

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE

FACULTE DES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES
DEPARTEMENT DE L'EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE

N° d'ordre :

N° de série :

Thèse

Présentée à l'Université Mentouri de Constantine
pour l'obtention du diplôme de

D O C T O R A D'ETAT

Evolution des caractéristiques morpho-
fonctionnelles de l'enfant algérien selon
l'Ège pubertaire

Par

Bahri Abdellah

Directeur de la these:

Mehdioui Hacene

2005

Ce travail est dédié...

A la mémoire de mon Père

Symbole de bonté, de droiture et d'honnêteté

Il aurait tant aimé vivre ce Jour

Qu'il repose en paix.

A ma Mère

Qu'elle trouve dans ce travail le témoignage

De ma reconnaissance et de mon affection

*A mon épouse
Pour son affection, sa compréhension
et ses encouragements*

A mes chers enfants Hadia et Ouassim

*A mes beaux-parents, en témoignage
de gratitude et de reconnaissance*

*A mes frères et sœurs
A toute la famille
A tous mes amis
Avec toute mon affection*

A mon Directeur de thèse

Monsieur le Professeur Hacène Mehdioui

*Vos conseils judicieux, vos orientations précieuses
et votre soutien continu nous ont profondément aidé
pour la réalisation de ce travail.*

*Nous apprécions beaucoup votre grande contribution
pour les explorations fonctionnelles que vous menez
en vue de l'amélioration continue du Sport de
Performance en Algérie.*

*Votre disponibilité et vos qualités humaines à notre
Egard nous ont profondément touché.*

*Veillez croire, cher Professeur,
à notre grande affection et notre profonde reconnaissance.*

*A Monsieur le Docteur Bouarrata Abderrachid
pour ses précieux et judicieux conseils tout au long de
cette recherche. Qu'il retrouve dans ce travail l'expression
de ma profonde amitié et de ma reconnaissance.*

A Monsieur le Président du jury

le Professeur A. Aberkane

*Votre renommée et votre notoriété nous rendent
conscient de l'honneur que vous nous faites
en acceptant de juger notre travail.*

A Messieurs les membres du jury :

Le Professeur Ghabriout Boujamâa

Le Professeur Boudaoud Abdelyemine

Le Professeur Loukia El Hachemi

Le Professeur Chelbi Mohamed

*Mes sincères remerciements pour avoir bien voulu
juger notre travail.*

*A tout le personnel de l'Université, de la
Faculté*

*et du Département de l'Education
Physique et Sportive*

*A tous les élèves et tout le personnel du
CEM Khaled Ibn Walid, de la cité Daksi*

*A toute l'équipe médicale du Service de
l'Exploration Fonctionnelle Du C.H.U de
Constantine, pour leur contribution à ce
travail, particulièrement :*

- Dr Bougrida Mohamed*
- Dr Bouroubi Houria*
- Mr Mokrane Mohamed*
- Mr Chenak Abdelâali*

Table des matières

INTRODUCTION	4
PREMIER CHAPITRE : REVUE DE LA LITTERATURE	8
A – Influence de l'entraînement sur la capacité physique aux différents stades pubertaires	9
1 – Influence de l'entraînement sur la capacité physique d'endurance aux différents stades pubertaires.....	9
a – Période favorable au développement de la capacité physique d'endurance	12
2 – Influence de l'entraînement sur la capacité physique "vitesse" aux différents stades pubertaires.....	13
a – Période favorable au développement de la capacité physique de vitesse.	15
3 – Influence de l'entraînement sur la capacité physique de force aux différents stades pubertaires.....	17
a - Période favorable au développement de la qualité physique : la Force...	21
4 – Influence de l'entraînement sur la capacité physique la souplesse aux différents stades pubertaires.....	23
a – Période favorable au développement de la qualité physique la souplesse	26
5 – Influence de l'entraînement sur la capacité physique l'adresse, aux différents stades pubertaires.....	27
B – Evolution des paramètres morphologiques aux différents stades pubertaires	28
1 – Evolution des indices morphologiques durant les différents stades pubertaires	29
a – La taille et le poids.....	29
b – Les composants corporels.....	31
b.a – La masse musculaire ou masse maigre.....	31
b.b – La masse graisseuse	33
C – Evolution des paramètres physiologiques aux différents stades pubertaires	35
1 – Evolution de la consommation maximale d'oxygène VO ₂ max.....	35
D – Evolution de la puissance maximale anaérobique alactique (PMANA)	37

DEUXIEME CHAPITRE : PRESENTATION DE LA RECHERCHE... 40

A – Hypothèse de la recherche	41
B – Objectifs de la recherche	41
C – Tâches de la recherche	42
D – Contenu expérimental	42
1 – Caractéristique de l'échantillon	42
2 – Outils d'investigation.....	42
3 – Epreuve de terrain : Course navette de 20 mètres.....	43
4 – Estimation de la capacité anaérobie alactique	44
5 – Estimation des composants corporels	45
6 – Tests d'EUROFIT d'aptitude physique.....	45
7 – L'enquête – le questionnaire.....	46
8 – Méthode de traitement statistique	46
9 – Méthode de l'analyse bibliographique.....	47
E – Classification des stades pubertaires	47
F – Organisation de la recherche	49
Première phase : Identification de l'échantillon de la recherche et organisation des tests	50
Deuxième phase : Organisation et formation d'équipe de travail pour la réalisation des tests	50
Troisième phase : Codage et suivi de l'échantillon à examiner.....	50
Quatrième phase : Traitement des données de la recherche	51
Cinquième phase : Rédaction de la recherche	51

TROISIEME CHAPITRE : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS DE LA RECHERCHE 52

A – Présentation des résultats de l'enquête	53
1 – Analyse du questionnaire	53
2 – Discussion	55
B - Présentation et discussion des résultats morpho-fonctionnels aux différents stades pubertaires	57
1 – Paramètres morphologiques au 1 ^{er} stade pubertaire.....	57
2 – Paramètres physiologiques au 1 ^{er} stade pubertaire	57
3 – Paramètres morphologiques au 2 ^{ème} stade pubertaire	58
4 – Paramètres physiologiques au 2 ^{ème} stade pubertaire	58
5 – Paramètres morphologiques au 3 ^{ème} stade pubertaire	59
6 – Paramètres physiologiques au 3 ^{ème} stade pubertaire.....	59
7 – Paramètres morphologiques au 4 ^{ème} stade pubertaire	60

8 – Paramètres physiologiques au 4 ^{ème} stade pubertaire	60
9 – Paramètres morphologiques au 5 ^{ème} stade pubertaire	61
10 – Paramètres physiologiques au 5 ^{ème} stade pubertaire.....	61
C – Evolution des caractéristiques morphologiques aux différents stades pubertaires.....	62
Représentation graphique de l'évolution des paramètres anthropométriques selon les stades pubertaires.....	63
Discussion de l'évolution des indices morphologiques aux différents stades pubertaires.....	64
D – Evolution des caractéristiques physiologiques aux différents stades pubertaires.....	65
Représentation graphique de l'évolution des paramètres physiologiques selon le stade pubertaire.....	65
Discussion de l'évolution des indices physiologiques aux différents stades pubertaires.....	66
E - Présentation et discussion des résultats des qualités physiques des jeunes enfants constantinois aux différents stades pubertaires	69
1 – Capacité physique d'endurance aux différents stades pubertaires ..	69
2 – Capacité physique de Force-Vitesse aux différents stades pubertaires	69
F - Capacité physique de Vitesse aux différents stades pubertaires ...	71
1 – Capacité physique de souplesse aux différents stades pubertaires ..	72
– Evolution des caractéristiques physiques aux différents stades pubertaires.....	72
Représentation graphique de l'évolution des paramètres physiques selon les stades pubertaires.....	74
Discussion de la capacité physique aux différents stades pubertaires ..	76
G – Etude corrélative entre les différents paramètres de la recherche	76
1 – Corrélation Puissance maximale anaérobie alactique (PMANA) avec le poids maigre.....	77
2 – Corrélation Consommation maximale d'oxygène (VO2 max) avec le poids maigre	78
3 – Corrélation du PMANA avec la VO2 max	79
CONCLUSION	80
Index bibliographique	84
Annexes.....	92

INTRODUCTION

Introduction

La théorie et la méthodologie de l'Education Physique et Sportive accordent une importance primordiale à la sélection et à l'orientation des Jeunes Talents sportifs ainsi qu'à la conception systématique des principales formes d'activités motrices, en étroite liaison avec les spécificités de développement et de croissance des individus. Cette démarche relève désormais du domaine de l'exploration fonctionnelle définissant les potentialités individuelles des enfants et des adolescents.

Aujourd'hui, il importe donc d'explorer les aptitudes physiques et morphologiques dans une optique d'orientation interdisciplinaire et d'établir des indicateurs indispensables à la planification des contenus d'entraînement et de préparation.

La puberté constitue la phase finale des mutations tant physiologiques que morphologiques et anatomiques. Ce processus de transformations complexes commence par la mise en activité accrue du système hormonal suivi d'une série de modifications qui produiront à moyen terme un sujet transformé en taille, en poids, et sexuellement mature. Cette évolution implique des répercussions directes sur les possibilités d'efforts physiques des enfants et des adolescents. Ainsi les charges d'efforts appliquées ne doivent en aucun cas constituer une réduction quantitative de la capacité de travail physique imposée aux adultes. D'ailleurs Claparède – cité par Weineck, J. 1992 [102], conclut que « l'enfant n'est pas un adulte en miniature et sa mentalité n'est pas seulement quantitativement, mais aussi qualitativement différente de celle de l'adulte, si bien que l'enfant n'est pas plus petit, il est aussi différent.»

