- du recrutement d'un jeune "futur champion",
- de l'établissement d'un plan d'entraînement,
- de la formulation d'un pronostic sur une future performance.

Pour répondre à ce problème posé, nous avons réalisé notre recherche sur les jeunes nageurs des deux sexes de l'équipe nationale de natation d'Algérie comme cité dans le chapitre II.

Sur l'échantillon total, nous avons effectué une série de mesures anthropométriques. Les résultats obtenus ont été classés en quatre groupes, et nous avons :

- les points anthropométriques, dont la hauteur est évaluée à partir du sol et qui nous ont servi à calculer les longueurs,
- les largeurs,
- les périmètres,
- les plis cutanés.

Nous avons choisi de vous présenter les résultats des nageurs mesurés en 2013 et 2014.

À l'issue de ces mesures, nous avons, donc, obtenu 48 caractères, soit les classiques poids et taille, auxquels s'ajoutent 13 diamètres, 14 périmètres, 11 longueurs et 10 plis cutanés sans celui de la région pectorale pour l'échantillon des filles. Nous avons tenu à ce que chacun de ces divers groupes de caractères (longueurs, diamètres, périmètres et plis cutanés) soit représenté, car chacun reflète un trait spécifique de la morphologie en général. Le sexe et l'âge sont bien entendu deux informations notées systématiquement dans toute étude morphologique.

À ce stade du travail, un autre problème s'est posé à nous : c'est de savoir s'il faut retenir tous ces caractères pour établir la morphotypologie du jeune nageur ou alors, s'il n'y a pas un autre moyen de sélectionner les caractères les plus parlants pour chaque discipline sportive.

Pour essayer de résoudre ce problème, nous avons réalisé une analyse statistique multivariée ou analyse en composantes principales normée, c'est-à-dire que les variables ont les mêmes unités de mesure, pour éliminer les redondances entre les caractères d'un même groupe.

Nous précisons que toutes nos analyses ont été faites sur l'ensemble des quatre groupes de mesures. Les analyses ont été réalisées aussi bien sur l'échantillon des filles que celui des garçons.

### **2.1. Analyse en composantes principales normées (ACPN)**

Le but de cette étude est de sélectionner, parmi une grande panoplie de caractères anthropométriques de notre échantillon des deux sexes, un nombre restreint en même temps renfermant le maximum d'informations, afin de tracer les profils des jeunes nageurs algériens.

Cela nous ramène à pratiquer une analyse en composantes principales normées sur les longueurs, les diamètres, les circonférences ou les plis cutanés.

### 2.1.1. Analyse en composantes principales des longueurs du corps des deux sexes

Tableau n°35.

Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des longueurs du groupe général des filles

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>Valeur propre</b>	5,32	2,00	1,42	0,83	0,68	0,46
<b>Variabilité (%)</b>	48,33	18,23	12,91	7,53	6,18	4,20
<b>% cumulé</b>	48,33	66,56	79,48	87,00	93,19	97,38

Tableau n°36.

Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des longueurs du groupe général des garçons

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>Valeur propre</b>	6,46	2,00	0,81	0,63	0,49	0,29
<b>Variabilité (%)</b>	58,68	18,19	7,37	5,71	4,46	2,62
<b>% cumulé</b>	58,68	76,87	84,25	89,95	94,41	97,02

L'analyse des longueurs de notre échantillon général des filles et des garçons révèle six composantes principales (tableaux n°34 et 35), restituant 97,38 % et 97,02 % des informations totales pour les deux sexes respectifs, avec des taux d'inertie sur les trois premiers axes de chaque sexe de 48,33 % sur l'axe F1, 18,23 % sur F2 et 12,91 % sur F3 pour les nageuses contre 58,68 % sur l'axe F1, 18,19 %, sur F2 et 7,37 % sur F3 pour les nageurs.

Tableau n°37

Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des longueurs du groupe général des filles (les chiffres en gras représentent les caractères sélectionnés).

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>STA</b>	<b>0,98</b>	0,09	0,03	0,02	-0,06	0,00
<b>T.A</b>	0,69	0,65	0,06	0,22	-0,12	-0,05
<b>L.T</b>	0,47	<b>0,82</b>	0,06	0,25	-0,03	-0,13
<b>L.M.S</b>	<b>0,83</b>	-0,24	0,25	0,27	0,28	0,04

<b>L.B</b>	0,28	-0,18	0,90	-0,04	0,11	-0,24
<b>L.AB</b>	<b>0,73</b>	0,21	-0,39	-0,01	0,42	0,27
<b>L.M</b>	0,16	-0,63	-0,19	0,68	-0,29	0,02
<b>L.M.I</b>	<b>0,91</b>	-0,37	0,00	-0,13	0,00	0,03
<b>L.C</b>	0,68	-0,47	-0,35	-0,15	0,21	-0,32
<b>L.J</b>	0,74	-0,15	0,33	-0,25	-0,33	0,39
<b>L.P</b>	0,71	0,07	-0,34	-0,28	-0,39	-0,24

Tableau n°38.

Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des longueurs du groupe général des garçons (en gras les corrélations significatives)

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>STA</b>	<b>0,96</b>	0,22	-0,07	0,06	0,06	-0,02
<b>T.A</b>	0,69	0,62	-0,13	0,25	-0,04	-0,07
<b>L.T</b>	0,55	<b>0,76</b>	-0,08	0,08	-0,07	-0,24
<b>L.M.S</b>	<b>0,91</b>	-0,34	-0,10	-0,04	-0,09	0,01
<b>L.B</b>	0,65	-0,57	-0,17	-0,28	-0,24	-0,27
<b>L.AB</b>	<b>0,83</b>	0,29	-0,10	-0,09	-0,20	0,37
<b>L.M</b>	0,63	-0,49	0,08	0,44	0,36	-0,03
<b>L.M.I</b>	<b>0,96</b>	-0,14	-0,01	-0,10	0,13	0,03
<b>L.C</b>	0,84	0,06	-0,08	-0,37	0,36	0,04
<b>L.J</b>	0,74	-0,41	0,16	0,30	-0,31	0,07
<b>L.P</b>	0,48	0,20	0,83	-0,15	-0,03	-0,05

Les liens de corrélations les plus élevés sont enregistrés au niveau des trois premières composantes principales de chaque sexe (tableaux n°36 et 37). Ces fortes corrélations traduisent probablement un phénomène effet taille et sont probablement dues à une accélération très marquée de la croissance à cet âge chez les deux sexes (Tanner, 1982. D'après Van Praagh, 2008).

À travers cette analyse, nous avons sélectionné pour leurs fortes corrélations et les exigences de la natation pour les deux sexes les longueurs suivantes :

La longueur du membre supérieur, en natation, son importance est telle que depuis longtemps de nombreux chercheurs s'y sont intéressés (Costill et al., 1985) (Counsilman, 1968). Récemment, des chercheurs ont étudié la force de propulsion émise par les membres

supérieurs du nageur par le biais de nouvelles méthodes mathématiques de la dynamique des fluides (CFD) (Bixter et al., 2002 ; Gardano et al., 2006 ; Rouboa et al., 2006 ; Silva et al., 2009).

La longueur de l'avant-bras a aussi fait l'objet de nombreuses recherches dans le domaine des forces de propulsion avec le membre supérieur et la main, à l'aide de méthodes mathématiques de la dynamique des fluides (Gardano et al., 2006) (Rouboa et al., 2006) (Marinho et al., 2009).

La longueur du membre inférieur, pour son importance dans le maintien du corps dans une meilleure position en crawl, dos et dauphin et dans la propulsion en brasse (Chollet, 1990), ainsi que dans la propulsion en papillon (Lyttle et al., 2006).

La longueur du tronc, par contre, a depuis longtemps été une mesure très bien corrélée avec la performance et a servi avec d'autres mesures à la détermination de modèles morphofonctionnels de nageurs de haut niveau (Boulgakova, 1978).

La taille (stature), quant à elle, est l'un des facteurs les plus déterminants de la performance en natation (Cazorla, Montpetit, Fouillot et Cervetti, 1985 ; Chatard, Padilla, Cazorla et Lacour, 1987 ; Pelayo, 1989).

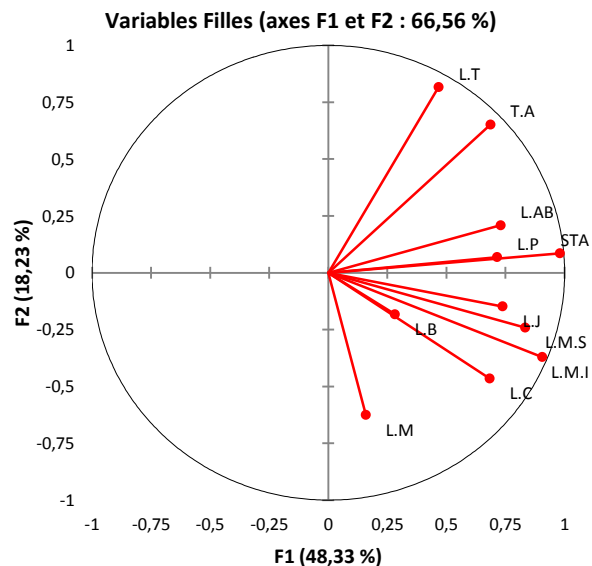


Figure n°25.

Représentation graphique des longueurs selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2), du groupe général des filles

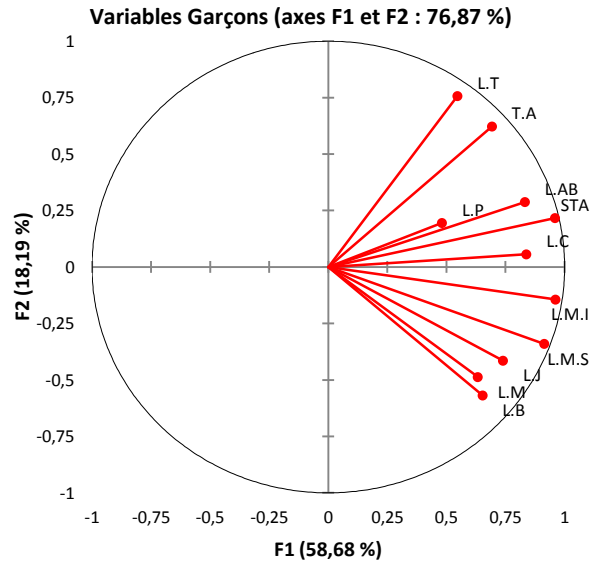


Figure n°26.

Représentation graphique des longueurs selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2), du groupe général des garçons.

Sur les figures n°25 et n°26, on peut clairement apercevoir la disposition des longueurs sur les deux axes F1 et F2, et la proximité des variables sélectionnées du cercle de corrélation qui signifie de forts liens par rapport au reste des variables.

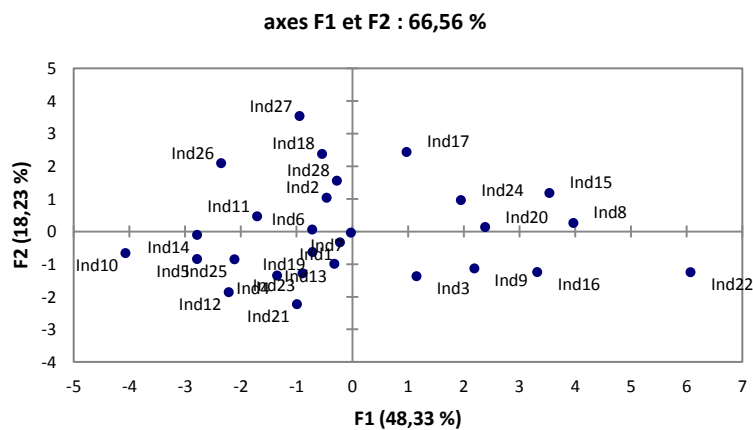


Figure n° 27.

Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des filles selon leurs dimensions longitudinales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.

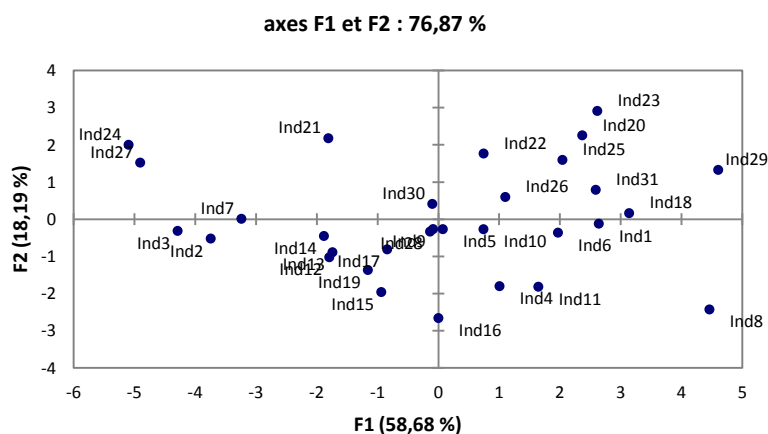


Figure n° 28.

Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des garçons selon leurs dimensions longitudinales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.

Les figures n°27 et n°28 illustrent, par contre, la disposition des individus sur les plans factoriels. Par exemple, les individus présentant les meilleures mensurations chez les filles sont probablement le vingt-deux et le huit suivis du quinze, le vingt et le dix-sept (fig. 27).

Par contre, pour l'échantillon des garçons (fig. 28), probablement les individus, huit et vingt-neuf représentent les individus ayant les meilleures mensurations longitudinales, suivis des individus, dix-huit, trente et un, un, vingt et vingt-trois.

### 2.1.2. Analyse en composantes principales des diamètres du corps des deux sexes

Tableau n°39.

Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des diamètres du groupe général des filles

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>
<b>Valeur propre</b>	3,70	2,19	1,65	1,27	0,99	0,87	0,67	0,49
<b>Variabilité (%)</b>	28,47	16,85	12,68	9,74	7,62	6,69	5,18	3,80
<b>% cumulé</b>	28,47	45,32	58,00	67,74	75,35	82,04	87,22	91,02

Tableau n°40.

Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des diamètres du groupe général des garçons

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>
<b>Valeur propre</b>	4,70	1,93	1,43	1,24	0,96	0,81	0,51	0,44
<b>Variabilité (%)</b>	36,17	14,87	11,03	9,51	7,38	6,27	3,96	3,41
<b>% cumulé</b>	36,17	51,04	62,07	71,59	78,97	85,24	89,20	92,61

Dans l'analyse des diamètres, huit composantes sont retenues pour nous rendre compte de l'essentiel de la variabilité totale cumulée de 94.34 % pour les filles (Tableaux n°38) et 92.61 % pour les garçons (Tableaux n°39).

Tableau 41.

Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des diamètres du groupe général des filles

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>
<b>D.T</b>	-0,02	0,82	0,11	-0,04	0,14	0,25	-0,16	-0,16
<b>D.B.A</b>	0,68	-0,42	0,03	0,14	0,15	-0,19	-0,36	-0,23
<b>D.T.TH</b>	0,06	<b>0,85</b>	0,26	0,04	-0,11	-0,21	0,05	0,05
<b>D.A.P.TH</b>	0,44	0,03	-0,11	0,30	0,63	0,44	0,27	-0,09
<b>D.D.B</b>	0,69	-0,28	-0,47	-0,21	-0,07	0,00	-0,20	-0,07
<b>D.D.AB</b>	<b>0,71</b>	-0,14	-0,09	-0,34	-0,12	0,31	0,24	0,19
<b>D.M</b>	0,39	0,29	-0,50	-0,44	0,11	-0,39	0,35	0,03
<b>D.B.C</b>	<b>0,83</b>	0,22	-0,01	0,16	-0,04	-0,05	-0,20	0,32
<b>D.B.T.C</b>	0,78	0,38	0,07	0,36	0,02	-0,09	-0,11	0,12
<b>D.C</b>	0,45	0,20	0,28	-0,47	-0,39	0,37	-0,09	-0,24
<b>D.J</b>	0,44	-0,04	-0,04	0,57	-0,48	-0,09	0,37	-0,30
<b>D.P</b>	0,25	-0,44	<b>0,77</b>	0,01	-0,06	0,05	0,15	0,24
<b>A.E</b>	0,39	-0,06	0,64	-0,33	0,35	-0,35	0,11	-0,21

Tableau 42.

Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des diamètres du groupe général des garçons

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>	<b>F8</b>
<b>D.T</b>	0,25	-0,57	0,55	0,20	0,11	0,37	0,23	0,06
<b>D.B.A</b>	0,47	0,35	-0,42	-0,37	0,21	0,11	0,48	0,20
<b>D.T.TH</b>	0,55	-0,41	-0,02	0,57	0,11	-0,11	0,01	0,21
<b>D.A.P.TH</b>	0,66	-0,45	-0,24	-0,34	-0,12	-0,01	0,06	-0,24
<b>D.D.B</b>	0,65	0,03	-0,08	-0,04	-0,40	0,53	-0,07	-0,22
<b>D.D.AB</b>	<b>0,71</b>	-0,27	0,00	-0,23	-0,38	-0,10	-0,16	0,35
<b>D.M</b>	0,41	<b>0,70</b>	0,06	0,28	0,16	0,33	-0,20	0,02
<b>D.B.C</b>	<b>0,78</b>	-0,25	-0,43	0,07	0,07	-0,20	-0,18	-0,07
<b>D.B.T.C</b>	0,72	0,30	-0,35	0,38	0,20	-0,08	0,00	-0,08
<b>D.C</b>	0,60	0,17	0,51	-0,04	0,06	-0,41	0,13	-0,30
<b>D.J</b>	0,51	0,55	0,44	-0,29	-0,19	-0,12	-0,10	0,17
<b>D.P</b>	<b>0,84</b>	0,06	0,32	0,11	0,00	-0,03	0,14	0,02
<b>A.E</b>	0,31	-0,25	0,16	-0,48	0,68	0,15	-0,28	0,02

Les liens de corrélations les plus importants, dans l'analyse des diamètres, apparaissent sur les trois composantes principales pour les nageuses (tableaux n°40) et sur les deux premières pour les nageurs (tableaux n°41) où les taux d'inerties sont les plus importants. Compte tenu de leurs fortes corrélations, de leur meilleure représentativité et de leur importance en natation, nous avons retenu les largeurs suivantes :

Le diamètre transversal du thorax chez les filles, une largeur très bien corrélée avec la performance du 100 m nage libre (Boulgakova, 1978, partiellement confirmé par Cazorla, 1985).

Le diamètre bicrétal pour les deux sexes, une mesure utilisée dans la détermination des modèles morphofonctionnels des nageurs de haut niveau du 1500 m nage libre et le quatre nages (Boulgakova, 1978) et aussi nécessaire pour distinguer le développement de la ceinture pelvienne entre garçons et filles lors de la puberté (Vidailhet, 1999).