La détection d'un bon état morfo-fonctionnel est une prémisses pour une meilleure efficacité du rendement mécanique avec un bon développement des qualités physiques. Il offre une garantie certaine pour l'accession à la haute performance. Gürtler (H) 1982 [34].

Compte tenu aussi de leur caractère génétique, la plupart des qualités morphologiques et certaines fonctionnelles sont difficilement entraînaibles. La possibilité de compensation des manques au niveau d'un facteur ou d'une qualité motrice de la préparation par le développement des autres, demeure réduite. Cela nous invite, dans le cadre de la prospection, à cibler, d'une part, les sujets qui présentent les meilleures prédispositions morpho-fonctionnelles, et d'autre part, à établir des protocoles de préparation conséquents sur des bases scientifiques. La spécialisation en temps voulu se produira aussi tard que nécessaire sur la base d'une construction de performance adaptée au développement individuel. Weinek, T. [102]

L'étude de l'évolution des caractéristiques morpho-fonctionnelles au stade pubertaire constitue une base obligatoire pour l'orientation sportive, le suivi et la prédiction de la performance des enfants et des adolescents.

Du fait que peu de travaux algériens référencés, relatifs à cet aspect sont disponibles, l'objectif de cette étude est d'établir un ensemble de critères à partir d'une évaluation fonctionnelle rigoureuse, pour l'élaboration du protocole d'entraînement spécifique et même individualisé en rapport avec l'âge propice au développement des qualités physiques.

La nécessité d'une telle démarche est ressentie d'autant plus que l'entraînement moderne ne pourrait pas surmonter les effets limitants de certaines défaillances décelées au niveau de certaines qualités acquises génétiquement, telles que les paramètres morphologiques et énergétiques que la préparation ne peut tout au plus améliorer que dans une proportion relativement limitée.

L'autre aspect aussi que nous cherchons à mettre en relief est la ou les interdépendances pouvant exister entre les paramètres énergétiques de la

consommation maximale d'oxygène VO_2 max avec la puissance maximale anaérobie alactique PMANA et aussi au niveau de l'influence des composants corporels de la masse musculaire, osseuse et adipeuse sur ces paramètres chez les jeunes pubères.

PREMIER CHAPITRE

REVUE DE LA LITTERATURE

A - Influence de l'entraînement sur la capacité physique aux différents stades pubertaires

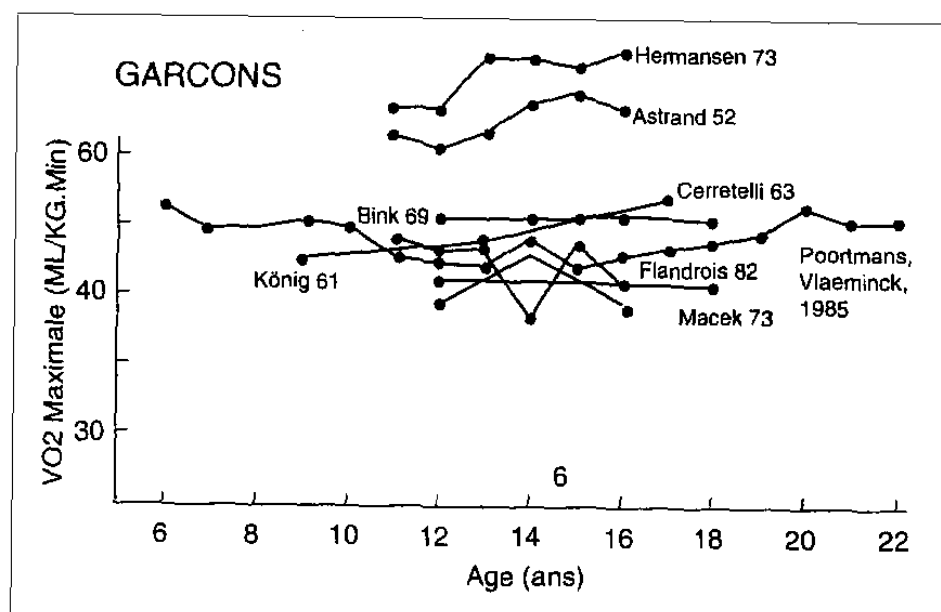
1 - Influence de l'entraînement sur la capacité physique d'endurance aux différents stades pubertaires

L'étude objective de l'adaptation des capacités physiques à la puberté, pose un certain nombre de problèmes techniques. Il est en effet délicat de dissocier la contribution relative due à l'entraînement, de celle inhérente au développement et à la croissance.

L'endurance est la capacité de maintenir un effort d'intensité faible à modérée, suivant le degré de préparation de l'individu, pendant un temps relativement long. D'un point de vue énergétique, l'endurance met en jeu la filière aérobie et se caractérise par un équilibre entre l'apport en oxygène et son utilisation au niveau des cellules (Steady state).

L'évolution du processus aérobie a été le sujet de beaucoup de recherches, notamment celle de Poortmans et collaborateurs (1986) [72].

Fig. n° 1 : Evolution de la VO_2 max pendant la croissance chez les garçons



L'ensemble des auteurs est d'accord pour dire que, quel que soit l'âge de l'individu, ce type d'activité est le plus favorable.

Pour les systèmes cardio-circulatoire et respiratoire, l'endurance est certainement la pratique la plus couramment utilisée par les sportifs dans le cadre de leur préparation physique générale. Même s'il faut souligner que les autres qualités sont également importantes, l'endurance constitue encore pour beaucoup le baromètre de la condition physique. Des auteurs (Astrand et Rodahl 1980 [2], Rieu 1988 [76], Vrijens 1994 [97]), ont confirmé que la répétition régulière de cette activité influence favorablement les grandes fonctions de l'organisme, spécifiquement suivant la durée et l'intensité de l'effort.

Dans d'autres études, (Bar-Or 1983 [102], Mirwald et al. 1981 [102], Poortmans et al. 1986 [102]) ont tous observé une augmentation plus importante chez le sujet masculin au stade pubertaire qui est, en réalité, associée à l'accroissement plus marqué de la masse musculaire. Ceci se traduit par une demande accrue en oxygène lors d'un effort intense. Afin d'atténuer l'influence des facteurs morphologiques, les auteurs ont pris l'habitude de normaliser la VO_2 max par rapport au poids corporel ou au poids maigre. Exprimée sous cette forme, il est intéressant de constater que la VO_2 max n'est pas réellement différente chez le garçon quel que soit l'âge et se situe à environ 50 ml.min.kg (fig. n° 1).

L'évolution et l'adaptation à l'entraînement, bien que peu nombreuses, les études menées dans ce domaine montrent que la majorité des ajustements rencontrés chez l'adulte se retrouvent également chez l'enfant pendant la croissance. C'est ainsi que, plus spécifiquement, il a été montré que le volume cardiaque, la capacité vitale et la PMA des garçons de 6 à 11 ans, engagés dans un programme d'entraînement aérobie de 6 à 32 mois, augmente davantage que

chez une population témoin du même âge. Cet accroissement se chiffre après 32 mois, pour les enfants entraînés et non entraînés, respectivement à : 43% contre 36% pour le volume cardiaque, 58% contre 34% pour la capacité vitale et 55% contre 37% pour la PMA. Cependant, pour ce dernier paramètre, la différence entre les deux groupes n'est plus significative lorsque sa valeur est rapportée au poids corporel (Ekblom 1969) [19]

Par contre, d'autres études plus récentes ont mis en évidence un effet d'entraînement sur la PMA exprimée en valeur relative. C'est notamment le cas de l'étude longitudinale menée par Kobayashi et al. (1978) [49] chez les enfants de 10 à 18 ans et celle de Weber et al. (1976) [101] réalisée chez des jumeaux monozygotes de trois catégories d'âges différentes (10, 13 et 16 ans). Dans cette dernière étude, les jumeaux de 10 et 16 ans, qui se sont entraînés pendant 6 semaines augmentent significativement leur PMA par rapport aux jumeaux de la même paire qui ont conservé leur activité quotidienne. De nombreux travaux utilisant une approche transversale débouchent sur les mêmes conclusions (Flandrois et al. 1982 [25] ; Fleck et Kraemer 1987 [26] ; Massicotte et Mc Nab 1974 [61]). Un argument supplémentaire est que l'interruption de l'entraînement induit une diminution de la PMA qui réaugmente dès la reprise de la pratique sportive (Flandrois et al. 1982 [25] ; Knuttgen et Steendahl 1983 [48]). Pour autant que l'intensité d'effort soit suffisamment élevée, un accroissement de 10 à 20% de la VO_2 max est habituellement rapporté chez le jeune pré-pubère après une période d'entraînement ou d'endurance de 2 à 4 mois (Rowland 1992 [79]).

Tableau n° 1 : Exemples d'études ayant enregistré une amélioration de la performance lors d'une épreuve de course à pied en l'absence (0) ou en présence (+) d'une légère hausse (inférieure à 8,2 %) de la VO2 max suite à un programme d'entraînement chez de jeunes sujets

Auteur	Age	Sexe	Type d'entraînement	VO2 max	Performance
Daniels et col. (1971)	10 - 15	M	Course (longues distances)	0	+
Bar-Or et col. (1973)	9 - 10	F + M	Course (intervalles courts)	0	+
Morcellin et col. (1973)	7 - 10	F + M	Course (longues distances)	0	+
Lussier et col. (1977)	8 - 12	F + M	Course (longues distances)	+	+
Yashida et col. (1980)	5	F + M	Course (intervalles longs)	0	+
Rotsein et col. (1986)	10 - 11	M	Course (intervalles courts et longs)	+	+

La constatation de progrès lors d'épreuves de terrain sans modification de la PMA (tableau n° 1) a conduit certains chercheurs à expliquer le meilleur rendement énergétique par une amélioration de l'économie de course suite à l'entraînement (Krahenbühl et Williams 1992) [52]), et à déterminer la période la plus favorable pour le développement de la capacité physique d'endurance.

a - Période favorable au développement de la capacité physique d'endurance

Divers travaux ont recherché la période la plus propice au développement du métabolisme aérobie. Si les avis sont assez partagés, c'est probablement parce que les auteurs se sont référés à l'âge chronologique. Sur la base de l'âge biologique des individus (Koboyashi et al. 1978 [49]) ont pu montrer que si l'on exprime l'évolution de la VO₂ max par rapport à la phase de croissance rapide, l'effet optimal d'entraînement se situe autour du pic de croissance, soit en pleine poussée pubertaire. Les données expérimentales publiées par Mirwald et al. (1981) [64] et Mercier (1983) [62] sont cohérentes avec cette conclusion. De leur côté, (Astrand et Rodahl 1980) [2] ont conclu leurs travaux comme suit :

« La pratique de l'endurance se justifie à tout âge et il convient de débiter précocement cette activité puisqu'elle constitue la base de la condition physique et de la santé en général. Il est toutefois impératif de rester dans des limites de contraintes mécaniques et thermiques raisonnables.»

2 - INFLUENCE DE L'ENTRAINEMENT SUR LA CAPACITE PHYSIQUE "VITESSE" AUX DIFFERENTS STADES PUBERTAIRES

La vitesse se définit comme la capacité de pouvoir accomplir une action motrice en un laps de temps minimum dans des conditions données. Certains auteurs distinguent la vitesse cyclique, qui se caractérise par une succession d'actions motrices (ex : la course) et la vitesse acyclique, propre à une action isolée (ex : le saut).

Lorsque l'on évoque la qualité de vitesse, il est classique de parler des différents facteurs déterminant sa performance. C'est ainsi que lors d'un sprint, le temps de réaction, la vitesse d'actions motrices (vitesse gestuelle) ainsi que la capacité de maintenir la vitesse maximale (souvent appelée endurance-vitesse) vont contribuer à la réalisation de la performance. Ces différentes composantes de la vitesse sont assez indépendantes les unes des autres. On peut, par exemple, avoir une réaction motrice très rapide tout en étant relativement lent dans ses gestes, et vice-versa.

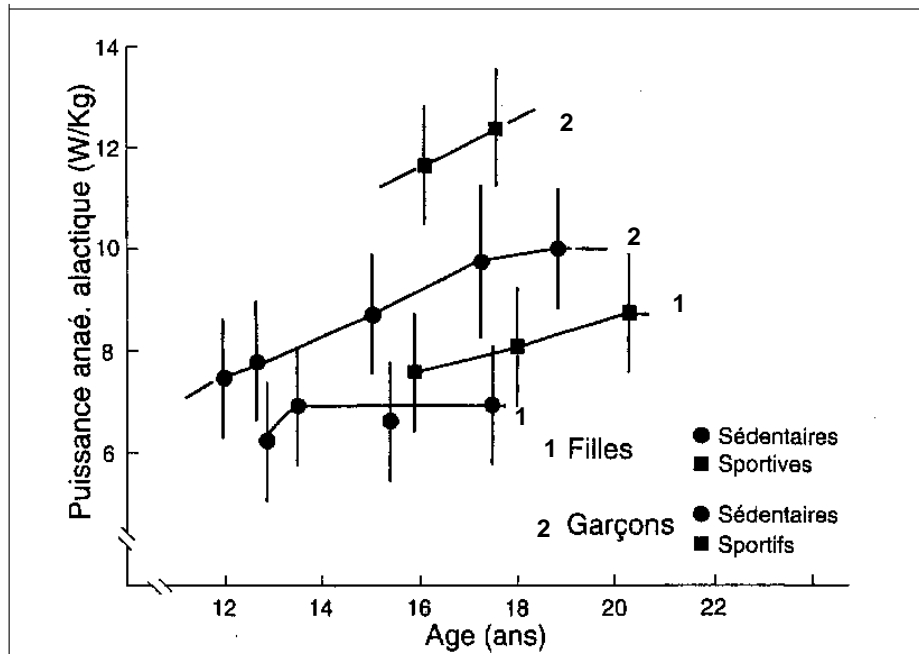
Comme nous venons de le voir, il n'est pas possible de dissocier précisément les différentes composantes intervenant dans le capacité de vitesse gestuelle. En outre, lors d'épreuves même relativement brèves, l'intervention de la filière anaérobie lactique n'est pas nulle puisque des taux de lactate musculaire de 5 mmol.kg ont été mesurés lors d'une course de 40 m (Hirvonen et al. 1987) [43]. Malgré ces limites, certains auteurs ont tenté d'estimer la puissance du processus anaérobie alactique souvent apprécié sur le terrain par la répétition d'un mouvement simple ou lors d'une activité naturelle comme la course. Une distance relativement courte (de 25 à 40 m) est habituellement utilisée afin que le

temps d'effort ne dépasse pas 5 à 6 secondes. La vitesse moyenne augmente progressivement avec l'âge, passant en moyenne de $3,64 \text{ m.s}^{-1}$ à 6 ans, à $5,94 \text{ m.s}^{-1}$ à 12 ans, pour atteindre $7,76 \text{ m.s}^{-1}$ à 20 ans chez le garçon (Falize 1984) [24].

En laboratoire, l'ensemble des investigations réalisées dans ce domaine a permis de constater que la puissance maximale chez l'enfant est systématiquement inférieure à celle enregistrée chez l'adulte quel que soit le test utilisé (tests de Sargent, de Margaria ou tests de Wingate ou force-vitesse sur cycle ergomètre).

Cette différence subsiste même lorsqu'elle est standardisée par rapport au poids corporel mais elle se réduit fortement lorsque les valeurs sont normalisées par rapport à la masse musculaire active. Ainsi, mesuré sur cycle ergomètre, il apparaît que le jeune de 13 ans présente un déficit moyen de puissance maximale de 17% par rapport à l'adulte (Sargeant 1989) [82]. Avec l'âge, la puissance maximale augmente très progressivement chez les garçons jusqu'à l'âge de 19-20 ans.

Fig. 2 : Evolution de la puissance anaérobie alactique mesurée sur cycle ergomètre au cours de la croissance chez des garçons et des filles sédentaires ou sportifs



La relative faiblesse de la puissance anaérobie alactique observée chez l'enfant ne semble pas liée à une activité enzymatique plus faible. En effet, des études utilisant des biopsies musculaires ont montré des activités de la phosphocréatine kinase (PCK) et de l'adénylate Kinase (AK) comparables à celles de l'adulte (Eriksson 1980) [22]. De même, elle ne pourrait pas s'expliquer par une modification de la distribution en fibres lentes et rapides pendant la croissance puisque celle-ci semble fixée très tôt lors de la prime enfance et ne se modifie éventuellement que très lentement par la suite.

Cependant, il a été récemment montré que si à l'âge de 6 ans, l'enfant n'est pas capable d'activer la plupart de ses muscles de façon maximale, le problème ne se pose plus dès l'âge de 9 ans (Belanger et Mc Comas 1989) [5]. Une plus grande compliance des structures élastiques du système musculaire ou une plus faible capacité intrinsèque de la machinerie contractile à générer une force ont également été avancées. La deuxième alternative semble toutefois peu probable puisque la cinétique contractile, testée par la mesure du temps de contraction et de relaxation musculaire, est relativement comparable à celle de l'adulte, et ce dès l'âge de 3 à 6 ans, comme l'ont montré des expériences de stimulation électrique

(Elder et Kakulas 1993) [20]. En revanche, la capacité élastique du muscle semble s'améliorer pendant la croissance (Bosco et Komi 1979) [9].

a - Période favorable au développement de la capacité physique de vitesse

Les rares études menées sur bicyclette ergométrique ont révélé une possibilité de développement de la puissance du processus anaérobie alactique par l'entraînement. Parmi ces études, la recherche de Ratchev et Stoev (1979) [73] rapporte que des garçons de 11 à 14 ans pratiquant régulièrement des entraînements de sprint, présentent un niveau de performance supérieur au groupe de contrôle lors d'une course de 20 m. Pour ces tranches d'âge, les gains en vitesse sont compris entre 1 et 1,6 m/sec et sont les plus élevés à 14 ans, âge auquel la force, qualité intervenant également dans la vitesse de course, se développe le plus. Une autre étude de la même équipe (Ratchev 1970) [73] a analysé la possibilité d'entraîner la vitesse gestuelle sans charge chez les enfants de 12 ans et des adultes de 21-24 ans, et a observé une augmentation de la fréquence gestuelle maximale de 0,63 cycles/sec chez l'enfant, alors que les progrès n'étaient que de 0,04 cycle/sec chez l'adulte.

Il convient de souligner que des méthodes utilisant des charges additionnelles sont moins efficaces que la méthode sans charge, pour le développement de la vitesse gestuelle maximale à charge nulle chez le jeune pré-pubère (Kaneko et al. 1983 [47] ; Ratchev 1970 [74]).