Nous avons aussi sélectionné le diamètre du pied pour les deux sexes, pour leurs fortes corrélations ainsi que leur importance dans le domaine de la natation (Cazorla et al., 1985), (Costill et al., 1985 ; Counsilman, 1968 ; Chollet, 1990).

Le diamètre distal de l'avant-bras et celui de la main pour les deux sexes, utilisés dans des études d'évaluation de certains paramètres, entre autres anthropométriques, sur les performances de jeunes nageurs (Nasirzade et al., 2014).

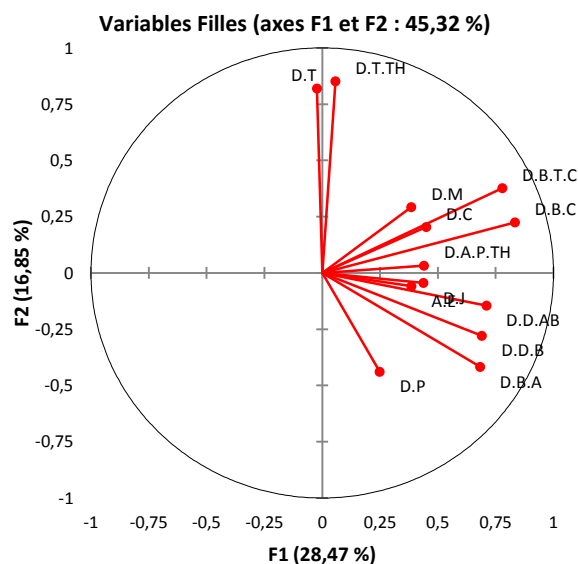


Figure n°29.

Représentation graphique des diamètres selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2), du groupe général des filles

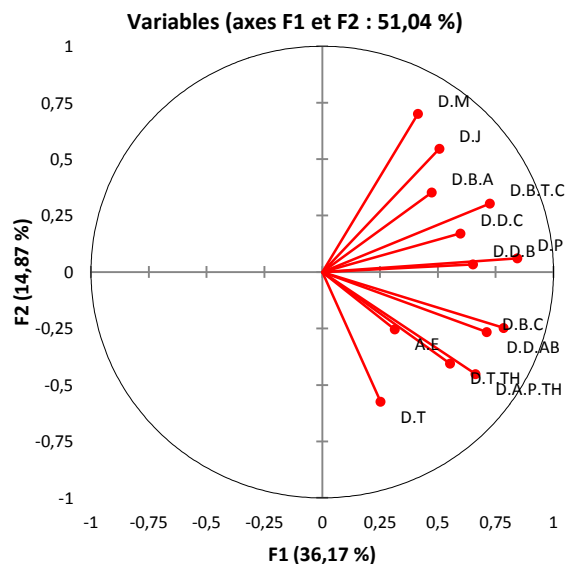


Figure n°30.

Représentation graphique des diamètres selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2), du groupe général des garçons.

Les figures n°29 et n°30 illustrent clairement le niveau de corrélation des différentes variables que nous avons sélectionnées pour nos nageuses et nageurs respectivement. Notre sélection a porté sur les variables qui se rapprochent le plus des cercles. Par contre, celles qui sont loin des cercles sont celles dont l'inertie de la variabilité n'est pas absorbée par les deux premiers axes ni par d'autres, et que leurs corrélations sont faibles et ne doivent cependant pas être choisies dans cette analyse.

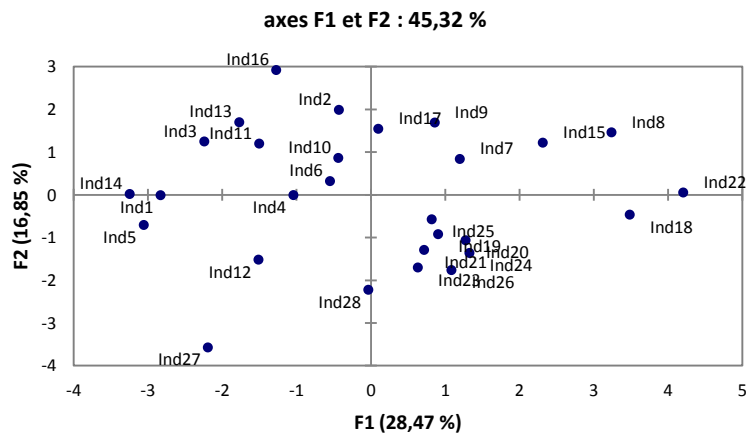


Figure n°31.

Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des filles, selon leurs dimensions transversales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.

Pour les dimensions des diamètres du corps, il apparaît sur le plan factoriel de la figure n°31, que les individus (filles) possédant les meilleures mensurations sont probablement les vingt-deux et le huit, suivis des dix-huit et quinze.

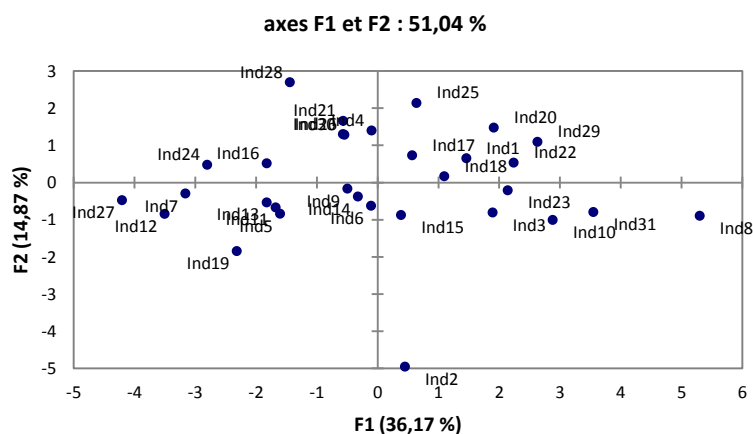


Figure n°32.

Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des garçons, selon leurs dimensions transversales sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.

La figure n°32 illustre les individus (garçons) ayant les meilleures dimensions des diamètres, qui sont les huit et vingt-neuf, suivis des vingt-deux, vingt, dix-huit et trente et un.

### 2.1.3. Analyse en composantes principales des circonférences du corps des deux sexes

Tableau n°43.

Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des circonférences du groupe général des filles.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>
<b>Valeur propre</b>	7,59	1,29	1,12	0,93	0,85	0,75	0,61
<b>Variabilité (%)</b>	54,24	9,22	8,03	6,63	6,10	5,37	4,36
<b>% cumulé</b>	54,24	63,46	71,50	78,13	84,23	89,61	93,96

Tableau n°44.

Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des circonférences du groupe général des garçons.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>Valeur propre</b>	8,52	1,25	1,19	0,67	0,60	0,56
<b>Variabilité (%)</b>	60,85	8,91	8,49	4,76	4,29	4,03
<b>% cumulé</b>	60,85	69,76	78,25	83,01	87,30	91,33

Sur les tableaux n°42 et n°43 des valeurs propres des groupes, respectivement des filles et des garçons, sept facteurs pour l'échantillon des filles et six pour celui des garçons conservent l'essentiel des variabilités avec 54,24 % pour les filles et 60,85 % pour les garçons devant des données initiales respectives de 93,96 % et 91,33 %.

Tableau n°45.

Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des circonférences du groupe général des filles.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>
<b>C.T</b>	0,19	0,84	0,16	-0,10	-0,35	0,25	-0,03
<b>C.COUC</b>	0,88	0,28	-0,06	-0,21	-0,05	-0,02	0,00

<b>C.THR</b>	<b>0,93</b>	0,11	-0,10	-0,13	0,09	0,09	-0,10
<b>C.TH.I</b>	0,47	0,33	-0,18	-0,08	0,69	0,03	0,37
<b>C.THE</b>	0,93	0,02	-0,11	-0,13	0,03	0,03	-0,19
<b>C.B.C</b>	<b>0,94</b>	0,02	0,08	-0,03	0,06	-0,15	-0,16
<b>C.B.D</b>	0,94	0,02	0,09	0,01	-0,05	-0,12	-0,18
<b>C.AB</b>	0,05	0,26	-0,65	0,69	-0,02	0,06	-0,14
<b>C.M</b>	-0,25	0,32	0,67	0,42	0,30	-0,27	-0,18
<b>C.A</b>	0,81	-0,08	-0,11	-0,05	-0,04	-0,40	-0,06
<b>C.B</b>	0,88	-0,22	0,10	0,25	-0,05	0,14	0,11
<b>C.C</b>	<b>0,86</b>	-0,25	0,03	0,16	-0,10	-0,16	0,10
<b>C.J</b>	0,59	-0,30	0,26	0,13	0,19	0,61	-0,18
<b>C.P</b>	0,68	0,01	0,25	0,26	-0,30	0,01	0,51

Tableau n°46.

Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des circonférences du groupe général des garçons.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>C.T</b>	0,45	0,68	0,23	-0,22	0,44	0,05
<b>C.CO</b>	0,83	0,05	-0,24	0,17	-0,02	0,28
<b>C.THR</b>	0,90	0,09	-0,26	-0,18	-0,13	-0,03
<b>C.TH.I</b>	<b>0,90</b>	-0,01	-0,24	-0,25	-0,14	0,00
<b>C.THE</b>	0,92	0,09	-0,29	-0,09	-0,09	0,04
<b>C.B.C</b>	<b>0,92</b>	-0,11	0,07	0,22	0,02	0,02
<b>C.B.D</b>	0,89	-0,03	0,01	0,23	0,19	-0,19
<b>C.AB</b>	0,48	-0,08	<b>0,81</b>	0,09	-0,07	0,00
<b>C.M</b>	0,69	-0,12	0,33	-0,31	-0,35	-0,25
<b>C.A</b>	0,89	-0,04	-0,16	-0,06	0,17	-0,20
<b>C.BAS</b>	0,44	0,69	0,03	0,41	-0,34	-0,09
<b>C.C</b>	<b>0,89</b>	-0,12	0,13	-0,08	0,21	-0,14
<b>C.J</b>	0,73	-0,49	-0,04	0,29	0,13	0,00
<b>C.P</b>	0,73	-0,08	0,24	-0,11	-0,07	0,56

L'analyse en composantes principales des circonférences affiche d'importants liens de corrélations sur la première composante pour les nageuses (tableau n°44) et les trois premières pour les nageurs (tableau n°45). Ces fortes corrélations, plus prononcées chez les garçons, sont probablement dues au «sprint» pubertaire (Van Praagh, 2008).

Les circonférences qui vont être retenues pour cette étude seront celles qui présentent les meilleures corrélations, mais le plus important est que le choix se fait selon la spécificité de la natation. De plus, les circonférences constituent de bons indices de la masse musculaire (Vidailhet, 1999). Alors, nous avons retenu à l'issue de cette analyse multivariée :

Pour les filles, la circonférence du thorax au repos, une mesure utilisée avec d'autres périmètres dans la détermination des modèles morphofonctionnels des nageurs de haut niveau du 100 m nage libre et du dauphin (Boulgakova, 1978).

La circonférence du thorax en inspiration maximale pour les garçons, pour son importance dans des tests de poussée de flottaison (Cazorla, 1993) (Chatard et al., 1990).

La circonférence du bras contracté, pour les deux sexes, une mesure très importante chez les nageurs du dos crawlé et du dauphin (Boulgakova, 1978) et a été, également, utilisée dans l'étude de l'impact des données anthropométriques et la résistance à l'avancement sur la performance des nageurs (Caterini et al., 1991).

La circonférence de l'avant-bras pour les garçons, utilisée dans la détermination des modèles morpho-fonctionnels des papillonneurs de haut niveau (Boulgakova, 1978). L'avant-bras avec la main représente un segment qui joue un grand rôle avec le membre supérieur dans la propulsion en natation (Costill et al., 1985 ; Counsilman, 1968) (Berger et al., 1995 ; Seters et al., 1999 ; Bixler et al., 2002 ; Rouboa et al., 2006).

Nous avons aussi choisi pour les deux sexes la circonférence de la cuisse, une mesure liée à la performance (Caterini et al., 1991) et qui est aussi d'un grand intérêt pour les nageurs de brasse (Boulgakova, 1978).

Les liens de corrélations entre ces circonférences peuvent aussi être dus à une prise de masse musculaire en période pubertaire, due à une multiplication par dix de la production de la testostérone à cet âge (Wilmore, 2006).

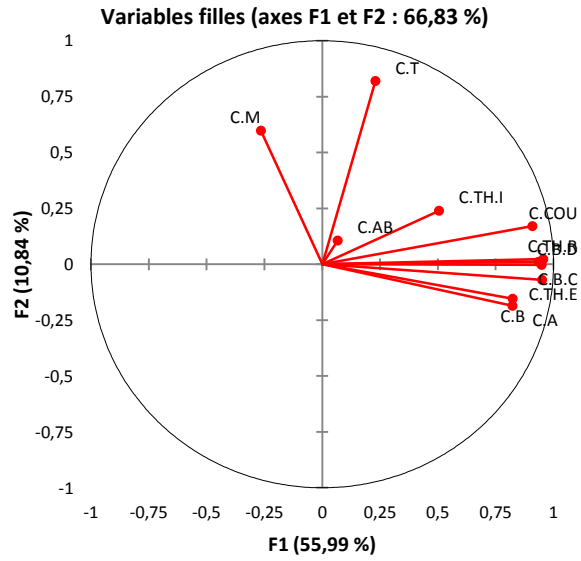


Figure n°33.

Représentation graphique des circonférences selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2), du groupe général des filles.

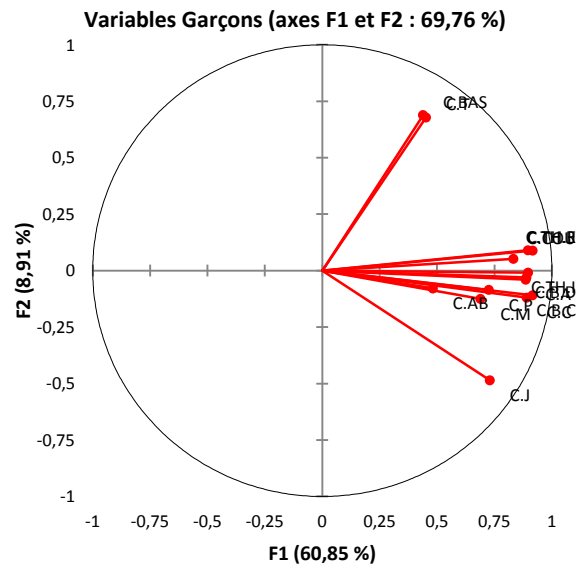


Figure n°34.

Représentation graphique des circonférences selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2), du groupe général des garçons.

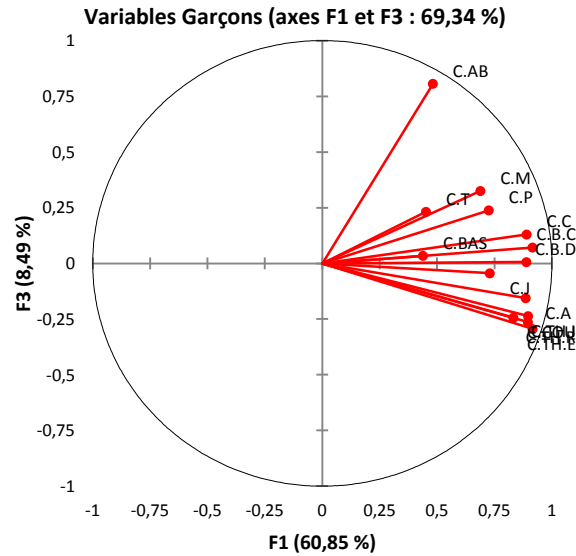


Figure n°35.

Représentation graphique des circonférences selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F3), du groupe général des garçons.

Les cercles de corrélations (fig. 33, 34 et 35) nous donnent une vision plus claire sur les caractères (circonférences) retenus dans cette étude. Néanmoins, comme nous l'avons souligné plus haut, cette sélection reste sujette aux exigences de la discipline.

Prenons sur la figure n°34 un exemple de redondance chez les nageurs entre la circonférence du pied ( $r = 0,73$ ) et la circonférence de la cuisse ( $r = 0,89$ ). Non seulement cette dernière présente une plus forte corrélation, mais elle représente un meilleur intérêt pour la discipline comme déjà cité en haut du même chapitre.

Toujours pour l'échantillon des nageurs, nous avons voulu donner plus de détails sur le choix de la circonférence de l'avant-bras ( $r = 0,83$ ) (fig. 35). Sur l'axe F3, cette circonférence est mieux représentée et se rapproche le plus du rayon 1, par rapport à la même mesure représentée sur les axes F1 et F2 de la figure n°34.

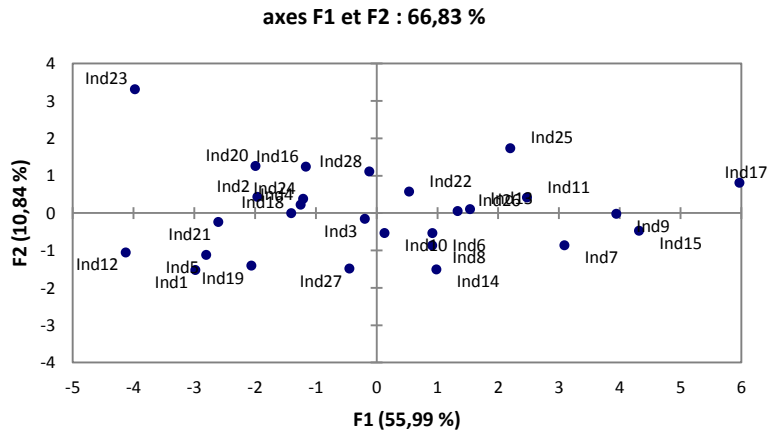


Figure n°36.

Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des filles, selon leurs circonférences sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.

Chez les nageuses, les individus présentant les meilleures dimensions des circonférences sont probablement les dix-sept, le quinze et le neuf, suivis des onze et vingt-cinq (fig. 36).

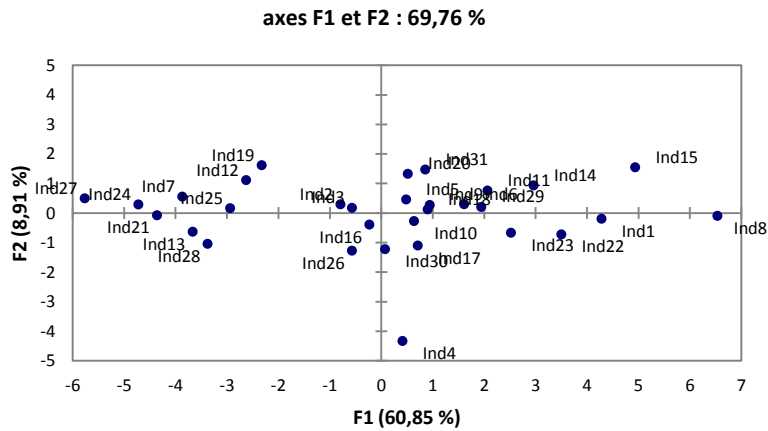


Figure n°37.

Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des garçons, selon leurs circonférences sur les deux axes F1 et F2 du plan factoriel.

Chez le groupe général des garçons, par contre, les individus huit et quinze sont probablement ceux qui présentent les meilleures dimensions des circonférences du corps (fig. 37).

## 2.1.4. Analyse en composante principale des plis cutanés du corps des deux sexes

Tableau n°47.

Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des plis du groupe général des filles.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>Valeur propre</b>	4,76	1,33	0,88	0,66	0,50	0,32
<b>Variabilité (%)</b>	52,88	14,80	9,80	7,30	5,56	3,55
<b>% cumulé</b>	52,88	67,68	77,48	84,78	90,34	93,89

Tableau n°48.

Valeurs propres de l'analyse en composantes principales des plis du groupe général des garçons.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
<b>Valeur propre</b>	7,46	1,02	0,53	0,33
<b>Variabilité (%)</b>	74,61	10,22	5,26	3,30
<b>% cumulé</b>	74,61	84,83	90,09	93,39

L'analyse faite sur les neuf plis cutanés de notre échantillon général révèle six composantes principales chez l'échantillon filles et quatre chez celui des garçons, regroupant respectivement 93,89 % et 93,39 % des informations totales avec des inerties de 52,88 % sur l'axe F1 et 14,80 % sur l'axe F2 pour les nageuses, et 74,61 % sur l'axe F1 et 10,22 % sur l'axe F2 pour les nageurs (tableaux n°46 et n°47).

Tableau n°49.

Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des plis du groupe général des filles.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>P.S.S.C.A.P</b>	0,68	0,49	0,33	-0,10	0,21	-0,31
<b>P.B</b>	<b>0,76</b>	-0,37	-0,11	0,11	-0,37	-0,26
<b>P.T.R.I.C</b>	<b>0,85</b>	0,08	0,18	-0,12	-0,21	0,36

<b>P.AB</b>	0,76	-0,32	-0,16	0,25	0,43	0,04
<b>P.M</b>	0,33	0,74	-0,27	0,47	-0,19	0,01
<b>P.V</b>	0,68	-0,20	0,57	0,36	0,04	0,09
<b>P.S.I.L</b>	<b>0,75</b>	0,40	-0,25	-0,30	0,17	0,11
<b>P.C</b>	0,87	-0,06	0,09	-0,35	-0,15	-0,07
<b>P.J</b>	0,73	-0,31	-0,48	0,03	0,04	-0,01

Tableau n°50.

Corrélations entre les variables et les facteurs de l'analyse en composantes principales des plis du groupe général des garçons.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
<b>P.S.S.C.A.P</b>	<b>0,84</b>	-0,25	-0,37	0,15
<b>P.P</b>	0,90	-0,10	-0,24	-0,14
<b>P.B</b>	<b>0,94</b>	-0,02	0,08	-0,26
<b>P.T.R.I.C</b>	<b>0,94</b>	0,06	0,14	-0,19
<b>P.AB</b>	0,89	-0,07	0,25	-0,12
<b>P.M</b>	0,39	0,86	-0,30	-0,01
<b>P.V</b>	0,95	0,00	-0,07	-0,04
<b>P.S.I.L</b>	0,78	0,38	0,39	0,27
<b>P.C</b>	0,95	-0,12	0,00	0,12
<b>P.J</b>	0,91	-0,20	-0,04	0,28

Pour chaque sexe, un seul facteur est corrélé avec les neuf variables (tableaux n°48 et n°49), avec des liens plus importants chez les nageurs. Cela est évident étant donné qu'au moment de la puberté, la masse grasse est plus importante chez les filles (Van Praagh, 2008), et elle a tendance à plafonner vers 13-15 ans chez les garçons (Wilmore, 2006).

Comme pour les longueurs, diamètres et circonférences, nous avons choisi pour notre étude les plis fortement corrélés et en même temps les plus importants en natation, ce qui fait que nous avons opté pour :

Les plis, bicipital, tricipital pour les deux sexes, le supra-iliaque pour les filles et les plis sous-scapulaire et du mollet pour les garçons.

Les plis, bicipital, tricipital, sous-scapulaire et supra-iliaque, qui servent pour l'évaluation de la masse grasse par la méthode de Durnin et Rahaman (1967), ont été utilisés pour évaluer

l'influence des dimensions corporelles, de VO2 max et du coût énergétique sur la performance aérobie des jeunes nageurs (Poujade et al., 2003). Les mêmes plis ont, également, servi dans l'étude sur l'effet de l'entraînement sur les potentiels aérobie et anaérobie de jeunes nageurs (Prioux et al., 2000).

Le pli du mollet, par contre, a servi avec celui de la poitrine, de l'abdomen, du sous-scapulaire, du triceps, et le pli supraspinal dans la détermination du profil anthropométrique et biomoteur d'athlètes adolescents soumis à un entraînement intensif (Leone et al., 2002).

Sans oublier que les plis, tricipital, sous-scapulaire, supra-iliaque et celui du mollet, ont toujours servi avec d'autres dimensions dans la détermination de la constitution humaine par la méthode de somatotypie de Health et Carter (Fox et Mathews, 1984).

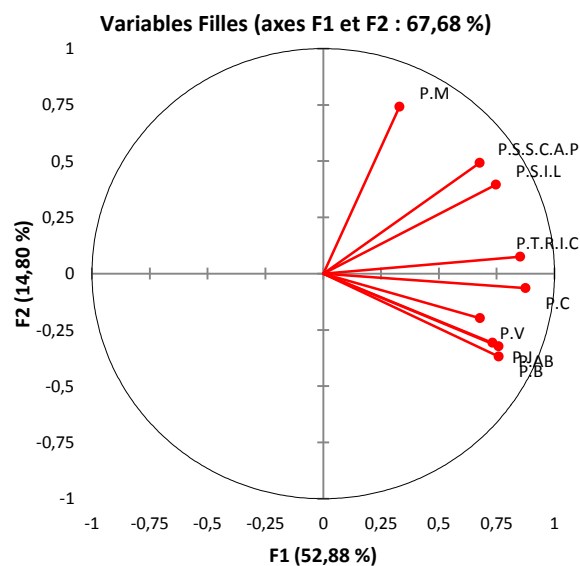


Figure n°38.

Représentation graphique des plis selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2), du groupe général des filles

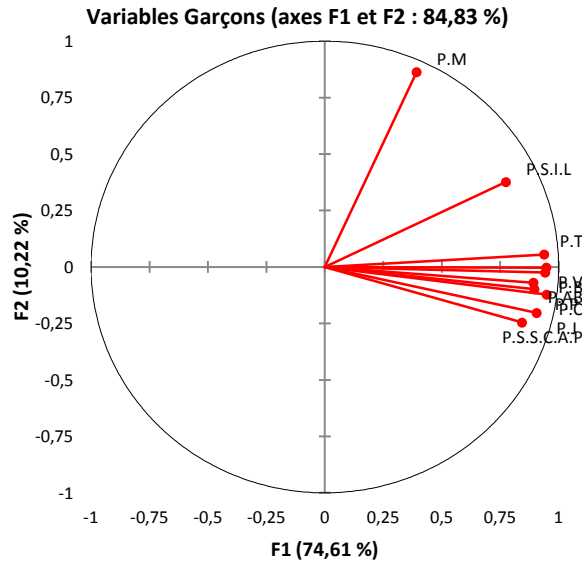


Figure n°39.

Représentation graphique des plis selon les deux axes, horizontal et vertical (F1, F2), du groupe général des garçons

Les cercles de corrélations (fig. 38 et 39) donnent une vision plus claire sur les caractères sélectionnés. Au cours de la sélection de ces caractères chez l'échantillon des filles (fig. 38), nous sommes tombés sur une redondance entre deux plis du même segment, le bicipital ( $r = 0,76$ ) et celui de l'avant-bras ( $r = 0,76$ ), et il nous a fallu choisir lequel des deux il faut retenir. Nous avons opté pour le pli bicipital, qui est une mesure largement utilisée dans le domaine du sport et fait partie des dimensions de la charte des tests Eurofit des jeunes de 14 ans (Eston et Reilly, 2009).

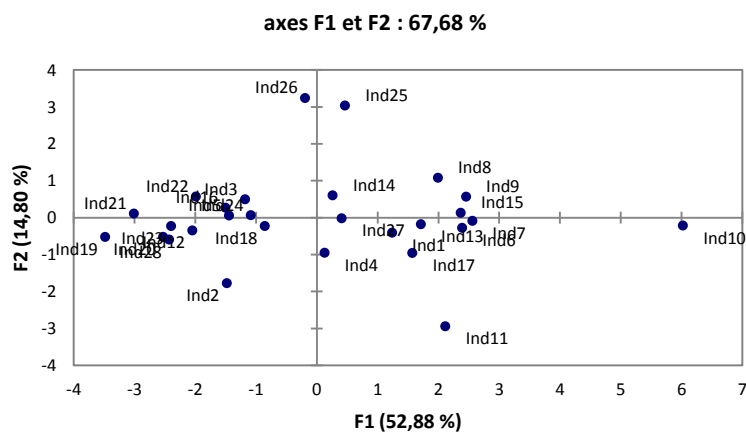


Figure n°40.

Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des filles, selon leurs plis cutanés sur les deux axes F1 et F2, du plan factoriel.

Les meilleures dimensions des plis cutanés apparaissent probablement chez les individus (filles), dix, quinze, neuf et huit (fig. 40).

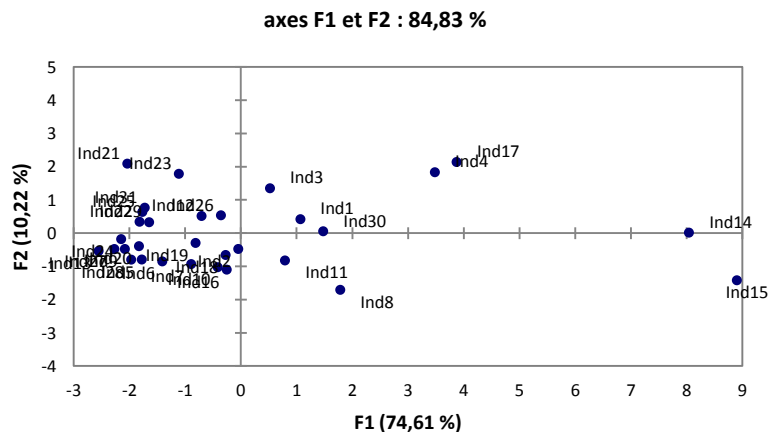


Figure n°41.

Représentation graphique de la disposition des individus du groupe général des garçons, selon leurs plis cutanés sur les deux axes F1 et F2, du plan factoriel.

La carte factorielle de la figure n°41 montre les individus présentant les meilleures mensurations dans le groupe des garçons qui sont les, quatorze, quinze, dix-sept et le quatre.

### 2.3. Conclusion de l'analyse en composantes principales

L'analyse multivariée nous a permis, premièrement, de sélectionner un nombre restreint de caractères anthropométriques, à partir duquel nous allons établir les profils morphologiques de chaque tranche d'âge. Deuxièmement, d'identifier sur les plans factoriels les individus présentant les meilleures mensurations par rapport au reste du groupe qui va servir de meilleurs profils.

- **La sélection des caractères anthropométriques des deux sexes.**

L'analyse en composantes principales normées des 47 caractères anthropométriques (longueurs, diamètres, circonférence, plis) étudiés chez les filles et 48 chez les garçons, a permis de sélectionner 16 caractères pour chaque sexe.

**Chez les nageuses,** nous avons sélectionné les caractères suivants :

- La stature, la longueur du membre supérieur, la longueur du tronc, la longueur de l'avant-bras et la longueur du membre inférieur.
- Le diamètre transversal du thorax, le diamètre de la main, le diamètre de distal de l'avant-bras, le diamètre bicipital et le diamètre du pied.

- La circonférence du thorax au repos, la circonférence du bras contracté et la circonférence de la cuisse.
- Le pli bicipital, le pli tricipital et le pli suprailique.

**Chez les nageurs**, nous avons sélectionné les caractères suivants :

- La stature, la longueur du tronc, la longueur du membre supérieur, la longueur de l'avant-bras et la longueur du membre inférieur.
- Le diamètre distal de l'avant-bras, le diamètre de la main, le diamètre du bras contracté et le diamètre du pied.
- La circonférence du thorax en inspiration, la circonférence du bras contracté, la circonférence de l'avant-bras et la circonférence de la cuisse.
- Le pli cutané sous-scapulaire, le pli bicipital et le pli tricipital.

Nous avons, également, retenu longueur de la stature et la masse corporelle pour les deux sexes, qui constituent des éléments indissociables du morphogramme ou profil anthropométrique.

- **Individus présentant les meilleures mensurations par rapport au reste du groupe des deux sexes**

Le second but de l'analyse en composantes principales est de pouvoir identifier les individus présentant les meilleures mensurations par rapport au reste du groupe, à travers leur dispersion sur l'un des axes F1 ou F2, du plan factoriel qui présente la plus grande inertie et qui donne de, ce fait, une meilleure vue sur l'ensemble du groupe.

Tout au long de l'analyse, nous avons constaté que les individus numéro vingt-deux chez les filles, et le huit chez les garçons, tous âgés de 14 ans, apparaissent sur les plans factoriels que ce soit des longueurs, diamètres, circonférences ou des plis cutanés, comme individus se distinguant du reste du groupe par leur positionnement sur l'axe F1 qui présente la plus grande inertie.

### **3. Détermination du profil anthropométrique**

Les profils morphologiques des nageuses et des nageurs sont établis à partir des données issues de l'analyse multivariée, sous forme de morphogrammes.

Nous avons, en premier lieu, représenté les profils anthropométriques comportant les caractères (poids, longueurs, diamètres, circonférences et plis cutanés) des nageurs des deux sexes par tranche d'âge (12, 13 et 14 ans). Ensuite, les profils des individus ayant les meilleures mensurations par rapport au groupe général (meilleurs individus).

### 3.1. Profils morphologiques des jeunes nageuses de la sélection nationale d'Algérie des 12, 13 et 14 ans

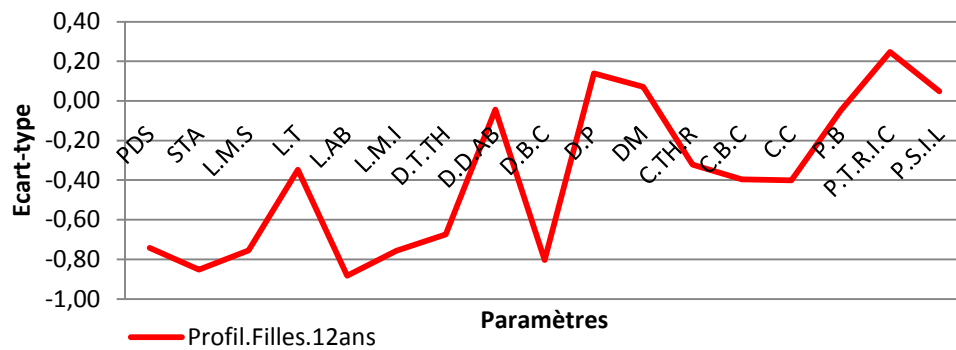


Figure n°42.

Profil morphologique féminin de la sélection nationale d'Algérie de natation (12 ans)

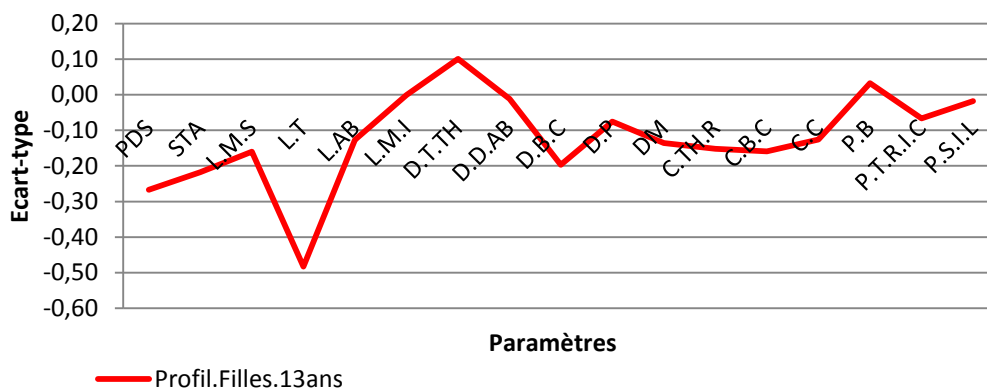


Figure n°43.

Profil morphologique féminin de la sélection nationale d'Algérie de natation (13ans)

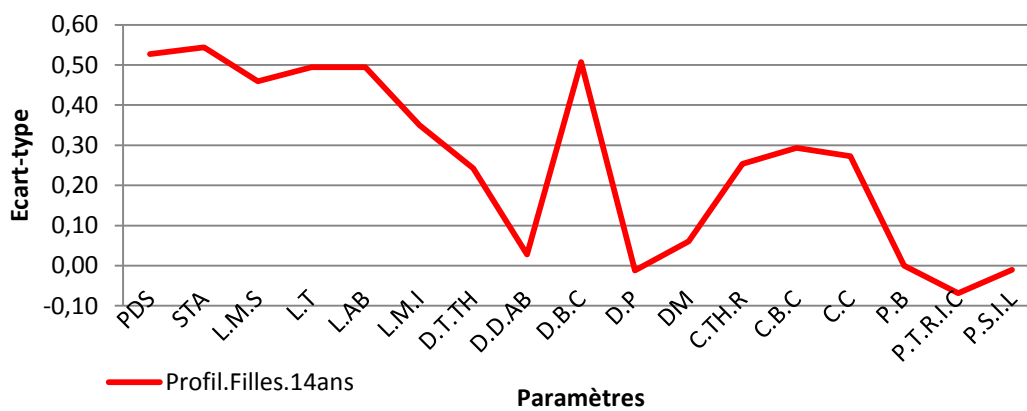


Figure n°44.

Profil morphologique féminin de la sélection nationale d'Algérie de natation (14 ans)

Les données physiques des nageuses algériennes de 12, 13 et 14 ans, évaluées par tranche d'âge par rapport aux données du groupe général, révèlent pour  $\sigma$  compris entre  $M+1$  et  $M-1$ , un développement physique moyen et pratiquement semblable pour les trois tranches d'âges des 12, 13 et 14 ans (fig. 42, 43 et 44). Ces résultats viennent confirmer les conclusions de nombreux auteurs selon lesquels il n'y a pas de différence dans les indices de développement physique (Boulgakova, 1990) ni dans la taille (Wattigney et al., 1999), ni au niveau de quelques paramètres biochimiques (Haralambie, 1982) dans cette tranche d'âge.