Aussi, la comparaison à des sujets sédentaires de filles et de garçons pratiquant régulièrement des activités sportives montre clairement que les seconds développent une puissance maximale anaérobie supérieure de 14% à 23% aux mêmes âges (fig. n° 3 : Criclaard et Pinnay 1985) [13]. Dans le même sens, une étude longitudinale menée sur un groupe de garçons âgés de 11 à 13 ans, a montré un gain significatif de puissance maximale anaérobie alactique d'environ 5 % après un entraînement de sprint (course ou vélo) de 6 semaines.

Pendant la même période, les sujets du groupe de contrôle n'ont pas modifié leur performance (Grodjnovsky et al. 1980) [31]. De même, chez des garçons de 10 à 12 ans, un programme intensif de course sur des distances allant de 150 m à 600 m s'est traduit par un gain de puissance anaérobie alactique de 14% après 9 semaines d'entraînement à raison de trois entraînements hebdomadaires (Rotstein et al. 1986) [78].

Il est donc parfaitement justifié de commencer très tôt le travail de la vitesse. Il semble en effet que les bases biologiques déterminant la capacité de vitesse s'établissent très tôt dans l'enfance, dès l'âge de 6 ans. A cet âge, la vitesse dépend étroitement de la coordination nerveuse et du développement de programmes moteurs adéquats. C'est dans le premier âge scolaire que se manifeste la plus forte croissance de la fréquence et la vitesse de mouvement (Kohler et al. 1978 [50] ; Stemmler 1977 [88]). Chez l'enfant, une activité à caractère ludique doit, bien entendu, prévaloir sur les programmes plus systématiques et contraignants réalisés chez l'adulte. Le développement de la force musculaire est un autre facteur qui contribue au développement de la vitesse gestuelle, surtout lorsque la résistance qui s'oppose au mouvement n'est pas négligeable (le poids du corps, par exemple).

3 - INFLUENCE DE L'ENTRAINEMENT SUR LA CAPACITE PHYSIQUE DE FORCE AUX DIFFERENTS STADES PUBERTAIRES

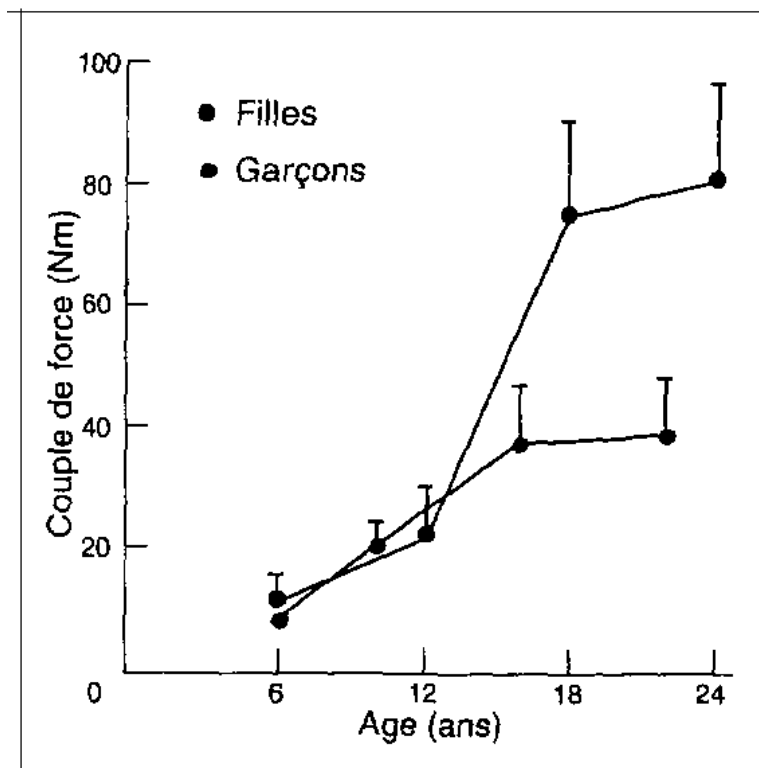
La force est définie comme la capacité d'un groupe musculaire à développer une tension lorsqu'il s'agit de la tension maximale, ou en pratique sur le terrain de la charge que l'on ne peut mobiliser qu'une seule fois, on parle alors de force maximale. On utilise aussi le terme de force-vitesse ou de force explosive pour caractériser la vitesse à laquelle la force est développée. Le terme de force-endurance représente la capacité d'un groupe musculaire à pouvoir maintenir pendant un temps donné une tension musculaire (ou charge/non maximale) ou

la répéter un nombre de fois relativement élevé.

La force développée est fonction du nombre d'unités motrices actives et des caractéristiques biomécaniques du muscle comme son bras de levier ou l'angle de pennation de ses fibres. Au niveau de la fibre même, elle dépend du nombre de ponts ou connexions formées entre les filaments d'actine et de myosine. Leur nombre varie en fonction de la longueur du muscle (relation tension-longueur) et détermine la vitesse à laquelle le muscle peut se raccourcir.

Figure 3 : Couple de force maximal développé par le fléchisseur du bras lors d'une contraction isométrique en fonction de l'âge chez les filles et les garçons

(d'après les données de Gerbeaux et coL 1986) [29]



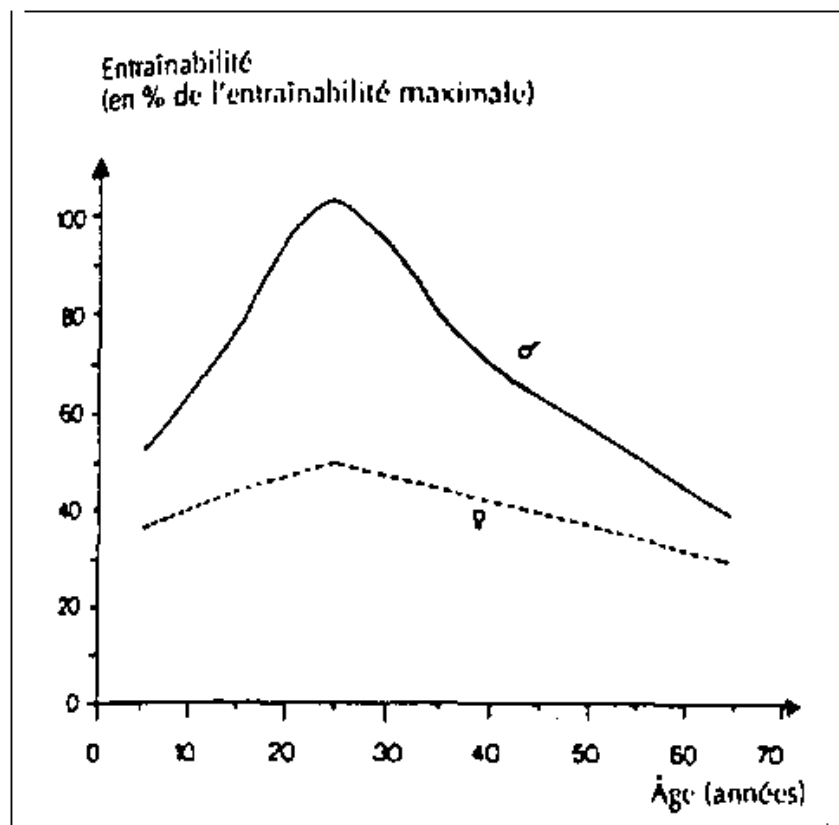
Globalement, la force musculaire augmente progressivement au cours de la croissance en fonction de l'accroissement de la masse corporelle.

Avant la puberté, la force maximale des garçons et des filles n'est pas très différente (fig. 3 : Gerbeaux et al. 1986 [29] ; Sunnegardh et al. 1994 [90] ; Weltman 1989 [103]). Elle est parfois un peu plus élevée chez les garçons pour la force manuelle (Tanner 1962 [92]). A partir de la puberté, l'augmentation de la force progresse de manière plus marquée chez les garçons. Cette augmentation rapide et importante est associée à la production élevée de testostérone. Cette hormone androgène a pour effet d'augmenter l'anabolisme protéique et donc d'accroître la quantité de protéines contractiles (filaments d'actine et de myosine) au sein de chaque fibre musculaire. Ceci se traduit au niveau morphologique par

une hypertrophie des fibres musculaires. Chez les garçons, l'augmentation est maximale un an après le pic de croissance rapide (14,5 à 15,5 ans, Bar-Or 1989 [3]). Cette force maximale se stabilise ensuite entre 20 et 30 ans.

Des études comme celle de (Hayden et Yuhasz 1965 [39]) sur la force-endurance, ou celle de (Bosco et Komi 1980 [9]) sur la force dynamique lors des sauts en profondeur, afin d'améliorer l'élasticité musculaire, ont démontré une nette progression de cette qualité physique durant les différents stades pubertaires. En plus de l'accroissement de force, le gain obtenu semble lié à l'amélioration des mécanismes de stockage et de restitution de l'énergie élastique (Bosco et Komi 1980 [9]) et de l'activité réflexe lors de l'étirement (Moritani et al. 1989 [66]).

Figure n° 4 : Entraînabilité du muscle en fonction de l'âge et du sexe (d'après Hellinger 1966 [43])



L'augmentation de la force musculaire est liée au principe de surcharge. Le muscle ne s'adapte que si la charge qui lui est imposée est supérieure à celle qu'il rencontre habituellement. Certains chercheurs ont chiffré à 30% de la force maximale la résistance minimale nécessaire pour obtenir un gain en force chez l'adulte (Hettinger et Müller 1953 [43]). Néanmoins les gains les plus élevés sont obtenus par des charges représentant plus de 60% de la force maximale du muscle, ce qui correspond à un effort permettant une quinzaine de répétitions au maximum. Des gains supérieurs peuvent être obtenus par des contractions excentriques utilisant une charge comprise entre 120 et 150% de la force développée en contraction concentrique (Komi et Buskirk 1986 [51]).

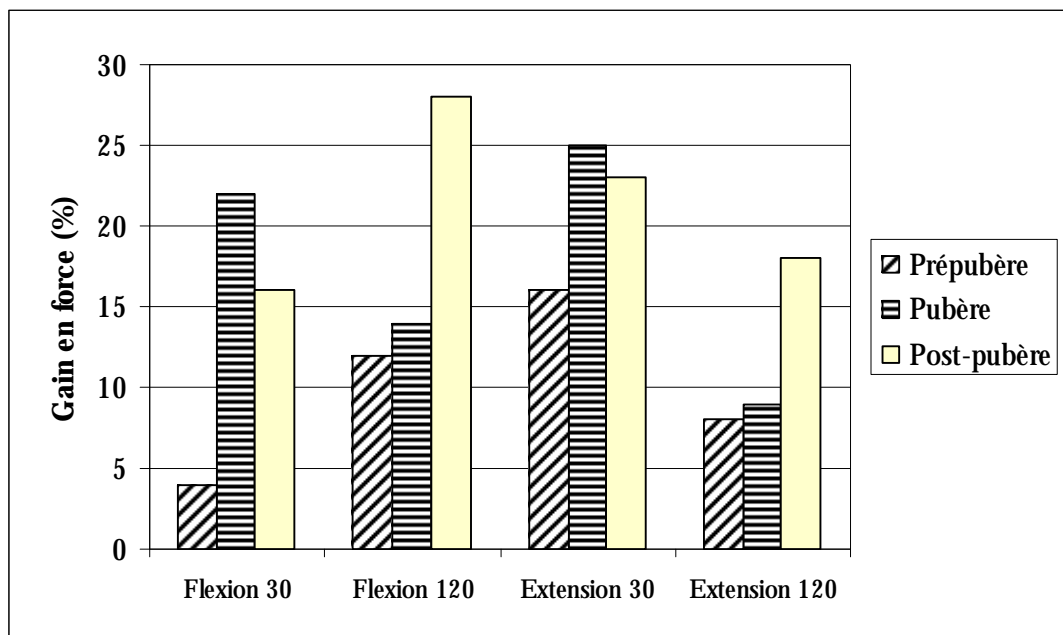
Par ailleurs, certains auteurs ont longtemps soutenu de manière dogmatique que l'enfant pré-pubère était incapable d'augmenter sa force par un entraînement de musculation à cause de son déficit en testostérone. A leurs yeux, il était inutile de faire du renforcement musculaire avant la puberté. Ces arguments s'appuyaient entre autres sur une étude de Vrijens (1978 [96]) qui montrait que les seuls gains en force enregistrés chez des enfants pré-pubères après 8 semaines d'entraînement, concernaient les muscles du tronc (abdominaux et dorsaux). En revanche, le même programme administré à des adolescents de 16-17 ans permettait d'accroître également la force de la musculature des membres.

Des études récentes utilisant des charges plus conséquentes (50 à 100%) de la charge permettant l'exécution de 10 répétitions au maximum, ont en effet rapporté un accroissement en force maximale aussi bien chez des garçons et des filles pré-pubères (Pfeiffer et Francis 1986 [70] ; Servedis et al. 1985 [85] ; Sewall et Micheli 1986 [86]). Des gains moyens en force isométrique compris entre 20 et 45% suivant le groupe musculaire ont été mis en évidence après 8 à 9 semaines d'entraînement. Une autre étude menée sur une période d'un an rapporte aussi un gain en force de 21,4% pour les extenseurs des jambes chez

des enfants pré-pubères (Hakkinen et al. 1989 [35]).

Plusieurs autres recherches menées chez l'enfant pré-pubère ont montré que les gains à cet âge sont rarement associés à une hypertrophie musculaire (Webb 1990 [100] ; Weltman et al. 1989 [103]). Néanmoins, seules les études de Ramsey et al. (1990) et de Ozmun et al. (1994 [69]) ont à ce jour réellement abordé ce problème d'une manière rigoureuse et adéquate. La conclusion de leurs travaux est que l'accroissement de la force enregistré avant la puberté, n'est pas lié à une hypertrophie, comme en atteste l'absence de différence avant et après entraînement de la surface de section musculaire mesurée par échotomographie. En revanche, des modifications du couplage Excitation-contraction, ainsi que des adaptations nerveuses permettaient d'expliquer les gains en force.

Figure 5 : Effet d'un programme identique de musculation chez 3 groupes de jeunes garçons de maturation différente. Les valeurs correspondent au gains enregistrés lors d'un mouvement isocinétique de flexion ou d'extension du coude (d'après les données de Pfeiffer et Francis 1986 [70])



a - Période favorable au développement de la qualité physique : la Force

Sur la base de données relativement anciennes, on a longtemps cru que l'enfant n'était pas capable d'accroître sa force maximale avant la puberté et donc

qu'il ne servait à rien d'entreprendre un programme de musculation avant qu'il ne soit arrivé à maturité. Comme nous venons de le voir, des études récentes ont apporté la preuve qu'il n'en est rien et qu'une augmentation relativement conséquente de la force maximale est tout à fait possible, même à cet âge.

Il a même été rapporté par Pfeiffer et Francis (1986 [70]) que, pour un même programme d'entraînement, les gains en force exprimés en pourcentage sont du même ordre de grandeur et même parfois supérieurs chez des jeunes pré pubères que chez des sujet pubères (fig. 5).

Si personne ne conteste que l'adulte peut atteindre un niveau de développement supérieur en force, en raison de sa capacité à pouvoir soutenir un programme de musculation conséquent et donc à sa possibilité d'hypertrophie musculaire complémentaire, la pratique d'exercices de renforcement musculaire peut néanmoins être déjà entreprise chez l'enfant avant la puberté. S'il faut évidemment se montrer extrêmement prudent dans la manipulation de charges importantes sur des squelettes encore incomplètement ossifiés, il faut aussi mettre en exergue l'effet tonifiant qu'apporte une musculation bien adaptée. Cette amélioration de la tonicité musculaire est d'autant plus importante qu'elle peut contribuer à la prévention de blessures musculo-tendineuses et articulaires (Moskwa et Nicholas 1989) [67].

D'autres chercheurs se sont penchés sur les risques de la musculation chez les enfants pré-pubères par des études épidémiologiques et ont montré que dans un programme d'entraînement bien adapté, la fréquence des blessures est moins élevée que dans la pratique d'activités sportives comme la gymnastique, le football, les sports de combat et de contact (Tanner 1993) [92]. Les études utilisant la scintigraphie, menées sur des enfants pré-pubères engagés dans un programme de musculation de 14 semaines, n'ont pas permis de constater d'anomalies osseuses (Weltman et al. 1989) [103]. La conviction que la musculation pourrait être dangereuse du point de vue cardiaque ou limiter la croissance de l'enfant sain, est sans fondement scientifique pour autant qu'il n'y

ait pas de lésion du cartilage de croissance (Rians et al. 1987) [75].

4 - INFLUENCE DE L'ENTRAINEMENT SUR LA CAPACITE PHYSIQUE LA SOUPLESSE AUX DIFFERENTS STADES PUBERTAIRES

On appelle généralement souplesse d'un segment, sa faculté d'être mobilisé activement ou passivement sur toute l'étendue anatomique de l'articulation.

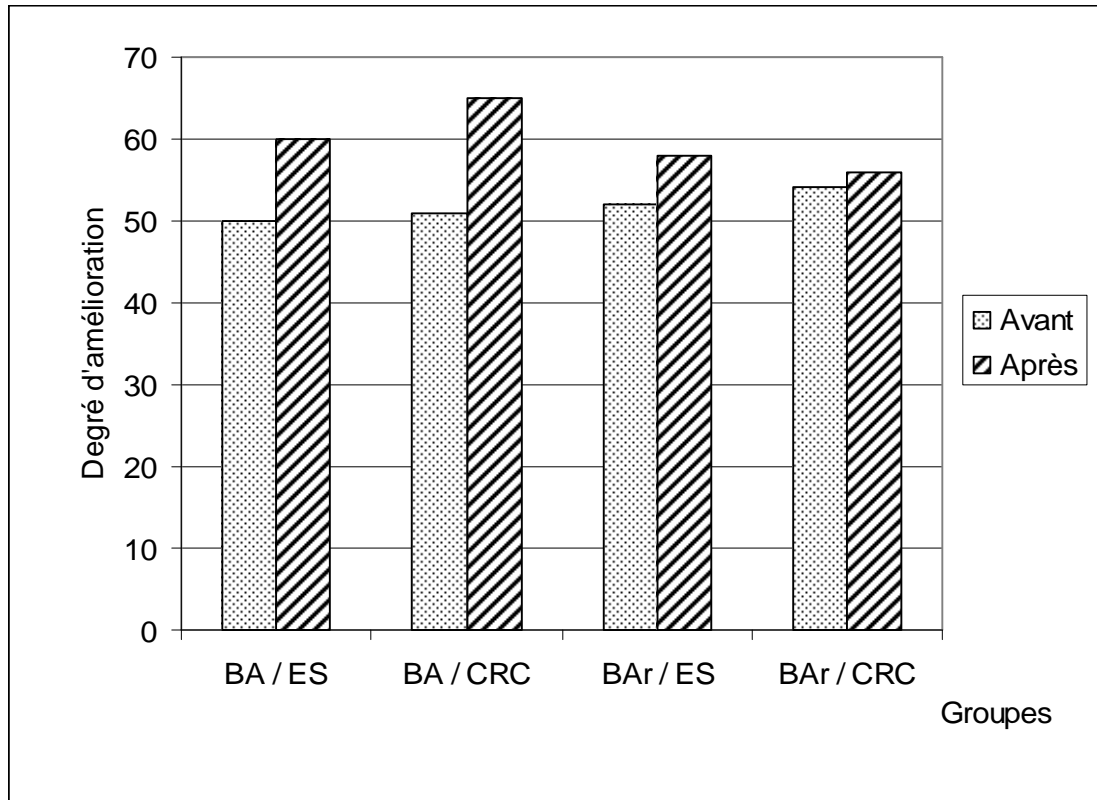
La souplesse est limitée par des facteurs à la fois mécaniques et nerveux. Parmi les facteurs mécaniques, il faut citer l'élasticité musculo-tendineuse, capillaire et ligamentaire. Dans certains cas, l'amplitude articulaire peut également être limitée par les butées osseuses et l'épaisseur des masses musculaires. Au plan nerveux, la capacité de relâchement du sujet peut influencer la possibilité d'allongement musculaire, ce qui est vérifié par des études neurophysiologiques des effets du stretching sur l'excitabilité motoneuronale (Guissard et al. 1988) [33].