### 3.2. Profils morphologiques des jeunes nageurs de la sélection nationale d'Algérie des 12, 13 et 14 ans

#### 3.2.1. Profils morphologiques des jeunes nageurs de 12 ans

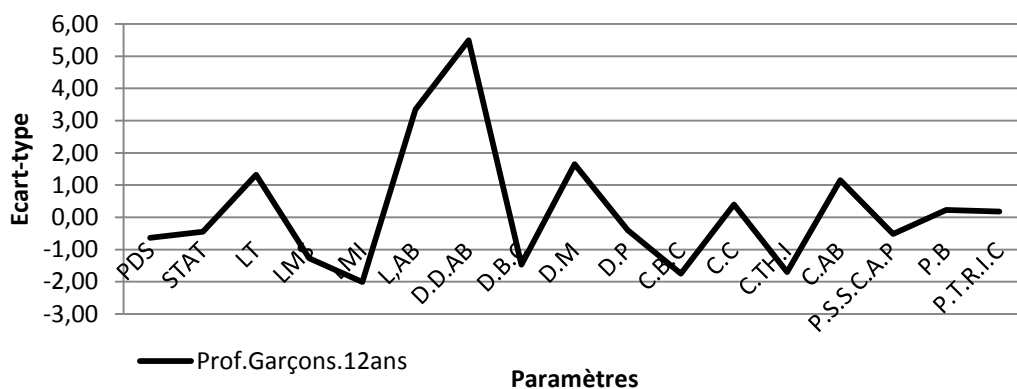


Figure n°45.

Profil morphologique masculin de la sélection nationale d'Algérie de natation (12 ans).

La lecture du profil morphologique du jeune nageur de 12 ans (fig. 45), par rapport au groupe général des 12, 13 et 14 ans, montre que les valeurs moyennes de la taille et du poids ( $M+1\sigma$  et  $M-1\sigma$ ) témoignent d'un niveau de développement physique moyen.

La longueur du tronc, le diamètre de la main et la circonférence de l'avant-bras ( $M+1\sigma$  et  $M+2\sigma$ ) traduisent un niveau de développement physique élevé et plutôt surélevé pour la longueur et le diamètre distal de l'avant-bras ( $M+2\sigma$  à  $M+3\sigma$ ).

Par contre, les valeurs moyennes de la longueur du membre inférieur, du diamètre bicrétal, de la circonférence du bras contracté et celle du thorax en inspiration ( $M-1\sigma$  à  $M-2\sigma$ ) sont d'un niveau bas, dû probablement au pic de croissance staturale survenant au début de la puberté vers 9-10 ans chez les filles, et 12-14 ans chez les garçons (Van Praagh, 2008 : 3), chose qui n'a pas été remarquée chez les filles de notre échantillon.

On remarque, ici, que le nageur de 12 ans présente un très bon développement, et cela devra inciter les entraîneurs à ne pas négliger ces paramètres.

### 3.2.2. Profils morphologiques des jeunes nageurs de 13 ans

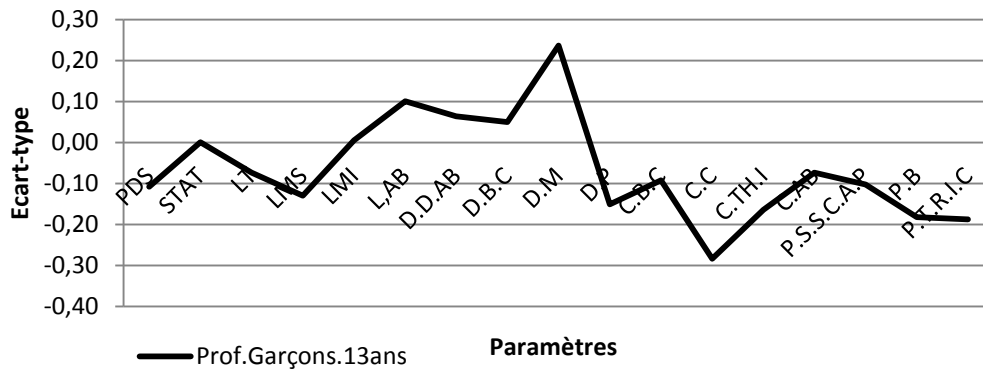


Figure n°46.

Profil morphologique masculin de la sélection nationale d'Algérie de natation (13 ans).

### 3.2.3. Profils morphologiques des jeunes nageurs de 14 ans

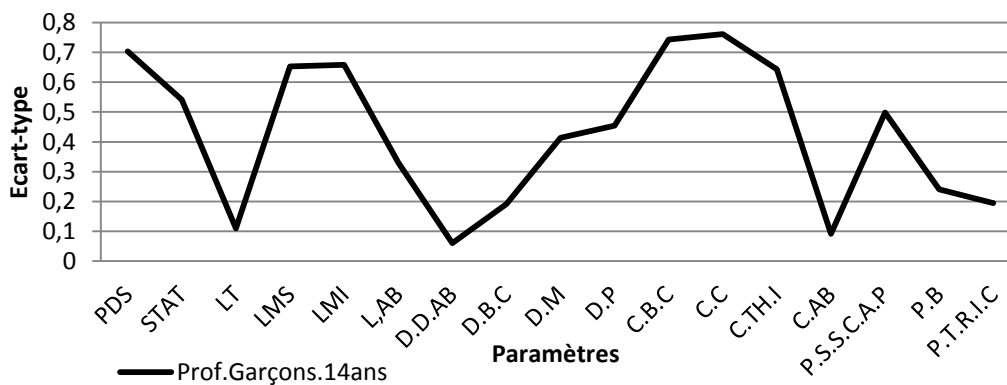


Figure n°47.

Profil morphologique masculin de la sélection nationale d'Algérie de natation (14 ans).

Les valeurs moyennes des différents caractères anthropométriques des nageurs de 13 ans (fig. 46) et de 14 ans (fig. 47), sont comprises entre  $M + 1\sigma$  à  $M - 1\sigma$ , témoignant ainsi un développement physique moyen. Cela est peut-être au fait qu'à cet âge on ne distingue pas de différences morphologiques (Wattigney et al., 1999).

### 3.3. Profils morphologiques des individus ayant les meilleures mensurations par rapport au groupe général des deux sexes

#### 3.3.1. Profils des individus ayant les meilleures mensurations chez les filles

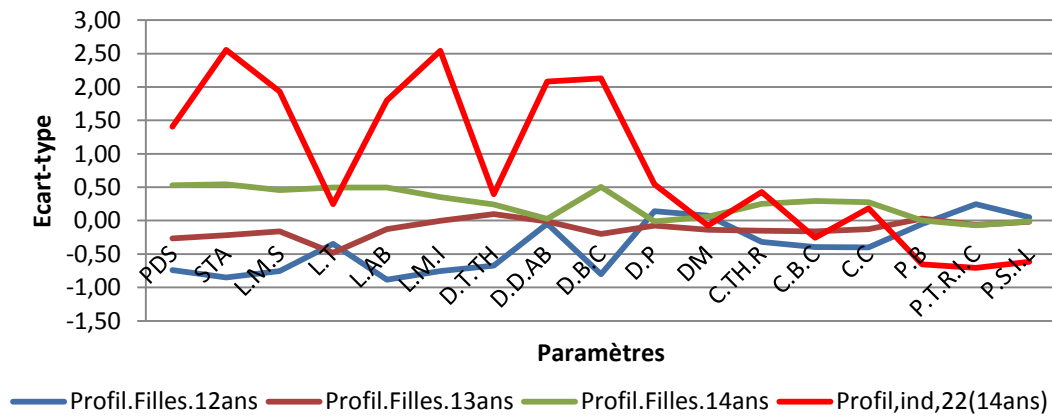


Figure n°48.

Profil du meilleur individu (nageuse n°22) avec ceux des 12, 13 et 14 ans.

Sur la figure n°48 ci-dessus, nous pouvons clairement remarquer que l'individu vingt-deux (filles) se distingue du reste des nageuses par les valeurs élevées et surélevées de pratiquement tous les caractères anthropométriques ( $M + 1\sigma$  à  $M + 2\sigma$  et  $M + 2\sigma$  à  $M + 3\sigma$ ). Distinction faite pour la longueur du tronc, le diamètre transversal du thorax, diamètre du pied et celui de la main, les circonférences et les plis cutanés ( $M + 1\sigma$  à  $M - 1\sigma$ ), ce qui peut s'expliquer par le niveau d'entraînement de notre échantillon et les charges déployées lors du regroupement au cours duquel nous avons fait nos investigations, sachons que les mesures des circonférences et, surtout, celles du bras nous renseignent sur la musculature et l'épaisseur des plis cutanés du même segment (Amador et al.1982 ; Arnhold, 1969 ; Etersson, 1975 ; Frisancho, 1974, 1984 ; Gurney et Jelliffe, 1973, Peria et al., 1979 ; Gonzales et Rodriguez, 1983),

### 3.3.2. Profils des individus ayant les meilleures mensurations chez les garçons

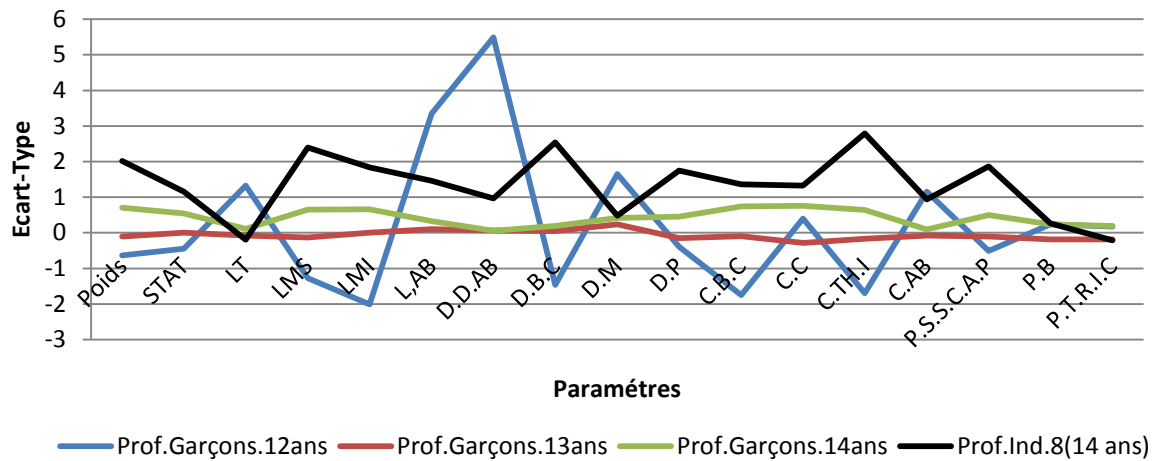


Figure n°49.

Profil de l'individu présentant les meilleurs anthropométriques (nageur n°8) avec ceux des 12, 13 et 14 ans.

Sur la figure n°49, l'individu huit (Ind.8) âgé de 14 ans, chez les garçons, se caractérise par les plus importantes mensurations par rapport au reste des nageurs des trois tranches d'âges. Seulement, la valeur moyenne de la longueur du tronc, du diamètre de la main et de la circonférence de l'avant-bras ainsi que les plis cutanés du bras et ceux du triceps, témoignent d'un développement physique moyen.

Ce nageur possède des caractéristiques dignes d'un nageur d'une sélection nationale. Selon Cazorla et al. (1985) «*le nageur qui présente le meilleur profil hydrodynamique est grand, léger dans l'eau, a un buste plat, des circonférences bideltaïdienne et bassin-fesses peu importantes, des reliefs osseux et musculaires ainsi qu'une courbure lombaire peu marquée et un rapport de taille membres inférieurs/tronc faible*».

#### 4. Étude corrélative entre les paramètres morphologiques et fonctionnels

L'étude corrélative entre les paramètres morphologiques et les tests physiques, séparément établie pour les deux sexes, a révélé quelques liens significatifs à des seuils différents, de 0,05, 0,01 et 0,001, notés respectivement moyen\*, bon\*\* et excellent\*\*\*.

#### 4.1. Corrélations de l'échantillon des filles

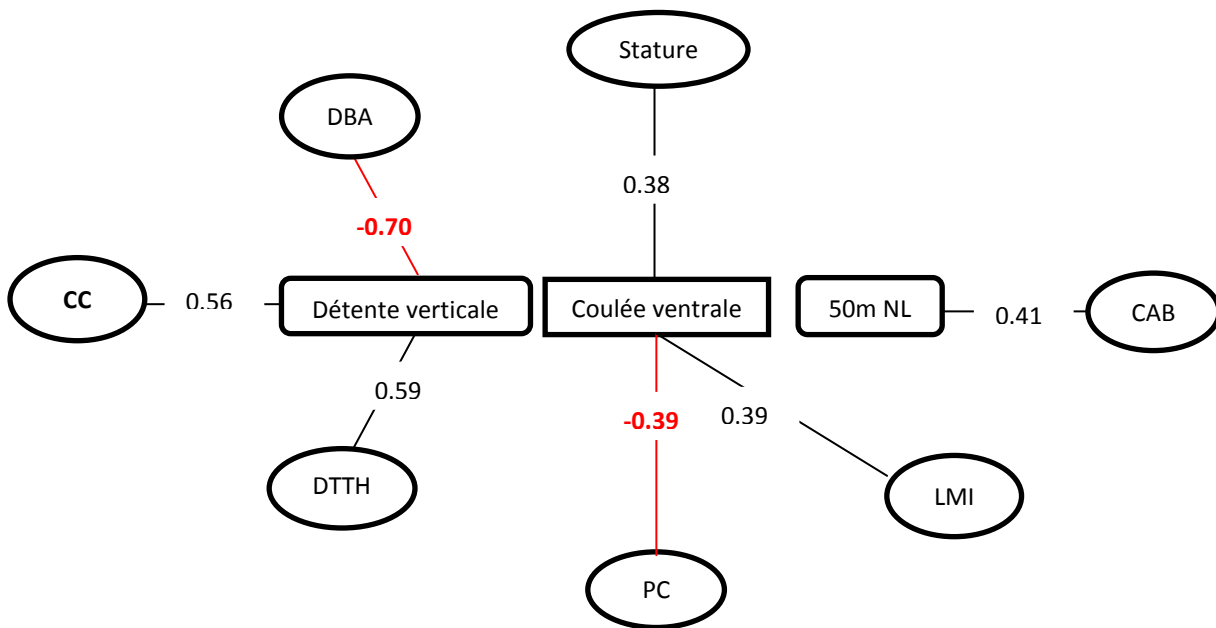


Figure n°50.

Diagramme des corrélations des paramètres anthropométriques et fonctionnels de l'échantillon des filles.

Les résultats de l'étude corrélative entre les paramètres morphologiques et fonctionnels de l'échantillon des nageuses révèlent quelques liens significatifs à  $P < 0,05$  (fig. 50).

La coulée ventrale est significativement corrélée avec la stature ( $r = 0,38$ ) et la longueur du membre inférieur ( $r = 0,39$ ) et le pli cutané de la cuisse ( $r = -0,39$ ). La détente verticale est significativement corrélée avec le diamètre transversal du thorax ( $r = 0,59$ ), la circonférence de la cuisse ( $r = 0,46$ ) et le diamètre biacromial ( $r = -0,70$ ). Il existe un autre lien négatif entre la performance du 50 mètres nage libre et la circonférence de l'avant-bras ( $r = 0,41$ ).



### **4.3. Discussion de l'étude corrélative entre les paramètres anthropométriques et fonctionnels des nageuses et des nageurs**

#### **a. Groupe des nageuses**

Les résultats du test de la coulée ventrale, qui est une partie intégrante du départ et du virage, sont significativement corrélés avec :

- La stature, dont la grandeur va de pair avec une meilleure coulée sur l'eau et qui, selon plusieurs auteurs (Cazorla et al., 1985 ; Chatard et al., 1987 ; Pelayo, 1989), représente l'un des facteurs les plus déterminants de la performance en natation comme largement argumenté ci-dessus dans les discussions anthropométriques.
- La longueur des membres inférieurs, parties du corps qui offrent au sujet l'aptitude d'exercer une puissance importante (Doré et al., 2000), et dont la force est aussi significativement liée à la détente verticale et à la performance du départ en natation (Keiner et al., 2015), ce qui peut expliquer le lien significatif entre ce paramètre et la coulée ventrale dans notre étude.
- Le pli cutané de la cuisse, par un lien négatif, c'est-à-dire que plus petite est sa valeur, meilleur est la coulée. D'un côté nos nageuses sont mesurées en plein stage de préparation d'hiver, où elles subissent de grandes charges qui font qu'elles perdent probablement en masse adipeuse et gagnent en masse musculaire, ce qui va se constater en bas avec la circonférence de la cuisse. D'un autre côté le volume des membres inférieurs, sans sa masse adipeuse, est souvent utilisé pour standardiser la performance qui engage la masse musculaire de ce segment du corps (Van Praagh, 2008 : 200). Notons aussi que la coulée ventrale dépend de la puissance des membres inférieurs, qui apportent beaucoup aux départs, virages et même à la nage (Chollet et al., 1997).

Le nageur, qui présente le meilleur profil hydrodynamique, présente des reliefs osseux peu marqués et un buste plat (Cazorla et al., 1984). Ce profil argumente le très fort lien entre les résultats du test de la détente verticale avec :

- Le diamètre biacromial qui, comme toutes les dimensions transversales à cet âge, est couplé à la croissance longitudinale (Rauche, 2005 in Van Praagh, 2008 : 99). Donc, il serait logique que plus importante est cette dimension transversale, meilleure sera la détente, et le contraire est vrai.
- La circonférence de la cuisse, reflétant la musculature des membres inférieurs qui offre de l'avantage au nageur lors de la poussée au bord de la piscine (Keiner et al.,

2015), ce qui semble justifier le lien significatif entre cette circonférence et la détente verticale.

- Le diamètre transversal du thorax qui fait partie des mesures les plus corrélées avec la performance chez les nageurs du 100 m nage libre (Boulgakova, 1978). Donc, sa corrélation avec les résultats de ce test semble évidente.

Des études ont montré que lors des courtes distances et des départs, les extrémités supérieures du corps du nageur sont fortement sollicitées (Keiner et al., 2015), et l'augmentation de la vitesse de nage exige une plus grande force de propulsion lors des cycles de mouvements des bras (Strzała et Tika, 2014). Cela explique probablement le lien significatif entre la performance du 50 m nage libre et la circonférence de la cuisse dans notre étude.

### **b. Groupe des nageurs**

Chez les nageurs, les résultats du test de la détente verticale sont fortement corrélés à la circonférence du thorax en inspiration, un lien qui nous semble logique, étant donné que c'est l'une des circonférences qui déterminent la musculature du tronc et que dans une étude récente, Keiser et al. (2015) ont montré une forte corrélation entre la force du tronc et la performance du squat. Nous savons, également, que cette circonférence est liée à la capacité vitale qui dépend du niveau d'entraînement du nageur et influe directement sur la poussée de flottaison (Chatard et al., 1987), d'autant plus que nos nageurs appartiennent à la sélection nationale et jouissent apparemment d'un bon niveau d'entraînement.