On distingue habituellement la souplesse générale de la souplesse spécifique. La première concerne des possibilités de mobilité des articulations principales (colonne vertébrale, articulation coxo-fémorale, etc.) dans leur globalité, tandis que la seconde concerne une articulation déterminée dont l'amplitude de mouvement conditionne la performance dans une discipline sportive.

Peu d'études ont analysé de manière précise l'évolution de la souplesse en fonction de l'âge. Les données de la littérature confirment les observations empiriques d'une souplesse naturelle importante chez l'enfant (Dutil 1978) [18]. Bien que cela puisse varier d'une articulation à une autre (Boone et Azen 1979 [8]; Krahenbühl et Martin 1977 [53]), la mobilité articulaire maximale atteint son apogée vers 9-10 ans avant de diminuer sous l'influence des changements morphologiques engendrés par la croissance accélérée au moment de la puberté. C'est le cas pour la flexion passive de la hanche qui, de 9 à 14 ans, passe de 92° à 83° chez la fille, et de 84° à 80° chez le garçon (Butel et al. 1980) [12]. La souplesse continue à se dégrader progressivement à l'âge adulte (Goldberg et al.

1984 [30] ; Micheli 1986 [63]), ce qui implique qu'elle doit être développée pendant l'adolescence et entretenue très régulièrement par la suite.

Figure 6 : Amélioration de la capacité d'étirement obtenue par les différentes techniques à partir de situations de départ anatomiquement différentes (d'après Sullivan, DeJulia et Worrell 1992)



BA : Bassin basculé en avant
BAr : Bassin basculé en arrière
ES : Etirement statique
CRC : Contract – relax – contract (méthode Contraction – relaxation)

Contrairement aux autres qualités physiques, l'enfant possède dès le départ un niveau élevé de souplesse. Le but de l'entraînement est donc principalement d'entretenir cette souplesse générale et d'accroître la souplesse spécifique parfois nécessaire dans certains sports. Sur la base de la littérature, il apparaît que pour un programme d'entraînement comparable, les enfants sont susceptibles d'accroître leur souplesse dans des proportions importantes (fig. 6) d'après (Sullivan et al. 1990 [89] ; Ganong 1972 [28]).

Pour un groupe de garçons de 13 à 16 ans, il a été rapporté, pour la flexion de la hanche, un gain moyen de 2,6° par séance sur un total de 9 séances (Heyters et Leneque 1989) [44]. Chez l'adulte, les gains moyens enregistrés dans des conditions comparables sont compris entre 0,5° et 1,8° par séance (Tableau n° 2). Il est évident que l'accroissement de mobilité dépend fortement de l'articulation. En effet un programme identique de 14 séances d'entraînement conduit à des gains de 8°, 10,2° et 6,3° respectivement pour l'extension dorsale de la cheville, l'abduction et la flexion de la hanche (Wallin et al. 1985) [99]. De plus, il est utile de signaler que contrairement aux idées reçues, l'entraînement de stretching ne diminue pas la capacité de force ou de vitesse du muscle (Guissard et al. 1992) [32].

(Harre 1976) et (Sermejev 1964), cités par Weineck préconisent pour l'entraînement de la souplesse, la méthode de répétition constituée d'exercices d'étirement et de relâchement. Selon Dordel (1975), l'étirement statique actif a un effet limité parce que les antagonistes des muscles fléchisseurs, tendus par l'étirement, ne peuvent pas produire la force nécessaire à la modification de longueur qui constituerait le stimulus d'étirement pour le muscle concerné. Au contraire, la méthode dynamique active produit des stimuli d'étirement nettement supérieurs en raison de la force d'inertie qu'elle engendre, et de la plus grande intensité des exercices.

De son côté, (Walker 1981) [98] constate qu'en raison de la courte mais très brusque influence des stimuli d'étirement, on observe une mise en jeu très importante de l'activité réflexe des faisceaux neuromusculaires : dans ce type d'étirement, elle est au moins deux fois plus élevée par la méthode de "stretching".

Parmi la multitude des méthodes de stretching, selon (Sölveborn 1983) [87], seules trois d'entre elles ont une grande utilité :

- 1- Etirement passif ou "étirement résistant" ;

2- Tension-relâchement (Contract-relax method) ou étirement sous l'action d'une auto inhibition ;

3- Tension-relâchement (étirement sous l'action de l'inhibition réciproque).

Dans leur analyse sur les méthodes américaines du stretching, (Hartley et Russel 1981) [38] ont montré que ces dernières ont une influence favorable sur le développement de la souplesse et permettent de reculer les limites de la flexibilité des tissus mous. Aussi (Warren, Lehman et Koblanski 1971 ; Sapega et col. 1981) [102] ont conclu que : « *Dans l'ensemble, ces méthodes conduisent toutes à une amélioration très marquée et durable de la souplesse grâce à des modifications inter moléculaires des composantes qui interviennent dans la plasticité des tissus musculaires.*»

a - Période favorable au développement de la qualité physique la souplesse

La souplesse peut être rapidement développée par un entraînement quotidien voire bi quotidien (Hasse 1976) [34]. Selon (Sermejev 1964) [84], l'âge optimal pour l'entraînement de la mobilité se situant entre 11 et 14 ans, le travail principal doit être effectué durant cette période. Par la suite, un dosage judicieux permet d'entretenir le niveau optimal atteint (Zaciorskij 1972) [105].

Tableau n° 2 : Comparaison du gain angulaire de la flexion de la hanche consécutif à un programme d'entraînement de stretching. La méthode "CRAC" (Contraction relaxation antagonist contraction, d'après Guissard et col. 1988)

Auteur	Age (ans)	Sexe	Nombre de séances	Fréquence par semaine	Gain total (degré)	Gain / séance (degré)
HEYTERS et coll. (1989)	13 - 16	M	9	3	23,5	2,6
HEYTERS (non publié)	24	M + F	12	3	18,0	1,5
SADY et coll. (1982)	23	M	18	3	9,4	0,5
ETNYRE et coll. (1988)	20	M	24	2	19,7	0,8
		F	24	2	21,5	0,9
HARTLEY-O'BRIEN (1980)	20	F	9	3	16,6	1,8

L'enfant possédant, dès le plus jeune âge, un niveau élevé de mobilité, un entraînement "poussé" de souplesse n'est pas nécessaire avant 9-10 ans sauf pour certains sports comme la gymnastique ou la danse. D'après certains auteurs, la période optimale pour le développement de cette qualité se situe entre 11 et 14 ans. C'est alors que les gains les plus importants peuvent être obtenus (Sermejew 1964) [84]. La souplesse doit être ensuite très régulièrement entretenue afin de conserver le niveau acquis. Un bon niveau de souplesse est souhaitable dans la mesure où elle permet d'optimiser les gestes sportifs et de réduire le risque d'accidents (claquage, entorse... ; Moskwa et Nicholas 1989) [67]. Il convient cependant d'éviter les excès en la matière, de façon à ne pas déstabiliser les articulations par un accroissement excessif de la mobilité capsulaire et ligamentaire.