Le lien inversement significatif entre la performance du 400 m nage libre et le diamètre transversal du thorax, d'un côté, et la circonférence du thorax en inspiration, de l'autre côté, est tout à fait logique c'est-à-dire une meilleure performance va de pair avec de grandes dimensions et vice versa. On sait, également, que le renforcement de la musculature des extrémités du corps ainsi que celle du tronc améliore les performances en natation (Ramos et al., 2014).

Nous avons, par contre, noté de nombreuses corrélations entre les résultats du test de la coulée ventrale et les paramètres morphologiques, tels que :

- La masse corporelle (poids ou BM), la stature, la longueur du membre inférieur, la longueur du membre supérieur, la longueur de la main et la longueur de la cuisse, des paramètres qui offrent des avantages à la performance en natation comme le confirment plusieurs auteurs comme Bouhlel et al. (2006), qui considèrent que la masse corporelle représente un paramètre significativement lié au pic de puissance mesuré sur ergocycle, à la détente verticale et au test du *5-jump* et que chez les

sprinteurs, les valeurs de ce même paramètre (BM) et celles de la masse maigre (LBM) sont élevées (Grimston et Hay, 1986 ; Jurimae et al., 2007 ; Keskinen et al., 1989 ; Chatard et al., 1990 ; Strzala et al., 2005). Par contre, les liens significatifs relatifs aux longueurs citées sont justifiés par le fait que les grandes longueurs offrent les meilleures propriétés hydrodynamiques et génèrent moins de vagues, comparés aux plus petits (Vorontsov et Rumyantsev, 2000 ; Toussaint et Truijens, 2005).

- La circonférence de la cuisse, qui détermine le volume musculaire et la force de cette partie du corps, qui en crawl équivaut les 15 % de la force propulsive totale d'après Zatsiorsky (2003). Aussi d'après Hawley et al. (1992), la puissance des jambes présente un lien significatif avec la performance de nage de sprint chez les jeunes nageurs masculins (âge :  $13,6 \pm 1,2$  ans), ce qui nous ramène à dire que plus la circonférence de la cuisse est grande, meilleure est la détente, justifiant ainsi son lien avec le test de la coulée ventrale dans notre étude.
- La circonférence du thorax en inspiration, qui semble offrir un avantage à la flottabilité du nageur (Cazorle, 1993) (Chatard et al., 1990).
- Le diamètre transversal du thorax, une mesure retenue dans les modèles morphofonctionnels des nageurs de haut niveau (Boulgakova, 1978). Nous savons également que les diamètres tels que des épaules combinées avec les longueurs des extrémités jouent un grand rôle dans la propulsion du nageur (Geladas et al., 2005 ; Saavedra et al., 2010). Ceci justifie sûrement le lien significatif existant entre ce paramètre et test de la coulée ventrale.

Finalement, le lien négatif entre le test de vitesse sur 10m NL et la circonférence du bras contracté est en accord avec des études précédentes (Jurimäe et al., 1998) (Timothy et al., 2006) (Vidailhet, 1999), qui suggèrent que les circonférences reflètent le développement du tissu musculaire, et cette épreuve, nécessite un grand effort musculaire expliquant probablement la corrélation significative.

## Conclusion générale

---

Nous avons voulu, par ce travail, contribuer à la mise en place de références du point de vue profil morphologique type du jeune nageur algérien. L'objectif principal se résume à la détermination du profil morphologique du jeune nageur de la sélection algérienne des deux sexes de 12, 13 et 14 ans, et son influence sur la performance.

La première partie de ce travail de recherche comportait l'analyse des paramètres anthropométriques et fonctionnels de notre échantillon général d'âges moyens  $13,25 \pm 0,80$  ans pour les filles et  $13,03 \pm 0,80$  pour les garçons, par les méthodes anthropométriques dans le but de déterminer les caractéristiques morphologiques et fonctionnelles propres à cette tranche d'âge. Les résultats de l'analyse statistique nous ont permis d'avoir une vision plus claire sur les caractéristiques morphofonctionnelles des jeunes nageuses et nageurs algériens, où nous avons noté une homogénéité entre les membres des groupes, pour la plupart des caractères anthropométriques, les indices de développement physique, les composants du poids du corps, les résultats des tests physiques et les performances des épreuves du 50 m et du 400 m nage libre indépendamment pour chaque sexe. Ces résultats traduisent une dynamique de croissance normale relative à l'âge pubertaire et un développement physique et morphologique conforme aux nageurs de cette tranche d'âge et ce, malgré quelques faibles degrés d'homogénéité au niveau de certains paramètres morphologiques ou fonctionnels, qui ne semblent pas influencer le cours de la recherche confirmant, ainsi, notre première hypothèse.

La deuxième partie de notre travail était consacré à l'analyse en composante principale qui traite les caractères de même expression, les longueurs, les diamètres, les circonférences ou bien les plis cutanés, et sélectionner un nombre restreint sans perdre l'essentiel de l'information sur le développement morphologique de nos nageurs.

Nous avons un double objectif : premièrement, ressortir un nombre restreint et représentatif de caractères morphologiques propres à cette tranche d'âge pour chaque sexe, ensuite, détecter les individus qui présentent les meilleures mensurations par rapport au reste du groupe. Nous en avons eu comme résultats :

- Sur les 47 caractères anthropométriques traités chez les filles et 48 chez les garçons séparément, nous avons retenus seize pour chaque sexe.
- Nous avons, ensuite, identifié les individus numéro vingt-deux chez les filles et le huit chez les garçons âgés de 14 ans, comme individus qui se distinguent du reste du groupe par leurs meilleures mensurations anthropométriques.

La troisième partie de notre recherche était consacrée aux morphogrammes établis à partir des sélections issues de l'analyse en composantes principales. L'objectif était de proposer des profils types des jeunes nageurs algériens des deux sexes. Ainsi, nous avons abouti à l'élaboration des profils morphologiques par âge et sexe ainsi que les profils des individus présentant les meilleures mensurations par rapport au groupe général de chaque sexe, confirmant, ainsi, la seconde hypothèse.

Enfin, la dernière partie était consacrée à l'étude corrélatrice entre les paramètres morphologiques, les tests physiques et les performances des épreuves du 50m et du 400m nage libre, réalisés en compétitions. L'objectif était la détermination de l'influence du développement physique sur la performance des jeunes nageuses et nageurs séparément. Les résultats montrent que les paramètres morphologiques, sont faiblement corrélés aux tests physiques, et aux performances des épreuves choisies de la compétition. Ainsi, la troisième hypothèse selon laquelle le niveau du développement physique influe sur la performance est confirmée.

En résumé, notre travail de recherche, par ses conclusions, se place aux côtés de nombreux travaux établis dans ce sens, sur le fait qu'à cet âge, il n'y a pas de différence entre les indices de développement physique (Bulgakova, 1990), ni morphologiques (Wattigney et al., 1999), ni biochimiques (Haralambie, 1982), et que les performances sont liées aux paramètres anthropométriques, physiologiques et biomécaniques (Claessens et al., 1991 ; Damsgaard et al., 2001).

Nous avons voulu, par ce travail, apporter des directives pratiques aux professionnels de la natation en matière de profil morphologique type du jeune nageur algérien, d'autant plus que l'échantillon est la sélection nationale.

Enfin, notre perspective est de poursuivre nos investigations avec les sélections nationales algériennes durant les années à venir, afin d'avoir une représentation définitive de la morphotypologie du jeune nageur algérien.

## Bibliographies

- Acheson, R.M. (1966). Maturation of the skeleton, *In* : Falkner F, ed. *Human development*, pp. 465-502. Saunders, Philadelphia, Pa. *Cité in* : Beunen et al., 2006, p. 244.
- Adamsbaum, C., Aït Ameer, A., Benosman, SM., Etré, C. & Kalifa, G (2002). Âge osseux et diagnostic des troubles de la croissance. *Encycl Méd Chir (Éditions Scientifiques et Médicales. Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Radiodiagnostic - Squelette normal*, 30-480-A-20, p. 8.
- Amador, M., Gonzales, M.E., Cordova, L. & Perez, N. (1982). Diagnosing and misdiagnosing malnutrition. *Acta Paediatr. Acad. Sci. Hungaricae* 23:391-401. *Cité in* : Frisancho, & Tracer, 1987.
- Amhold, R. (1969). The QUAC stick A field measure used by the Quaker service team, Nigeria. *J. Trop. Pediatr.* 15:241-247. *Cité in* : Frisancho, & Tracer, 1987.
- Armstrong, N. & Van Mechelen, X. (1998). Are young people fit and active ? *In* : Young and active ? Young people and Health-enhancing Physical Activity : Evidence and implications (SJH Biddle, N Cavill and JF Sallis, editors), pp. 69-97. London : Health Education Authority. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 27.
- Asmussen, E. & Heeböll-Nielsen, K.A. (1955). Dimensional Analysis of Physical Performance and Growth in Boys. *J Appl Physiol* ; 7. *Cité in* : Poujade, et al., 2003.
- Astrand, P.O. & Rodahl, K. (1980). *In* : Précis de physiologie de l'exercice musculaire. Traduit par Lacour JR, editor. Masson. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Bailey, R.C., Olson, J., Pepper, S.L., Porszasz, J., Bartow, T.J. & Cooper, D.M. (1995). The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27: 1033-1041. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 25.
- Bailey, D.A., McKay, H.A., Mirwald, R.L., Crocker, P.R.E. & Faulkner, R.A. (1999). A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: The University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study. *J. Bone Miner. Res.* 14:1672-1679. *Cité in* : Jürimäe et al., 2008, p. 47.
- Balyi, I., Way, R., Norris, S., Cardinal, C. & Higgs, C. (2005). Document de référence Au Canada, le sport c'est pour la vie : développement à long terme de l'athlète, Centre canadien multisports Vancouver (C. B.). *Cité in* : Balyi & Way, p. 9.
- Balyi, I. & Ross, G. (2009a). Optimal Trainability for Young Developmental Performers, *In* : Balyi, I. & Williams, C. (éd.), *Coaching the Young Developmental Performer*, Leeds, Coachwise, p. 17 - 38. *Cité in* : Balyi & Way, p. 8.
- Balyi, I. & Ross, G. (2009b). « Key Coaching Issues in the Growth and Maturation of Young Developmental Performers », dans Balyi, I. & Williams, C. (éd.), *Coaching the Young Developmental Performer*, Leeds, Coachwise, 2009, p. 39 45. *Cité in* : Balyi & Way, p. 8.
- Balyi, I. & Way, R. Le suivi de la croissance : un aspect important du développement à long terme du participant/athlète. Consulté en date du 10 Septembre 2015.  
[https://www.google.dz/?gws\\_rd=ssl#q=Balyi+I.+et+Way+R.+Le+suivi+de+la+croissance+:+un+aspect+important+du+d%C3%A9veloppement+%C3%A0+long+terme+du+participant%2Fathl%C3%A8te](https://www.google.dz/?gws_rd=ssl#q=Balyi+I.+et+Way+R.+Le+suivi+de+la+croissance+:+un+aspect+important+du+d%C3%A9veloppement+%C3%A0+long+terme+du+participant%2Fathl%C3%A8te).

- Baquet, G., Stratton, G., Van Praagh, E. & Berthoin, S. (2007). Improving physical activity assesment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring. *Prev. Med.* 44 : 143-147. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 25.
- Bar-Or, O. (1989). Trainability of the prepubescent child. *Phys. Sports med.* 17 : 65-66. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 28.
- Batalha, N.M, Raimundo, A.M., Tomas-Carus, P., Barbosa, T.M., Silva, A.J. (2013). Shoulder rotator cuff balance, strength, and endurance in young swimmers during a competitive season. *PubMed. J Strength Cond Res.* 27(9) : 2562-8. doi : 10.1519/JSC.0b013e31827fd849.
- Bayley.N. & Pinneau, S.R. (1952). Tables for predicting adult height from skeletal age : revised for use with the Greulich-Pyle hand standards. *J Pediatr.*40 : 423-41. *Cité in* :Beunen et al., 2006, p. 249.
- Bayley, N. (1946). Tables for predicting adult height from skeletal age and present height.*Journal of Pediatrics* ; 28 : 49-64. *Cité in* : Eston & Reilly, 2009, p. 86.
- Benefice, E., Mercier, J., Guerin, M.J. & Prefaut, C.h. (1990). Differences in aerobic and anthropometric characteristics between peripubertal swimmers and non-swimmers. *Int J Sports Med*, Vol 11, No 6 :pp 456-60. *Cité in* : Prioux et al., 2001.
- Berger, M.A., de Groot, G. & Holleter, A.P. (1995). Hydrodynamic drag and lift forces on human hand arm models. *J Biomech* ; 28(2) : 125-33. *Cité in*: Marinho et al., 2009.
- Berman, N., Bailey, R., Barstow, T.J. & Cooper, D.M. (1998). Spectral and bout detection analysis of physical activity patterns in healthy prepubertal boys and girls. *Am. J. Human Biol.* 10 : 289-297. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 25.
- Beunen, G. & Malina, R.M. (1996). Growth and biological maturation : relevance to athletic performance, in *The Encyclopedia of Sports Medicine : The Child and Adolescent Athlete*, Bar-Or, O., Ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford, 3. *Cité in* : Jürimäe & Jürimäe, 2000, p. 1.
- Beunen, G., Malina, R.M., Lefevre, J., Claessens, A.L., Renson, R. & Simons, J. (1997). Prediction of adult stature and non-invasive assessment of biological maturation. *Medicine and Science in Sports and Exercise* ; 29 : 225-30. *Cité in* : Eston, & Reilly, 2009, p. 249.
- Beunen, G. & Thomis, M. (2000). « Muscle Strength Development in Childhood and Adolescence », *Pediatric Exercise*, vol. 12, p. 174 197. *Cité in* : Balyi, & Way, 2008, p. 8.
- Beunen, G., Rogol, A.D. & Malina, R.M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation, *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 27, no. 4 (supplement), pp. 244-256. The United Nations University. *Cité in* : Martine et al., 2006, p. 257.
- Beunen, G., Malina, R.M., Freitas, D.L., Thomis, M.A., Maia, J.A., Claessens, A.L., Gouveia, E.R., Maes, H.H. & Lefevre, J. (2011). Prediction of adult height in girls : The Beunen-Malina-Freitas method. *Journal of Sports Sciences*, December ; 29(15) : 1683-1691.
- Bixler, B.S. & Riewald, S. (2002). Analysis of swimmer's hand and arm in steady flow conditions using computational fluid dynamics. *J Biomech* ; 35 : 713-7. *Cité in* : Marinho et al., 2009.
- Blair,S.N. & Connelly J.C. (1996b). How much physical activity should we do ? The case for the moderate amounts and intensities of physical activity. *Res Q Exerc. Sport*, 67 : 193-205. *Cité in* :Van Praagh, 2008, p. 31.

- Bloom, B.S. Developing talent in the young, New York, Ballantine.(1985). *Cité in* : Salmela JH. Duret-Bush N. La détection des talents ou le développement de l'expertise en sport. Deuxième partie. Comportement moteur et performance sportive. École des sciences de l'activité physique, Université d'Ottawa, Ontario. *Enfance*, n°2-3, 233-245.
- Bodzsar, E.B. & Susanne, C., eds. (1998). *Secular growth changes in Europe*. Budapest, Hungary: Eotvos Lorand University Press, 1998. Europe. Budapest, Hungary: Eotvos Lorand University Press.
- Bouhlef, E., Bouhlef, H., Chelly, M.S. & Tabka, Z. (2006). Relationship between maximal anaerobic power measured by force-velocity test and performance in the counter movement jump and in the 5-jump test in moderately trained boys. *Science & Sports* 21 (2006) 1-7.
- Bulgakova, N.Z., Voroncov, A.R. (1978). Comment pronostiquer les capacités des nageurs en s'appuyant sur des recherches longitudinales. *Teorija y praktika*. Traduction Insep ; 7(no 6403) : 37-40. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Bulgakova, N. (1990). *Sélection et préparation des jeunes nageurs*. Éditions VIGOT (Paris) France.
- Cameron, N. (1984). *The Measurement of Human Growth*. Croom Helm ; London. *Cité in* : Eston, R. et Reilly, T. 2009, p. 73.
- Capelli, C., Zamparo, P., Cigalotto, A., Francescato, M.P., Soule, R.G., Termin, B., Pendergast, D.R. & di Prampero, P.E. (1995). Bioenergetics and biomechanics of front crawl swimming. *J Appl Physiol* ; 78 (2) : 674-9. *Cité in* : Poujade, al.,2003.
- Carter, J.E.L. (ed). (1982). *Physical Structure of Olympic Athletes. Part I. The Montreal Olympic Games Anthropological Project*. Medicine et Sport 16. Karger ; Basel. *Cité in* : Eston, & Reilly, 2009, p. 73.
- Caspersen, C.J., Powell, K.E. & Christiansen, G.M. (1985). Physical activity, exercise and physical fitness : definitions and distinctions for health-related research, *Publ. Health Rep.*, 100 : 126-131. *Cité in* : Jürimäe, & Jürimäe, 2000, p. 52.
- Caterini, R., Chollet, D. & Micallef, J.P. (1991). Tests statiques et dynamiques en relation avec la performance en natation. UFRAPS Montpellier. INSERM, Laboratoire de biométrie Montpellier. No25. Volume 12, p. 45. Consulté en date du 20 août 2015. [https://www.google.dz/?gws\\_rd=ssl#q=TESTS+STATIQUES+ET+DYNAMIQUES+EN+RELATION+AVEC+LA+PERFORMANCE+EN+NATATION](https://www.google.dz/?gws_rd=ssl#q=TESTS+STATIQUES+ET+DYNAMIQUES+EN+RELATION+AVEC+LA+PERFORMANCE+EN+NATATION)
- Cazorla, G., Leger, L. & Marini, J.F. (1984). Les épreuves d'effort en physiologie, évaluation du potentiel aérobie. *Spécial Évaluation*. Paris : INSEP p. 95-118. *Cité in* : Prioux et al., 2001.
- Cazorla, G., Monpetit, R. & Chatard, J.C. (1985). *Aspect biologique de la natation de compétition*. Centre de recherche sur la culture technique, Neuilly-sur-Seine. France.
- Cazorla, G., Montpetit, R. & Chatard, J.C. (1985). *Aspects biologiques de la natation de compétition*. Centre de recherche sur la culture technique, Neuilly-sur-Seine (FRA).
- Cazorla, G., Montpetit, R., Fouillot, J.P. & Cervetti, J.P. (1985). Étude méthodologique de la mesure directe de la consommation maximale d'oxygène au cours de la nage. *Cinésiologie*, 21-33. 40.
- Cazorla, G. (1993). *Tests spécifiques d'évaluation du nageur*. Ed. Association pour la recherche et l'évaluation en A.P.S. Fédération Française de Natation Paris.