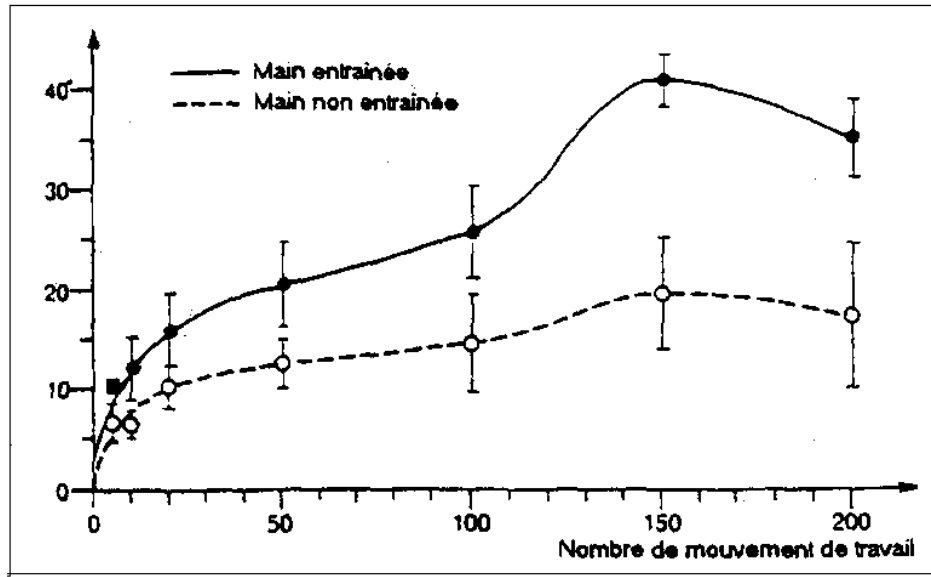
5 - INFLUENCE DE L'ENTRAINEMENT SUR LA CAPACITE PHYSIQUE L'ADRESSE, AUX DIFFERENTS STADES PUBERTAIRES

La capacité physique d'adresse est définie aussi par la capacité de coordination. Elle est déterminée, selon (Hirtz 1981) (cité par Weineck, J., 1992

[102]), par le processus de contrôle et de régulation du mouvement Elle permet au sportif de maîtriser des actions dans des situations prévisibles (stéréotypes) ou imprévisibles (adaptation), de les exécuter de façon économique et d'apprendre assez rapidement les mouvements sportifs (Frey 1977) ; (Weineck) [102]. L'amélioration de la capacité de coordination se répercute de multiples façons sur la performance sportive par l'optimisation de la fluidité des mouvements, l'amélioration de la capacité d'apprentissage et la prévention des accidents et des blessures.

L'apprentissage d'un mouvement conduit à la construction de stéréotypes moteurs qui se caractérisent aussi par un mouvement automatisé et par un circuit nerveux fixé (boucle de mouvement). Effacer ou détruire une boucle de mouvement (mouvements automatisés), comme c'est le cas lors de la modification d'automatismes, est extrêmement difficile à réaliser (Hotz 1981) (cité par Weineck). L'entraînement permet la modification des gestes automatisés par une construction planifiée et consciente de schémas de coordinations, tel que déterminé par (Hettinger et al. 1980) [43] sur l'habileté de la main (fig. 7).

Figure 7 : Modification de l'habileté des doigts (test de O'Connor) chez les hommes et les femmes obtenu par l'entraînement et comparaison avec la main contrôle non entraînée (d'après Hettinger et al. dans Hollmann-Hettinger 1980) [43]



B - EVOLUTION DES PARAMETRES MORPHOLOGIQUES AUX DIFFERENTS STADES PUBERTAIRES

La période pubertaire se caractérise par des changements rapides des dimensions du corps, de ses proportions, de la composition de ses tissus, des dimensions, des fonctions cardio-respiratoires et de l'habileté motrice. Tous ces changements ont des répercussions considérables sur la réponse aux activités physiques et sportives. Il existe à chaque âge de grandes différences individuelles dans le degré de maturation, mais cette hétérogénéité est moins spectaculaire pendant la petite enfance qu'au moment de la puberté.

1 - EVOLUTION DES INDICES MORPHOLOGIQUES DURANT LES DIFFERENTS STADES PUBERTAIRES

a - La taille et le poids

Beaucoup d'études se sont attachées à analyser les modifications de la taille et du poids qui accompagnent le phénomène de croissance. Ce sont, en effet, les deux variables les plus utilisées pour décrire l'évolution de l'individu durant cette période. Les enfants et les adolescents ne grandissent pas de façon continue mais

par poussées (fig. 8). Ainsi que l'ont montré les recherches de Lampl, Veldhuis et Johnson (1992) [56], les enfants à l'âge de la puberté grandissent de 0,5 à 1,65 cm par jour, soit environ 2,5 cm par semaine, avec une alternance de poussées de croissance et de phases de repos (pouvant aller jusqu'à 63 jours). La vitesse de croissance va en diminuant progressivement depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte avec une exception qui est l'accélération passagère de la croissance au moment de la puberté, qui se situe, selon les auteurs, entre 11 et 13 ans chez les filles, et 13 et 15 ans chez les garçons.

Les recherches de (Davies et coll.) [14] ont conclu que la taille augmente très vite pendant les deux premières années de la vie. En fait, l'enfant atteint à peu près la moitié de sa taille adulte vers deux ans. Par la suite, tout au long de l'enfance, la taille augmente plus lentement. C'est au moment du pic pubertaire que la vitesse de croissance en taille augmente à nouveau nettement, avant de diminuer ensuite très rapidement, jusqu'à s'annuler lorsque la taille définitive est atteinte.

Figure 8 : Variation avec l'âge du gain en taille

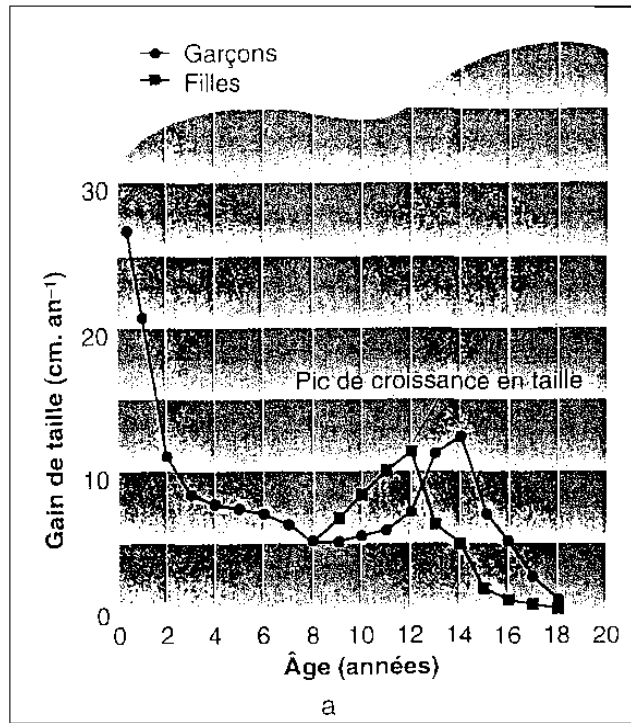
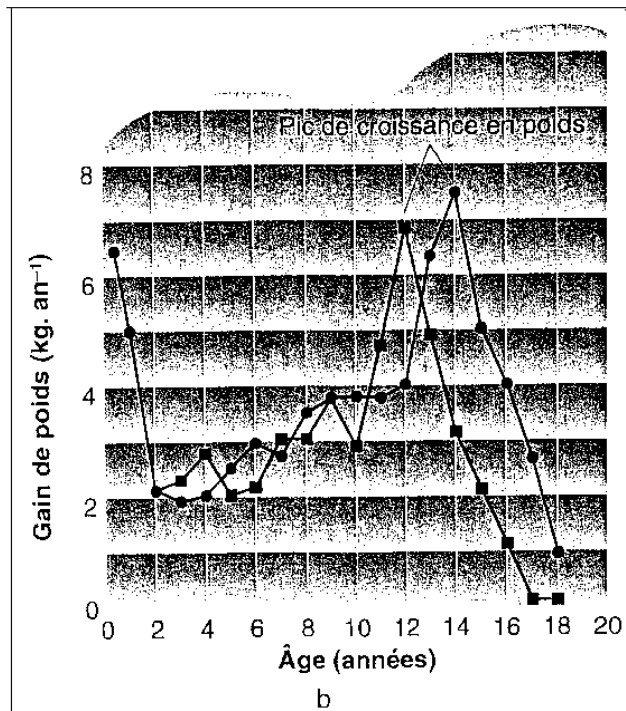


Figure 9 : Variation avec l'âge du gain en poids



Selon les mêmes auteurs, la taille adulte est atteinte vers 16,5 ans en moyenne, chez les filles, et vers 18 ans chez les garçons. Le pic de croissance pubertaire se situe vers 12 ans chez les filles et vers 14 ans chez les garçons. La figure n° 9 montre l'évolution du poids qui suit un schéma relativement similaire à celui de la taille. Le pic de croissance survient en effet vers 12 ans chez les filles et 14,5 ans chez les garçons. Ces chercheurs ont remarqué que la maturation des filles est en avance de 2 à 2,5 ans sur celle des garçons.