- Chatard, J.C., Padilla, S., Cazorla, G. & Lacour, J.R. (1985a). Influence of body height, weight, hydrostatic lift and training on the energy cost of the front crawl. *NZJ Sports Med.* 13 : 82-84.
- Chatard, J.C., Padilla, S., Cazorla, G. & Lacour, J.R. (1987). Influence de la morphologie et de l'entraînement sur la performance en natation. *Revue Staps* ; 8 (15) : 23-7. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Chatard, J.C., Lavoie, J.M. & Lacour, J.R. (1990). Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *Eur J Appl Physiol* ; 61: 88-92.
- Chatard, J.C., Agel, A.M., Lacoste, L., Millet, C., Paulin, M. & Lacour, J.R. (1991). Coût énergétique du crawl chez les nageurs de compétition. *Sciences et Sports* ; 6 : 43-50. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Chollet, D. (1990). *Approche scientifique de la natation sportive*. Vigot, Paris.
- Chollet, D., Tourny, C., Gleizes, F., Sidney, M. & Pelayo, P. (1997). Comment les nageurs experts structurent le 100 m nage libre. Elsevier. *Science & Sports*, 12 : 23240. Paris.
- Claessens, A.L., Veer, F.M., Stijnen V. et al., (1991). Anthropometric characteristics of outstanding male and female gymnasts. *J Sports Sci* ; 9 (1) : 53-74. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Coste, J., Écosse, E., Lesage, C., Chaussain, J.L. & Carel, J.C. (2002). Evaluation of adolescent statural growth in health and disease : reliability of assessment from height measurement. Series and development of an automated algorithm. *Horm Res*, 58 : 105-14. *Cité in* : Expertise collective. 2007, p. 46.
- Costill, D.L., Kovalski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R. & King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming : predicting success in middle-distance events. *Int J Sports Med* ; 6 : 266-70. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Counsilman, J.E. (1951). *An Analysis of the Application of Force in Two Types of Crawl Strokes*, doctoral dissertation, University of Iowa, Iowa City. *Cité in* : Pelayo P., 2010, p. 18-23.
- Counsilman, J.E. (1968). *The Science of SWIMMING*. Prentice Hall, New Jersey. *In* F. DESY - C. WARREN - J.-M. LAVOIE - Relation vitesse, fréquence de cycle de bras et distance par cycle de bras en natation : Applications à l'entraînement. Département d'éducation physique, Université de Montréal C.P. 6128 succ., centre-ville Montréal (Québec) H3C 3J7, Canada.
- Craig, B.A., Pendergast, D.R. (1979). Relationships of stroke rate, stroke length and velocity in competitive swimming. *Med Sci Sports and Exerc* ; 11 : 278-83. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Damsgaard, R., Bencke, J., Matthiesen, G. et al., (2001). Body proportions, body composition and pubertal development of children in competitive sport. *Sc et J Med Sci Sports* ; 11(1) : 54-60. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Dare, E., Diallo, O., Bedu, M., et Van Praagh, E. (2000). Exercice et croissance. *Science & Sports*, Volume 15, Issue 6, November-December 2000, Pages 342-348.
- De François, C. (1870). *La Locomotion dans l'eau. Principes élémentaires de natation*. Imprimerie Mato-Braine, Reims. *Cité in* : Pelayo, 2010, p. 18-23.
- De Groot, G. & Van Ingen Schenau, G.J. (1987). Fundamental mechanics applied to swimming : technique and propelling efficiency. *In* : *Swimming V* (Ungereths B., Wilkie

- K. & Reischle K., eds.), Human Kinetics Publishers Inc., Champaign, Illinois. *Cité in* : Boie, & Montpetit, 1987.
- Di Prampero, P.E., Pendergast, D.R., Wilson, D.W. & Rennie, D.W. (1974). Energetics of swimming in man. *J Appl Physiol* 1974;37(1):1-5. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Du Bois-Reymond, R. (1905). Zur physiologie des schwimmens. *Arch. Anat. Physiol. abt*, 29 : 252-278. *Cité in* : Pelayo, 2010, p. 18-23.
- Du Bois, G. & Montpetit, R. (1987). Influence de la vitesse de nage et des dimensions corporelles sur la consommation d'oxygène à la brasse. Elsevier. *Science & Sports*, 293-301. Paris.
- Duché P, Falgairette G, Bedu M, Lac G, Robert A, Coudert J. Analysis of performance of prepubertal swimmers assessed from anthropometric and bio-energetic characteristics. *Eur J Appl Physiol* 1993 ; 66 : 467-71.
- Ducros, A., Pasquet, P. (1978). Évolution de l'âge d'apparition des premières règles (ménarche) en France. *Biométrie Humaine*, 13 : 35-43. *Cité in* : Expertise collective. 2007, p. 49.
- Durnin, J.V.G.A. & Rahaman, M.M. (1967). The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br J Nutr* ; 21 : 681-9. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Eiben, O.G., Panto, E., Gyenis, G. & Frohlich, J. (1986). Physique of young female gymnasts. *Anthropologiai Közlemenyek*, 30, 209-20. *In* : Phyllis, 1990, p. 172.
- Eriksson, B.O., Karlsson, J. & Saltin, B. (1971). Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. *Acta Paediatr ScetSuppl* ; 217 : 154-7. *Cité in* : Ratel, & Martin, 2011.
- Eriksson, B.O. (1980). Muscle metabolism in children-a review. *Acta Paediatr Scand Suppl*; 283 : 20 - 8. *Cité in* : Ratel, & Martin, 2011.
- Erlanson, M.C., Sherar, L.B., Mirwald, R.L. et al. (2008). Growth and maturation of adolescent female gymnasts, swimmers, and tennis players. *Med Sci Sports Exerc* ; 40(1) : 34-42.
- Eston, R. & Reilly T. (2009). *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual. Tests, procedures and data*. Third Edition. Taylor & Francis e-Library. Simultaneously published in the USA and Canada.
- Etersson, M.A. (1975). Use of height-arm circumference measurement for nutritional selectivity in Sri Lanka school feeding. *Am. J. Clin. Nutr.* 28.775-781. *Cité in* : Frisancho, & Tracer, 1987.
- Expertise collective. (2007) *Croissance et puberté : Évolutions séculaires : facteurs environnementaux et génétiques*. Éditions Inserm.
- Falgairette, G., Duche, P., Bedu, M., Fellmann, N. & Coudert, J. (1993) Bioenergetic characteristics in prepubertal swimmers. Comparison with active and non-active boys. *Int Sports Med* ; 14 : 444-8. *Cité in* : Prioux et al., 2001.
- Falk, B., Lidor, R., Leter, Y. & Lang, B. (2004). Talent identification and early development of elite water-polo players : a 2-year follow-up study. *J Sports Sci* ; 22 : 347-55. *Cité in* : Strzała, & Tyka, 2009.

- Fellmann, N. & Coudert, J. (1994). Physiologie de l'exercice musculaire chez l'enfant. Arch Pédiatr ; 1 : 827-40. *Cité in* : Prioux et al., 2001.
- Flandrois, R., Grandmontagne, M., Mayet, M.H., Favier, R. & Frutoso, J. (1982). La consommation maximale d'oxygène chez le jeune français, sa variation avec l'âge, le sexe et l'entraînement. J Physiol Paris ; 78 : 186-94. *Cité in* : Prioux et al., 2001.
- Flandrois, R., Grandmontagne, M., Mayet, M.H., Favier, R. & Frutoso, J. (1982). La consommation maximale d'oxygène chez le jeune français, sa variation avec l'âge, le sexe et l'entraînement. J Physiol Paris ; 78 : 186-94. *Cité in* : Prioux et al., 2001.
- Fowler, P.J. & Regan, W.D. (1986). *Cité in* : Adolf Odji. Charles M. Thiebault-Pierre Sprumont. *Le sport après 50 ans*. Éditions De Boeck Université s.a., 1re édition. France 2005, p. 161.
- Fox, E.L. & Mathews, D.K. (1984). *Bases physiologiques de l'activité physique*. Décarie inc. Editions Vigot. 1984, pp. 339-344.
- Frisancho, A.R. & Tracer, D.P. (1987). Standards of Arm Muscle by Stature for the Assessment of Nutritional Status of Children. *American journal of physical anthropology*. ALAN R. LISS, INC. 73:459-465.
- Frisancho, A.R. (1974) Triceps skinfold and upper arm muscle size norms for assessment of nutritional status. Am. J. Clin. Nutr. 27~1052-1057. *Cité in* : Frisancho, &Tracer, 1987.
- Gardano, P. & Dabnichki, P. (2006). On hydrodynamics of drag and lift of the human arm. J Biomech ; 39 : 2767-73. *Cité in* : Marinho et al., 2009.
- Geladas, N.D., Nassis, G.P. & Pavlicevic, S. (2005). Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. *Int J Sports Med* ; 26(2) : 139-44. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Godin, P. (1935). *Recherches anthropométriques sur la croissance des diverses parties du corps*. 3e édition. Paris.
- Gonzales, M.E. & Rodriguez, C. (1983). Estudio de algunos indicadores antropometricos y funcionales en varones de 11-20 años. Rev. Cubana Pediatr. 55:644-660. *Cité in* : Frisancho, & Tracer, 1987.
- Greulich, W.W. & Pyle, S.I. (1959). Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist, 2nd ed. Palo Alto, Calif, USA : Stanford University Press. *Cité in* : Beunen et al., 2006, pp. 244-254.
- Grimston, S.K. & Hay, J.G. (1986). Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, 18 : 60-8.
- Grodjinovski, A. & Bar-Or, O. (1984). Influence of added physical education hours upon anaerobic capacity, adiposity and grip strength in 12-13 year old children enrolled in sports class. Berlin : Heidelberg Springer, p. 126. *Cité in* : Prioux et al., 2001.
- Gruodyte, R., Saar, M., Jurimae, J., Maasalu, K. & Jurimae, T. (2008). Bone mineral density, anthropometry and body composition in 13-15-year-old physically active girls. *In*: Jürimäe et al., 2008, p. 60-61.
- Gurney, T.M. & Jelliffe, D.B. (1973). Arm anthropometry in nutritional assessment: Nomogram for rapid calculation of muscle circumference and cross-sectional muscle and fat areas. Am. J. Clin. Nutr. 26 : 912-915. *Cité in* : Frisancho, & Tracer, 1987.

- Haralambie, G. (1982). Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 years old adolescents. *Bull Eur Physiopathol Respir* ; 18 : 65-74. *Cité in* : Ratel, & Martin, 2011.
- Hauspie, R. (2003). Croissance et développement, *In : Anthropologie biologique. Évolution et biologie humaine*. Susanne C, Rebato E, Chiarelli B (eds). De Boeck Université, Bruxelles : 475-486. *Cité in* : Expertise collective. 2007, 3-7.
- Hawes, M.R. & Sovak, D. (1993). Skeletal ruggedness as a factor in performance of Olympic et national calibre synchronized swimmers. *In* : (W. Duquet et J. A. P. Day, eds) *Kinanthropometry IV*. E. et F. N. Spon ; London : pp. 107-13. *Cité in* : Eston & Reilly, 2009, p. 25.
- Hawley, J.A. & William, M.M. (1991). Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int J Sports Med* ; 12 : 1-5.
- Hawley, J.A., Williams, M.M., Vickovic, M.M. & Handcock, P.J. (1992). Muscle power predicts freestyle swimming performance. *Br J Sports Med* ; 26:151-5.
- Hertogh, C., Micallef, J.P. & Mercier, J. (1992). Puissance anaérobie maximale chez l'adolescent (étude transversale). *Sci. Sport*, 7, 207-213. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 197.
- Himes, J.H. (1991). Considering frame size in nutritional assessment. *In* : Himes JH, ed. *Anthropometric assessment of nutritional status*. New York : Wiley-Liss : 141-150. *Cité in*: Nancy, F. Butte & Cutberto, Garza., 2006, p. 205.
- Himes, J.H. (2006). Long-term longitudinal studies and implications for the development of an international growth reference for children and adolescents. *Food and Nutrition Bulletin*; Volume 27, supplement 5 : pp. 199-211 (13).
- Holder, M.K. & Blaustein, J.D. (2014). Puberty and adolescence as a time of vulnerability to stressors that alter neurobehavioral processes. Elsevier Inc. *Frontiers in Neuroendocrinology* 35 : 89-110.
- Holmer, I. & Astrand, P.O. (1970). Swimming training and maximal oxygen uptake. *J Appl Physiol* ; 33 : 510-3. 29. *In* : Weber, G., Kartodihardjo, W., Klissouras, V. (1976). Growth and physical training with reference to heredity. *J Appl Physiol* ; 40 : 211-5. *Cité in* : Prioux et al., 2001.
- Holmer, J., (1970). *Cité in* : Adolf Odji. Charles M. Thiebault-Pierre Sprumont. *Le sport après 50 ans*. Éditions De Boeck Université s.a., 1re édition. France 2005.
- Hoos, M.B., Gerver, M.J., Kester, A.D. & Westerterp, K.R. (2003). Physical activity levels in children and adolescents. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord*, 27 (5) : 605-609. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 18.
- Janz, K.F., Burns, T.L., Levy, S.M., Torner, J.C., Willing, M.C., Beck, T.J., Gilmore, J.M. & Marshall, T.A. (2004). Everyday activity predicts bone geometry in children : The Iowa Bone Development Study. *Med. Sci. Sports Exec.*, 36 (7) : 1124-1131. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 32.
- Jorge E. Morais, Mário C. Marques, Daniel A. Marinho, António J. Silva, Tiago M. Barbosa. (2014). Longitudinal modeling in sports : Young swimmers' performance and biomechanics profile. Elsevier. ScienceDirect. *Human Movement Science*, 37 : 111-122.
- Jurimae, J., Haljaste, K., Cicchella, A. et al. (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*. 19 : 70-81.

- Jürimäe, T., Armstrong, N., & Jürimäe, J. (2008). *Children and exercise XXIV: The proceeding of 24th Pediatric Work Physiologie Meeting*. Routledge Taylor & Francis Group, p. 268.
- Jürimäe, J., Armstrong, N. & Jürimäe, J. Children and exercise. (2008). The proceeding of the 24 th Pediatric Work Physiologie Meeting. This edition published in the Taylor & Francis e-Library, pp. 204-206.
- Jürimäe, J., Jürimäe, T., Sööt, T., & Leppik, A. (1998). Assessment of body composition in 9- to 11-year-old children by skinfold thickness measurements and bioelectrical impedance analysis: comparison of different regression equations, *Med. Dello Sport*, 45.
- Karpovich, P.V. (1933). *Water Resistance in Swimming*. Res Quart, 4 : 21-28. *Cité in* : Pelayo, P., 2010, pp. 18-23.
- Kasabalis, A., Douda, H., Tokmakidis, S.P. (2005). Relationship between anaerobic power and jumping of selected male volleyball players of different ages. *Percept.Mot. Skills*, 100, 607-614. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 197.
- Keiner, M., Yaghoobi, D., Seter, A., Wirth, K. & Hartmann, H. (2015). The influence of maximal strength performance of upper and lower extremities and trunk muscles on different sprint swim performances in adolescent swimmers. Elsevier. *Science & Sports*. Paris.
- Kemper, H.C.G., Van Der Born, C., Dekker, H et al., (1983). Growth and Health of Teenagers in the Netherlands : Survey of Multidisciplinary longitudinal studies and comparison with recent results of a Dutch study. *Inr J Sports Med* ; 4 : 202-14. *Cité in* : Kemper, H.C.G., 1995.
- Kemper, H.C.G. Van de Kop, H. (1995). Entrainement de la puissance maximale aérobie chez les enfants prépubères et pubères. Elsevier. *Science & Sports*, 10, 29-38. Paris.
- Kennedy, J.C., & Hawkins, R.J. (1974). *Cité in* : Adolf Odji. Charles M. Thiebault-Pierre Sprumont. *Le sport après 50 ans*. Éditions De Boeck Université s.a., 1re édition. France 2005.
- Keogh, J. & Sugden, D. (1985). *Movement Skill Development*. MacMillan ; New York. *Cité in* : Eston, & Reilly, 2009, p. 74.
- Keskinen, K.L., Lauri, J. & Komi, P.V. (1989). Maximum velocity swimming: Interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. *Sc et J Sports Sci* ; 11: 87-92.
- Keskinen, O.P., Keskinen, K.L. & Mero, A.A. (2007). Effect of pool length on blood lactate, heart rate, and velocity in swimming. *Int J Sports Med* ; 28 : 407-13.
- Khamis, H.J. & Roche, A.F. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age : the Khamis-Roche method. *Pediatrics* ; 94(4 Pt 1) : 504-7. Erratum in : *Pediatrics* 1995 ; 95 : 457. *Cité in* : Beunen et al. 2006, p249.
- Krahenbuhl, G.S., Skinner, J.S. & Kohrt, W.M. (1985). Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *In* : Terjung RL, ed. *Exercise und Sport Sci Rev*. New York, MacMallin Publishing Company ; 13 : 503-38. *Cité in* : Kemper, H.C.G., 1995.
- Larem, A. & Pigearias, B. (1990). Évaluation de la croissance en hauteur du corps de l'enfant ivoirien abidjanais âge de 8 à 12 ans. *Médecine d'Afrique Noire*, 37 (12).

- Latt, E., Jurimae, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P. & Jurimae, T. (2008). Biomechanics and bioenergetics of front crawl swimming in young female swimmers. *Paru dans : Jürimäe et al.*, pp. 204-206.
- Léger, L.A., Seliger, V. & Brassard, L. (1980). Backward extrapolation of  $\dot{V}O_2$ max from the  $O_2$  recovery curve. *Med Sci Sports Exercise* ; 12 : 24-7. *Cité in : Poujade et al.*, 2003.
- Legro, R.S., Lin, H.M., Demers, L.M. & Loyd T. (2000). Rapid maturation of the reproductive axis during perimenarche independent of body composition. *J Clin Endocrinol Metab* ; 85 : 1021-5. *Cité in : Lounana et al.*, 2002.
- Leone, M. & Lariviere, G. (2002). Profil anthropométrique et biomoteur d'athlètes adolescents soumis à un entraînement intensif. Université de Montréal, C.P. 6128, succ. « Centre-ville », Montréal, Canada, H3C 3J7.
- Lindgren, G. (1995). Socio-economic background, growth, educational outcome and health, *In : Hauspie, R., Lindgren, G. & Falkner, F., Eds., (1995). Essays on Auxology.* Castlehead Publications, Ware, 408. *Cité in : Jürimäe T. et Jürimäe J.*, 2000, p. 3.
- Loetz, C., Reischle, K. & Schmitt, G. (1988). The evaluation of highly skilled Swimmers via quantitative and qualitative analysis. *In B.E. Ungerechts, K. Wilke and K. Reischle (Eds.). Swimming Science V* (pp. 361-368). Champaign : Human Kinetics Publishers. *Cité in : Tourny et al.*, consulté en date du 03 Août 2015. <https://scholar.google.fr/scholar?hl=fr&q=Measurement+of+propulsion+by+the+het+durin+g+competitive+swimming&btnG=&lr=>.
- Lohman, T.G., Roche, A.F. & Martorell, R. (eds.). (1988). Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign, IL: Human Kinetics. *Cité in : Eston, & Reilly*, 2009, p. 73.
- Lohman, T.G. & Going, S.B. (2006). Body composition assessment for development of an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Cité in : Nancy F. Butte et Cutberto Garza*, p. 317.
- Lounana, J., Bantsimba, M., Silou, J., Packa-Tchissambou, B. & Medelli, J. (2002). Influence de la pratique sportive intensive et précoce sur l'âge à la ménarche dans une population de femmes congolaises. *Science & Sports* ; 17 : 17-25.
- Lyttle, A. & Keys, M. (2006). The application of computational fluid dynamics for technique prescription in underwater kicking. *In: Portuguese Journal of Sport Sciences*; 6 Suppl 2: 233-5. Xth Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming, Porto. *Cite in :Marinho D. Silva A. Rouboa A. (2009). The study of swimmer's hand and forearm using computational fluid dynamics. Science & Sports.*
- Macfarlane, W.V. (1963). Physiologie et psychologie en milieu aride. Recherches sur la zone aride. *Compte tenu de recherche*, Paris, ed : U.N.E.S.C.O., 22. *Cité in : Larem A. Pigearias B.*, 1990.
- Malina, R.M. & Bouchard, C. (1991). Growth Maturation and Physical Activity. Champaign, IL: Human Kinetics. *Cité in : Kemper, & Van de Kop*, 1995 et *Expertise collective*, 2007, p. 8.
- Malina, R.M. & Bouchard, C. (1991). Muscle tissue during growth. *In : Growth, maturation and physical activity.* Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 115-131. *Cité in : Van Praagh*, 2008, p. 98.
- Malina, R.M., Bouchard, C. & Bar-Or, O. (2004). Growth, Maturation, and Physical Activity. Champaign, IL: Human Kinetics. *Cité in : Eston, & Reilly*, 2009, p. 74.

- Marinho, D., Silva, A. & Rouboa, A. (2009). The study of swimmer's hand and forearm using computational fluid dynamics. Elsevier. Science & Sports. 253-256, Paris.
- Marshall, W.A. & Tanner, J.M. (1969). Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch. Dis. Child.* 44, 291-303. *Cité in* : Mary, & Blaustein, 2014.
- Marshall, W.A. & Tanner, J.M. (1970). Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child*, 46 : 13-23. *Cité in* : Expertise collective. 2007, p. 49.
- Marschall, S.J., Sarkin, J.A., Sallis, J.F. & McKenzie, T.L. (1998). Tracking of health-related fitness components in youth ages 9 to 12, *Med. Sci. Sports Exercise*, 30, 910.
- Martin, R. (1928). *Lehrbuch der anthropologie* jena verlag von Gustav Fisher (3 vol.).
- Martin, A.D., Bailey, D.A., McKay, H.A. & Whiting, S., (1997). «Bone mineral and calcium accretion during puberty», *Am J Clin Nutr*, 66, pp. 611-615. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 98.
- Matiegka, J. (1921). The testing of physical efficiency. *American Journal of Physical Anthropology* ; n°4 : 223-230.
- Maurice Boyrie, J.P. (1946). *Essais sur les techniques des nages sportives*. Paris, Édition Paul Dupont, p. 31.
- McNeal, R.L. (1990). *Cité in* : Adolf Odji. Charles M. Thiebault-Pierre Sprumont. *Le sport après 50 ans*. Éditions De Boeck Université s.a., 1<sup>ière</sup> édition. France 2005.
- Montpetit, R., Lavoie, J.M. & Cazorla, G. (1983). Aerobic energy cost of swimming the front crawl at high velocity in international class and adolescent swimmers. *In* : Holleter AP, Huijing, P.A., de Groot, G. editors. *Biomechanics and medicine in swimming International Series on Sports Sciences*, 14. Champaign, Illinois : Human Kinetics publishers, pp. 228-34. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Moreira, A., Rouboa, A., Silva, A.J., Sousa, L., Marinho, D., Alves, F. et al., (2006). Computational Analysis of the turbulent flow around a cylinder. *Portuguese Journal of Sport Sciences* ; 6 Suppl 1 : 105. X<sup>th</sup> Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming, Porto. *Cité in* : Marinho et al., 2009.
- Morel, J., Combe, B. et al., (2001). *Cité in* : Adolf Odji. Charles M. Thiebault-Pierre Sprumont. *Le sport après 50 ans*. Éditions De Boeck Université s.a., 1<sup>re</sup> édition. France 2005.
- Nancy F. Butte & Cutberto Garza. (2006). Development of an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 27, no. 4 (supplement). The United Nations University, p. 205.
- Nasirzade, A., Ehsanbakhsh, A., Argavani, H., Sobhkhiz, A. & Aliakbari, M. (2014). Selected anthropometrical, muscular architecture, and biomechanical variables as predictors of 50-m performance of front crawl swimming in young male swimmers, *Science & Sports*, Elsevier Masson SAS, France.
- Norton, K. & Olds, T. (eds). (1996). *Antropometrica*. University of New South Wales ; Sydney. *Cité in* : Eston, & Reilly, 2009, p. 73.
- Nuber, G.W., Jobe, F.W. et al., (1985). *Cité in* : Adolf Odji. Charles M. Thiebault-Pierre Sprumont. *Le sport après 50 ans*. Éditions De Boeck Université s.a., 1<sup>re</sup> édition. France 2005.

- Obert, P., Falgairette, G., Bedu, M. & Coudert, J. (1992). Bioenergetic characteristics of swimmers determined during an arm-ergometer test and during swimming. *Int J Sports Med* ; 13 : 298-303. *Cité in* : Prioux J. et al. 2001.
- Olbrecht, J. (2000). The science of winning : planning periodizing and optimizing swim training. London : Swimshop. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Onoprienko, B.I. (1976). Méthode de détermination de l'efficacité des efforts de poussée dans les différents styles de nage. *Teoriya i prskiska fiziceskoj kultury*. 12 : 12-13.
- Oppenheim. *Cité in* : Maurice Boyrie, J.P. (1946).
- Palau, J.M. (1993). Sciences biologiques et sport. 2<sup>ème</sup> édition revue et argumentée. Paris ; Doin. *Cité in* : Godin, 1935.
- Parent, A.S., Teilmann, G., Juul, A., Skakkebaek, N.E., Toppari, J. & Bourguignon, J.P. (2003). The timing of normal puberty and the age limits of sexual precocity : variations around the world, secular trends, and changes after migration. *Endocrine Reviews*, 24 : 668-693. *Cité in* : Expertise collective. 2007, p. 53.
- Pate, R. & Shephard, R. (1989). Characteristics of physical fitness in youth. *In* : (C. V. Gisolfi et D. R. Lamb, eds) *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Youth, Exercise and Sport*, vol. 2. Benchmark Press : Indianapolis, IN : pp. 1-45. *Cité in* : Eston, & Reilly, 2009, p. 74.
- Pelayo, P. (1989). Évaluation, sélection et suivi médical sportif de nageurs espoirs (11-12 ans). Thèse STAPS, université de Lille II. Paris.
- Pelayo, P., Sidney, M., Kherif, T. et al., (1996). Strokking characteristics in freestyle swimming and relationship with anthropometric characteristics. *J Appl Biomech* ; 12 : 197-206. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Pelayo, P., Wille, F., Sidney, M., Berthoin, S. & Lavoie, J.M. (1997). Swimming performances and stroking parameters in non-skilled grammar school pupils : relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *J Sports Med Phys Fitness* ; 37 : 187-93. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Pelayo, P. (2010). *De l'art de nager à la science de la natation*. Sport, recherche et société. 26.
- Pelayo, P. & Wille F. (1994). Évolution du niveau de pratique en natation dans le second degré scolaire français. Consulté en date du 22 septembre 2015.  
[https://www.google.dz/?gws\\_rd=ssl#q=Evolution+du+niveau+de+pratique+en+natation+dans+le+second+degr%C3%A9+scolaire+fran%C3%A7ais.+](https://www.google.dz/?gws_rd=ssl#q=Evolution+du+niveau+de+pratique+en+natation+dans+le+second+degr%C3%A9+scolaire+fran%C3%A7ais.)
- Peria, M., Barta, L., Regoly-Merei, A. & Tichy, M. (1979). Anthropometric considerations regarding obese children. *Acta Sci. Hung.* 20 : pp. 333-336. *Cité in* : Frisancho & Tracer 1987.
- Phyllis, B. Eveleth & Tanner, J.M. (1992). *Worldwide variation in human growth*. Cambridge University Press. Second edition.
- Platanou, T. (2005). On-water and dryland vertical jump in water polo players. *J Sport Med Phys Fitness* ; 45 : 26-31. *Cité in* : Strzala, & Tyka, 2009.
- Poujade, B., Hautier, C.A. & Rouard, A. (2002). Determinants of Children's Energy Cost in front Crawl Swimming. *Eur J Appl Physiol* ; 71 : 512-7.

- Poujade, B., Hautier, C.A. & Rouard, A. (2003). Influence de la morphologie, de VO<sub>2</sub>max et du coût énergétique sur la performance en natation chez de jeunes nageurs. *Science & Sports*, 18, pp. 182-187. France.
- Prader, A. (1966). Testicular size : assessment and clinical importance. *Triangle* ; 7 : pp. 240-3. *Cité in* : Beunen et al. 2006, pp. 246-247.
- Prioux, J., Ayoub, J., Houel, N., Berger, M., Ramonatxo, M. & Préfaut, C. (2001). Effets de l'entraînement sur les potentiels aérobie et anaérobie de jeunes nageurs. Exercice réalisé avec les bras. Éditions scientifiques et médicales. Elsevier. *Science & Sports*, 306-14. Paris.
- Quck, J.J., Menon, J., Tan, S., & Wang, B. (1993). Review of the National Physical Award (NAPFA) Norms, in Proc. of the International Sports Science Conference 93, Singapore, Singapore, 161. *Cité in* : Jürimäe, & Jürimäe, 2000, p. 104.
- Quételet, (1796-1874). *In* : Expertise collective. (2007). Croissance et puberté évolutions séculaires, facteurs environnementaux et génétiques. Les éditions Inserm, p. 1.
- Quetelet A. (1835) : *Sur l'homme et le développement de ses facultés, ou Essai de physique sociale* (2 volumes, 1835).
- Ramos Veliz R., Requena, B., Suarez-Arrones, L., Newton, R.U. & Sáezde Villarreal, E. (2014). Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *J Strength Cond Res* ; 28 : 1007-14. *Cité in* : Keiner et al., 2015.
- Ratel, S. & Martin, V. (2011). Les exercices anaérobies lactiques chez les enfants : la fin d'une idée reçue ? Elsevier. *Science & Sports*, 195-200. Paris.
- Rauche, F. (2005). *Bone growth in length and width : the ying and yang of bone stability*. *Muscoloskel and Neuronal Intract*, 5, pp. 194-201. *Cité in* : Van Praagh, 2008.
- Rebato, E. (2003). Obésité. *In* : Anthropologie biologique. Évolution et biologie humaine. Susanne C, rebato E, Chiarelli B (eds). De Boeck Université, Bruxelles : 609-616. *Cité in* : Expertise collective. 2007, p. 1.
- Riddoche, C.J. & Boreham, C. (2000). Physical activity, physical fitness and childrens health: current concept. *In* *Pediatric Exercise and Medecine*. Armstrong, N. et Van Mechelen, W.(editors). Oxford University Press, pp. 243-252. *Cité in* : Van Praagh, 2008, 31.
- Riddoch, C.J., Etersen, L.B., Wedderkopp, N., Harro, M. Klasson-Heggebo, L.B., Cooper AR. & Ekelund U. (2004). Physical activity levels and patterns of 9- and 15-years-old european children. *Med.Sci. Sports Exec.*, 36 (1) : 86-92. *Cité in* : Van Praagh, 2008, 26.
- Roche, A.F., Wainer, H. & Thissen, D. (1975). Skeletal maturity : the knee joint as a biological indicator. New York : Plenum Press. *Cité in* : Beunen et al., 2006, p249.
- Roche, A.F., Wainer, H. & Thissen, D. (1975a). Predicting adult stature for individuals. *Monographs in Pediatrics* ; 3 : 1-114. *Cité in* : Eston, & Reilly, 2009, p. 86.
- Rodriguez, F.A. (2000). Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400 m free swimming, running and cycling tests in competitive swimmers. *J Sports Med Phys Fitness* ; 40 : 87-95. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Roger, E. & Thomas, R. (2009). *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual Tests Procedures and Data*; 3th Edition, Francis e-Library, p 74, 2009.

- Rollet-Cachera, M.F. (1991). Méthode d'évaluation de de l'état nutritionnel chez l'enfant : application au cas particulier de l'obésité. Bull. et Mém. De la Soc d'Anthrop. de Paris, n.s., t.3, n°3-4, pp. 191-200.
- Rowley S. (1987). Psychological effects of intensive training in young athletes. *J Child Psychol Psychiatry*; 28:371–7. *Cité in* :Erlandson et al., (2008).
- Ross, W.D., Marfell-Jones, M.J. (1982).Physiological testing of elite athletes, kinanthropometry, Edited by : Mac Dougal, J.D., Wenger, H.A. & Green, H.J. Published by The Canadian Association of Sports Science in collaboration with Sport Medicine Council of Canada.
- Ross, W.D. & Marfell-Jones, M.J. (1991). Kinanthropometry, *In* J. D. MacDougall, H. A. Wenger et H. J. Green (éd.), *Physiological Testing of the High Performance Athlete*, 2e éd., Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 223 308. *Cité in* : Balyi, & Way, 2008/2015, pp. 7-8.
- Rouard, A.H., Schleihauf, R.E. & Troup, J.P. (1994). Force de la main et niveau de performance du nageur de crawl. *Revue Staps*, 33. *Cité in* : Poujade et al., 2003.
- Rouboa, A., Silva, A., Leal, L., Rocha, J. & Alves, F. (2006). The effect of swimmer's hand/forearm acceleration on propulsive forces generation using Computational Fluid Dynamics.*J Biomech*, 39(7) : 1239-48. *Cité in* : Marinho et al., 2009.
- Ruschel, C.,Araújo, L., Pereira, S. &Roesler, H. (2007).Kinematical analysis of the swimming start : block flight and underwater phases. *ISBS-Conference Proceedings*.*Cité in* : Keiner et al., 2015.
- Saavedra, J.M., Escalante, Y. & Rodríguez, FA.(2010). A multivariate analysis of performance in young swimmers. *Pediatr Exerc Sci*, 22(1) : pp. 135-51.
- Seters, R.H. (1999). Hydrodynamic characteristics of a swimmer's hand.*J Applied Biomech*, 15: 3-26. *Cite in* : Marinho, D., Silva, A. & Rouboa, A. (2009). The study of swimmer's hand and forearm using computational fluid dynamics. *Science & Sports*.
- Shuter, B. & Aslani, A. (2000). Body surface area : Du Bois and Du Bois revised. *Eur J Appl Physiol* ; 85 : 250-4.
- Silva, A., Rouboa, A., Leal, L., Rocha, J., Alves, F., Moreira, A. et al., (2005). Measurement of swimmer's hand/forearm propulsive forces generation using computational fluid dynamics. *Port J Sport Sci.* ; 5(3) : 288-97. *Cité in* : Marinho et al., 2009.
- Silva, A.J., Costa, A.M., Oliveira, P.M. et al., (2007). The use of neural networktechnology to model swimming performance.*J Sports Sci Med* ; 6 : 117-25. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Simons, J., Beunen, G. & Ostin, M. (1969). Construction d'une batterie de tests d'aptitude motrice pour garçons de 12 à 19 ans par le méthode de l'analyse factorielle. *Kinanthropologie* ; 1 : 323-62. *Cité in* : Eston, &Reilly, 2009, pp. 73-74.
- Simpé, M. & Pavia, G. (1979). Atlas de la maturation squelettique *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*. 1981 - vol 8 n°1. P. 105.
- Strong, W.B., Malina, R.M., Blimkie, C.J.R., Daniels, S.R., Dishman, R.K., Gutin, B., Hergenroeder, A.C., Must, A., Nixon, P.A., Pivarnik, J.M., Rowlet, T., Trost, S.T. & Trudeau, F. (2005). Evidence based physical activity for shcool-age youth. *J. Pediatr.*, 146, 732-737. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p34.

- Strzala, M., Tyka, A., Zychowska, M. & Woźnicki, P. (2005). Components of physical work capacity, somatic variables and technique in relation to 100 and 400 m time trials in young swimmers. *J Hum Kinet* ; 14 : 105-116. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Strzala, M. & Tyka, A. (2009). Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short distances in young swimmers. *Medicina Sportiva. Med Sport* 13 (2) : 99-107. Poland.
- Sturbois, X., Francaux, M., Brisys, V., De Caritat, AK. & Sturbois, G. (1991). Évaluation des jeunes nageurs belges francophones. Elsevier. *Science & Sports*, 73-83. Paris.
- Susanne, C. (1986). Sénescence : effets anthropologiques. *In* : L'homme, son évolution, sa diversité. Manuel d'anthropologie physique. Ferembach D., Susanne C. et Chamla M.C., ed : CNRS et Doin, Paris, 369-382. *Cité in* : Larem, & Pigearias, 1990, p. 37.
- Susanne, C., Rebato, E. & Chiarelli, B. (2003). Anthropologie biologique. Évolution et biologie humaine. De Boeck Université, Bruxelles : 763p. *Cité in* : Expertise collective. 2007, p. 101.
- Tanner, J.M. (1962). *Growth at Adolescence*. Blackwell Scientific Publications ; Oxford. *Cité in* : Eston R. et Reilly T., 2009, p. 74 ; *In* : Mary et al., 2014.
- Tanner, J.M. (1962). *Growth at adolescence*, 2nd ed. Oxford, UK : Blackwell. *Cité in* : Beunen, 2006, p. 246 ; *cité in* : Van Praagh, 2008, p2 ; *in* : Tauber, 2002, 290.
- Tanner, J.M., Whitehouse, R.H. & Takaishi, M. (1965). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity : British children. Part I. *Arch Dis Child* 1966a, 41 : 454-471. *Cité in* : Expertise collective. 2007, p4.
- Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Marshall, W.A., Healy, M.J.R. & Goldstein, H. (1975). Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). New York : Academic Press. *Cité in* : Beunen et al., 2006, pp. 245-249.
- Tanner, J.M. (1982). *Fœtus into Man. Physical Growth from Conception to maturity*. Open Books Publishing Ltd, London. *Cité in* : Van Praagh, 2008, pp. 2-15.
- Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Cameron, N., Marshall, W.A., Healy, M.J.R. & Goldstein, H. (1983). Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2 method). Academic Press ; London. *Cité in* : Eston, & Reilly, 2009, p. 86.
- Tanner, J.M., Healy, M.J.R., Goldstein, H. & Cameron, N. (2001). Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method), 3rd ed. London : Saunders. *Cité in* : Beunen et al., 2006, p. 249.
- Tanner, J.M., Healy, M.J.R., Goldstein, H. & Cameron, N. (2001). Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2 method). W.B. Saunders ; London. *Cité in* : Eston, & Reilly, 2009, p. 86.
- Tauber, J.M. (2002). Âge normal de la puberté et explorations endocriniennes. Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. *Arch Pédiatr* ; 9 Suppl 2 : 229-30.
- Thomis, M.A. & Towne, B. (2006). Genetic determinants of prepubertal and pubertal growth and development. *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 27, no. 4 (supplement), The United Nations University.
- Thooris. *Cité in* : Maurice Boyrie, J.P. (1946).

- Todd, T.W. (1937). Atlas of skeletal maturation. St Louis, Mo, USA : Mosby. *Cité in* :Beunen et al. 2006, p245.
- Torun, B., Davies, P.S.W., Livingstone, M.B.E., Poolisso, M., Sackett, R. & Spurr, G.B. (1996). Energy requirements and dietary energy recommetations for children and adolescents 1 to 18 years old. *Eur. J. Clin. Nurt.* 50 : 537-581. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 18.
- Toussaint, H.M. & Beek, P.J. (1992). Biomechanics of front crawl swimming. *Sports Med* ; 13(1) : 8-24. *Cité in* : Nasirzade, al., 2014.
- Toussaint, H.M. & Truijens, M. (2005). Biomechanical aspects of peak performance in human swimming. *Animal Biology* ; 55: 17-40.
- Trost, S.G., Pate, R.R., Sallis, J.F., Freedson, P.S., Taylor, W.C., Dowda, M. & Sirard, J. (2002). Age and gender differences in objectively measured physical activity in young. *Med.Sci. Sports Exerc.* 34 : 350-355. *Cité in* : Van Praagh, 2008, p. 26.
- Van Goldsenhuvan. *Cité in* : Maurice Boyrie, J.P. (1946).
- Van Praagh, E. (2008). *Physiologie du sport Enfant et adolescent*. Éditions De Boeck, 2-14.
- Vidailhet, M. (1999). Utilisation en pratique des données anthropométriques. Elsevier, Paris. *Arch Pkdiatr* ; 6 : 787-93.
- Vitor, F.M. & Bohme, M.T. (2010). Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl. *Pediatr Exerc Sci* ; 22(2) : 278-87. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Vorontsov, A.R. & Romyantsev, V.A. (2000). Resistive forces in swimming. *In* : Zatsiorsky V. (eds) : The Encyclopaedia of Sports Medicine. Blackwell Science Ltd. London.p.194.
- Wachholder, A. & Hauspie, R.C. (1986). Clinical standards for growth in height of Belgian boys and girls aged 2 to 18 years. *Int J Anthropol*, 1 : 339-348. *Cité in* : Expertise collective. 2007, p. 3.
- Wang, Y., Moreno, L.A., Caballero, B. & Cole, T.J. (2006). Limitations of the current World Health Organization growth references for children and adolescents. *Cité in* : Nancy F. Butte et Cutberto Garza, p181.
- Wattigney, W.A., Srinivasan, S.R., Chen, W., Greenlund, K.J. & Berenson, G.S. (1999). Secular trend of earlier onset of menarche with increasing obesity in black and white girls : the Bogalusa Heart Study. *Ethn Dis*, 9 : 181-189. *Cité in* : Expertise collective. 2007, p60.
- Weber, G., Kartodihardjo, W. & Klissouras, V. (1976). Growth and physical training with reference to heredity. *J Appl Physiol* ; 40 : 211-5. *Cité in* : Prioux et al., 2001.
- Weiner, J.S. & Lourie, J.A. (1969). Human Biology. F. A. Davis ; Philadelphia, PA. *Cité in* : Eston, & Reilly, 2009, p. 73
- Wilmore, J.H. & McNamara, J.J. (1974). Prevalence of coronary heart disease risk factors in boys, 8 to 12 years of age, *J. Pediatr.*, 84, 527.
- Wilmore, J.C (2002). Physiologie du sport et de l'exercice, 2<sup>ème</sup> édition, De Boeck, p. 523.
- Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2006). Physiologie du sport et de l'exercice, 3e édition, De Boeck, 430, p 430.
- Zachmann, M., Prader, A., Kind, H.P., Hafliger, H. & Budliger, H. (1974). Testicular volume during adolescence. Cross-sectional and longitudinal studies. *Helv Paediatr Acta* ; 29 : 61-72. *Cité in* : Beunen et al., 2006, pp. 246-247.

- Zamparo, P., Capelli, C., Termin, B., Pendergast, D.R. & di Prampero, P.E. (1996). Effect of the underwater torque on the energy cost, drag and efficiency of front crawl swimming. *Eur J Appl Physiol* ; 73 : 195-201. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Zamparo, P., Bonifazi, M., Faina, M. et al., (2005). Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. *Eur J Appl Physiol* ; 94(5-6) : 697-704. *Cité in* : Nasirzade et al., 2014.
- Zatsiorsky, V.M. (1978). *Sportivnaya metraloguiya*, FIF, Moskwa.

**TITLE:** Determination of morpho-functional parameters in Algerian young swimmers

**Summary**

Objectives.-In younger swimmers, the level of physical development may affect the morphological characteristics. This study aims to determine the morphological profile of young swimmers of the Algerian national selection of both sexes, 12, 13 and 14 years in age, and to see its influence on performance. Sixty-one young swimmers, 28girls (mean  $13.25 \pm 0.80$  year old, weight:  $49.29 \pm 6.91$ kg, size:  $157.59 \pm 6.74$  cm) and 31boys (mean  $13.03 \pm 0.80$  year; weight:  $47.97 \pm 7.44$  kg; size:  $160.37 \pm 8.33$ cm). The power of the lower limbs is evaluated by way of the vertical jump test. A belly cast test is used to determine their power in water. Swimming speed is evaluated using the speed test on 10m freestyle (NL). The performance of 50 m and 400m NL are timed from the Algeria youth championships in a 50m swimming pool that took place in 2012-13. A statistical analysis of anthropometric and functional parameters has allowed to determine the morpho-functional characteristics that are specific to this age group. A principal component analysis (ACP) is used to keep a small and representative number of anthropometric characteristics and identify individuals with the best measurements relative to the rest of the group. The third part is devoted to morphological profiles. Finally, an analysis of correlations (Pearson) is used to evaluate the influence of physical development on the performance in young swimmers.

Results.- A homogeneity for most morphological and functional parameters, reflecting a growth dynamic as well as a physical development that is conform to swimmers of this age category. Low to high correlations with  $p < 0.05$  were recorded for the sample of girls between the ventral casting and size ( $r = 0.38$ ), and the length of the lower limb ( $r = 0.39$ ), and skinfold of the thigh ( $r = -0.39$ ). Vertical jump is significantly correlated with the transverse diameter of the chest ( $r = 0.59$ ), with the thigh circumference ( $r = 0.46$ ), and with the biacromial diameter ( $r = -0.70$ ). The performance of the 50-meter freestyle is significantly related to the circumference of the forearm ( $r = 0.41$ ). For boys, the ventral casting is significantly correlated with body weight ( $r = 0.52$ ), stature ( $r = 0.46$ ), the length of the upper limb ( $r = 0.38$ ), the length of the hand ( $r = 0.48$ ), the length of the thigh ( $r = 0.46$ ), the distal diameter of the arm ( $r = 0.43$ ), the thigh circumference ( $r = 0.46$ ), the circumference of the chest in inspiration ( $r = 0.51$ ), the transverse diameter of the chest ( $r = 0.43$ ), the circumference of the contracted arm ( $r = 0.55$ ), and the length of the lower member ( $r = 0.49$ ). Vertical jump is significantly related to the circumference of the chest in inspiration ( $r = 0.50$ ), in the thigh circumference ( $r = 0.50$ ), and the skinfold of the thigh ( $r = 0.40$ ). The performance of the 400 meters is negatively correlated with the transverse diameter of the chest ( $r = -0.38$ ) and the circumference of the chest in inspiration ( $r = -0.46$ ). The test of the 10-meter freestyle is correlated with the circumference of the contracted arm ( $r = -0.39$ ).

Conclusion.- The results obtained show that, in the elaborate profiles, physical development is average in girls 12, 13 and 14 year in age, rather low to medium for a few parameters in boys of 12 and 13years and overall surrelevated in the 14 years, and that this development may affect performance. These profiles by age and sex, particularly those of the best individuals, could serve as a reference for professionals and scientists in detecting young talents. One of the perspectives of this work is to continue focusing our investigations on issues linked to morphotypology of the Algerian young swimmers.

**Thème.** — Détermination des paramètres morpho-fonctionnels des jeunes nageurs algériens.

### Résumé

**Objectifs.** — Chez les jeunes nageurs, le niveau du développement physique peut affecter la performance. Cette étude a pour but de déterminer le profil morphologique des jeunes nageurs de la sélection nationale algérienne des deux sexes, de 12, 13 et 14 ans, et de voir son influence sur la performance. Soixante et un jeunes nageurs de la sélection nationale d'Algérie 28 filles (moyennes, d'âge  $13,25 \pm 0,80$ ans ; du poids :  $49,29 \pm 6,91$  kg ; de la taille :  $157,59 \pm 6,74$  cm) et 31 garçons (moyennes, d'âge  $13,03 \pm 0,80$  ans; du poids :  $47,97 \pm 7,44$  kg ; de la taille :  $160,37 \pm 8,33$  cm). La puissance des membres inférieurs a été évaluée par le test de la détente verticale. Un test de coulée ventrale a été utilisé pour déterminer la puissance des membres inférieurs dans l'eau lors d'une impulsion au bord de la piscine. La vitesse de nage a été évaluée à l'aide du test de vitesse sur 10m nage libre (NL). Les performances des 50m et 400m NL ont été chronométrées lors des championnats d'Algérie des jeunes, dans un bassin de 50m. Une analyse statistique des paramètres anthropométriques et fonctionnels a permis de déterminer les caractéristiques morphologiques et fonctionnelles propres à cette tranche d'âge. Une analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée afin de garder un nombre restreint et représentatif de caractères anthropométriques et identifier les individus qui présentent les meilleures mensurations par rapport au reste du groupe. La troisième partie a été consacrée aux profils morphologiques. Enfin une analyse des corrélations de type Pearson a été utilisée pour évaluer l'influence du développement physique sur la performance chez les jeunes nageurs.

**Résultats.** — Une homogénéité pour la plupart des paramètres morphologiques et fonctionnels, traduisant une dynamique de croissance ainsi qu'un développement physique conforme aux nageurs de cette tranche d'âge. De faibles à fortes corrélations à  $p \leq 0,05$  ont été enregistrées pour l'échantillon des nageuses entre la coulée ventrale, et la taille ( $r = 0,38$ ), et la longueur du membre inférieur ( $r = 0,39$ ), et le pli cutané de la cuisse ( $r = -0,39$ ). La détente verticale est significativement corrélée, avec le diamètre transversal du thorax ( $r = 0,59$ ), avec la circonférence de la cuisse ( $r = 0,46$ ), et avec le diamètre biacromial ( $r = -0,70$ ). La performance du 50 mètres nage libre est significativement liée à la circonférence de l'avant-bras ( $r = 0,41$ ). Pour les nageurs, la coulée ventrale est significativement corrélée avec le poids ( $r = 0,52$ ), la stature ( $r = 0,46$ ), la longueur du membre supérieur ( $r = 0,38$ ), la longueur de la main ( $r = 0,48$ ), la longueur de la cuisse ( $r = 0,46$ ), le diamètre distal du bras ( $r = 0,43$ ), la circonférence de la cuisse ( $r = 0,46$ ), la circonférence du thorax en inspiration ( $r = 0,51$ ), le diamètre transversal du thorax ( $r = 0,43$ ), la circonférence du bras contracté ( $r = 0,55$ ), et la longueur du membre inférieur ( $r = 0,49$ ). La détente verticale est significativement liée à la circonférence du thorax en inspiration ( $r = 0,50$ ), à la circonférence de la cuisse ( $r = 0,50$ ), et au pli cutané de la cuisse ( $r = 0,40$ ). La performance du 400 mètres est corrélée négativement avec le diamètre transversal du thorax ( $r = -0,38$ ) et la circonférence du thorax en inspiration ( $r = -0,46$ ). Le test du 10 mètres nage libre est corrélé avec la circonférence du bras contracté ( $r = -0,39$ ).

**Conclusion.** — Les résultats obtenus montrent que, selon les profils élaborés, le développement physique est moyen chez les nageuses de 12, 13 et 14 ans, plutôt bas à moyen pour quelques paramètres chez les nageurs de 12 et 13 ans, et globalement surélevé chez les 14 ans, et que ce développement influe peu sur la performance. Ces profils par âge et sexe, notamment ceux des meilleurs individus, pourront servir de référence pour les professionnels et les scientifiques dans la détection des jeunes talents, d'autant plus que l'échantillon étudié est constitué des meilleurs nageurs d'Algérie. Une des perspectives de ce travail est de le poursuivre en axant nos investigations sur les questions liées à la morphotypologie du jeune nageur algérien.

## عنوان الدراسة : تحديد الخصائص المرفولوجية-البدنية للسباحين الجزائريين الشباب.

### ملخص

**الهدف.** - عند السباحين الناشئين، مستوى النمو البدني قد يؤثر على الاداء . تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الوجهة المرفولوجية لسباحين المنتخب الوطني الجزائري الناشئين لكلا الجنسين و البالغين من العمر 12 و 13 و 14 عام، ومعرفة تأثيره على الأداء. تكونت عينة الدراسة من 61 سباح ناشئ للمنتخب الوطني الجزائري 28 سباحة (تتراوح أعمارهن بين  $13.25 \pm 0.80$  عام؛ الوزن :  $6.91 \pm 49.29$  كغ، الطول  $157.59 \pm 6.74$  سم) و 31 سباح (  $13.03 \pm 0.80$  سنة؛ الوزن  $7.44 \pm 49.97$  كغ ؛ العامة  $160.37 \pm 8.33$  سم). تم تقييم قوة الأطراف السفلية بواسطة اختبار الوثب العالي من الثبات. تم استخدام اختبار الانزلاق على البطن لتحديد قوة الأطراف السفلية في الماء أثناء الدفعة بالرجلين على حائط المسبح. تم تقييم سرعة السباح باستخدام اختبار السرعة على 10 امتار سباحة حرة. تم كذلك تقييم الأداء الرقمي لمنافسات ال 50 و 400 م سباحة حرة خلال بطولة الجزائر في مسبح أولمبي. تم تحديد الخصائص المرفولوجية-البدنية بواسطة التحليل الإحصائي لأطراف الجسم لهذه الفئة العمرية. تم استخدام تحليل المكونات الرئيسية (ACP) للحفاظ على عدد قليل وتمثيلي للخصائص الجسمية وتحديد الأفراد الذين لديهم أفضل المقاييس الجسمية بالنسبة لباقي المجموعة. وخصص الجزء الثالث لتحديد الوجهة المرفولوجية. وأخيرا تم استخدام طريقة بيرسون لتحليل الارتباطات لتقييم تأثير النمو البدني على الاداء عند السباحين لهذه الفئة العمرية.

**النتائج.** - هناك تجانس في معظم الخصائص المرفولوجية الحركية، تترجم ديناميكية نمو و تطور بدني يليقان

بسباحي هذه الفئة العمرية. بالنسبة لعينة البنات، هناك علاقات ضعيفة الى كبيرة ل  $p > 0.05$  بين اختبار الزحف على البطن، و القامة ( $r = 0,38$ ) ، و الطرف السفلي ( $r = 0,39$ )، و مع ثني الفخذ ( $r = -0,39$ ). كذلك اختبار القفز العمودي له علاقة ذات دلالة مع القطر العرضي للقفص الصدري ( $r = 0,59$ ) ، مع محيط الفخذ ( $r = 0,46$ ) ، و عرض الكتفين ( $r = -0,70$ ) . بدوره الزمن المسجل خلال منافسة ال 50 متر سباحة حرة له علاقة ذات دلالة مع محيط الساعد ( $r = 0,41$ ) . اما بالنسبة للسباحين الذكور وجدت علاقة ذات دلالة بين اختبار الزحف على البطن، و الوزن ( $r = 0,52$ ) ، و القامة ( $r = 0,46$ ) ، و طول الطرف العلوي ( $r = 0,38$ ) ، و طول اليد ( $r = 0,48$ ) ، و طول الفخذ ( $r = 0,46$ ) ، و عرض الذراع ( $r = 0,43$ ) ، و محيط الفخذ ( $r = 0,46$ ) ، و محيط الصدر في إلهام كامل ( $r = 0,51$ ) ، و القطر العرضي للقفص الصدري ( $r = 0,55$ ) ، و طول الطرف السفلي ( $r = 0,49$ ). القفز العمودي، له ارتباط ذات دلالة مع محيط الصدر في إلهام ( $r = 0,50$ ) ، مع محيط الفخذ ( $r = 0,50$ ) ، و ثني الفخذ ( $r = 0,40$ ) . بالنسبة للوقت المسجل خلال منافسة ال 400 متر فيرتبط سلبا مع القطر العرضي للقفص الصدري ( $r = -0,38$ ) ، ومع محيط الصدر في إلهام ( $r = -0,46$ ) اختبار ال 10 امتار سرعة سباحة حرة له ارتباط ذات دلالة مع محيط الذراع ممدودة ( $r = -0,39$ ).

**الاستنتاج.** - حسب الوجهات المرفولوجية التي توصلت اليها دراستنا، لا حضنا نمو بدني متوسط لدى سباحات ال 12، 13 و 14 سنة، منخفض الى معتدل بالنسبة لبعض الخصائص المرفولوجية للسباحين الذكور البالغين من العمر 12 و 13 سنة و عموما عال جد عند السباحين الذكور البالغة اعمارهم 14 سنة. و تشير كذلك نتائج هذه الدراسة أن لدى السباحات والسباحين الناشئين للمنتخب الوطني الجزائري، مستوى النمو البدني يؤثر على الاداء. ويمكن لهذه الوجهات حسب العمر والجنس، ان تستعمل كمرجع للمختصين و الباحثين في هذا المجال للكشف عن المواهب الشابة، خاصة وأن عينة الدراسة تتكون من أفضل السباحين الجزائري. أخيرا، نتطلع من خلال هذه الدراسة الى مواصلة تحقيقاتنا في المستقبل للتمكن من تحديد الوجهة المرفولوجية المتعلقة بالسباح الناشئ الجزائري بصفة نهائية.