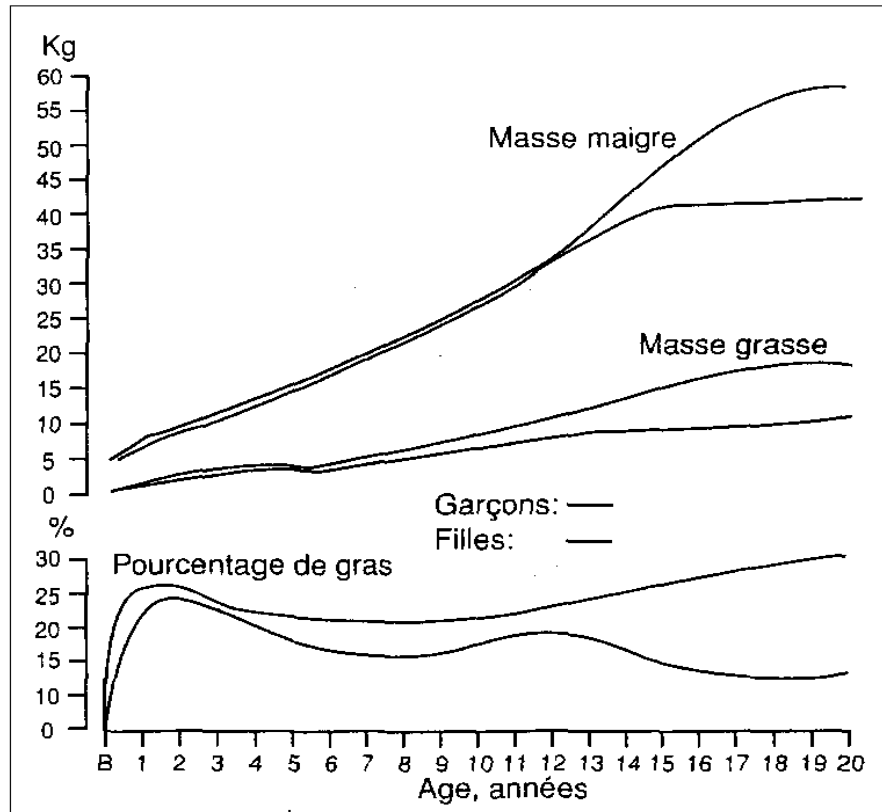
La période d'accélération passagère de la croissance durant la puberté présente un problème particulier. Il est connu que les diverses parties du squelette subissent une poussée de croissance à des moments différents : les pieds et les mains arrivent plus rapidement à maturité que les jambes et les avant-bras, et ceux-ci, à leur tour, sont à maturité plus rapidement que les cuisses et les bras. On appelle ce phénomène la loi de la croissance centripète (Zubrugg 1982) [106].

b - Les composants corporels

b.a - La masse musculaire ou masse maigre

De la naissance à l'adolescence, la masse musculaire suit l'évolution du poids et augmente sans cesse. Le muscle squelettique de l'enfant est très semblable à celui de l'adulte. Les différences se situent principalement dans la quantité des sous structures de la cellule musculaire. A la puberté, la masse musculaire augmente jusqu'à environ 41,8% chez les garçons, et 35,8% chez les filles, de la masse corporelle totale (Buhl, Gürtler et Häcker 1982) [34].

Figure 10 : Variation de la masse maigre et de la masse grasse en fonction de l'âge d'après Malina et Bouchard (1991)



Selon la figure 10, l'augmentation accrue de la masse musculaire survient à la puberté. Elle correspond à la soudaine multiplication par 10 de la production de testostérone. Cet accroissement du tissu musculaire avec l'âge est le résultat d'une hypertrophie (augmentation de la taille) et pas, ou très peu, d'une hyperplasie (augmentation du nombre) des fibres musculaires existantes. Cette hypertrophie vient 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.

b.b - La masse grasseuse

La masse grasseuse augmente durant les deux ou premières années de la vie et ne marque ensuite que peu de changement jusqu'à 5-6 ans. Les différences sexuelles sont négligeables à cet âge. Par la suite, la masse grasseuse augmente plus rapidement chez les filles que chez les garçons. Elle continue à augmenter pendant l'adolescence chez les filles, alors qu'elle atteint un plateau ou ne varie que peu chez les garçons adolescents (de 13 à 15 ans). Les filles présentent en moyenne 1,5 à 2 fois plus de masse grasseuse que les garçons en fin d'adolescence ou les jeunes adultes (Mandel 1984) [59].

Figure 11 : Variations de l'épaisseur des plis cutanés tricipital et sous-scapulaire, chez des garçons et des filles de 2 à 18 ans.

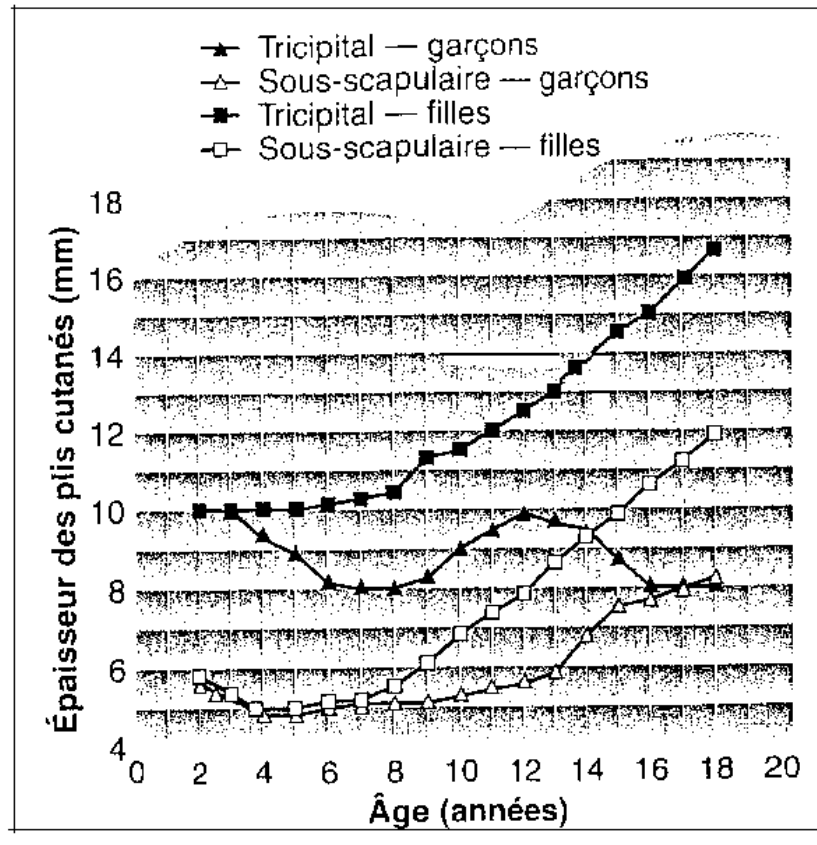
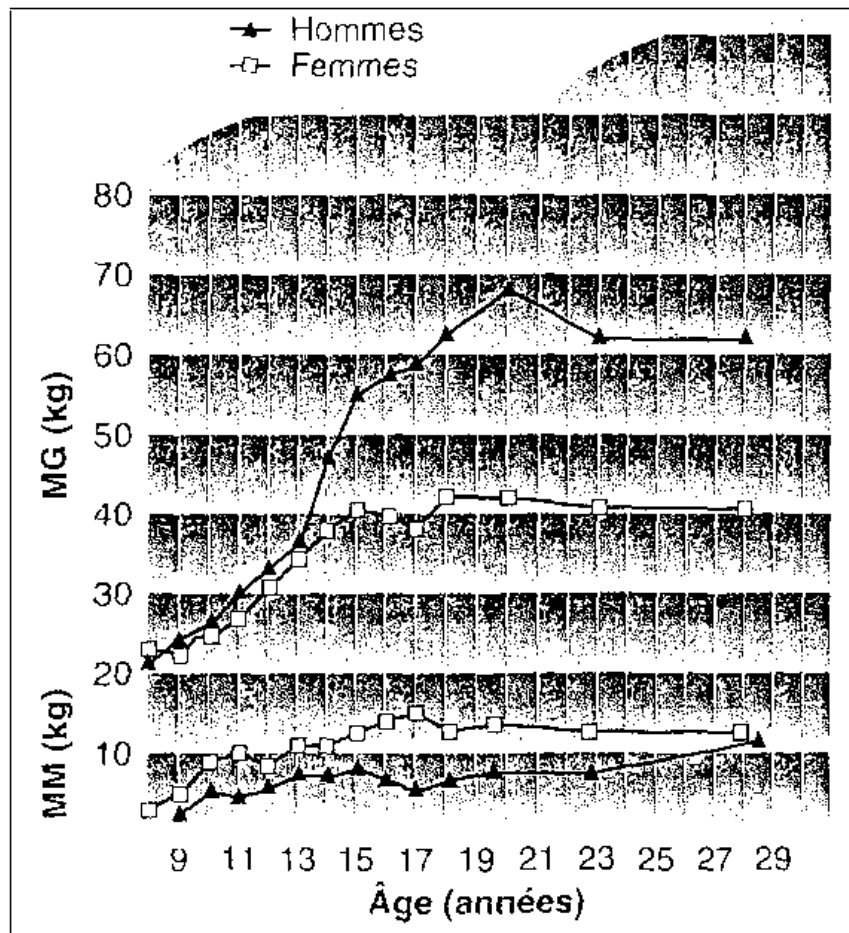


Figure 12 : Variations de la masse grasse (MG) et de la masse maigre (MM) chez les hommes et chez les femmes de 8 à 28 ans.



La figure n° 12 montre qu'à la naissance, le tissu adipeux représente 10 à 12% du poids total. Lorsque la maturité physique est atteinte, cette proportion est, en moyenne, de 15% chez les garçons et de 25% chez les filles. C'est à nouveau le climat hormonal propre à chaque sexe qui est responsable de ces différences. L'élévation du niveau d'œstrogènes, à la puberté, chez les filles, affecte la masse musculaire et favorise surtout l'augmentation du tissu adipeux. La figure 11 montre l'évolution du tissu adipeux sous-cutané (mesuré au niveau du triceps et de la région sous-scapulaire) en fonction de l'âge, chez les garçons et les filles âgés de 2 à 18 ans. L'ensemble du tissu adipeux sous-cutané est représentatif de la masse grasse totale du corps.

La figure 11 indique l'évolution de la masse grasse et de la masse maigre dans les deux sexes, de 8 à 28 ans. Il est remarquable de constater que ces deux facteurs augmentent pendant cette période. Alors, la simple augmentation de la masse grasse totale ne signifie pas que le taux de graisse a augmenté.

C - Evolution des paramètres physiologiques aux différents stades pubertaires

1 - EVOLUTION DE LA CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGENE VO_2 MAX

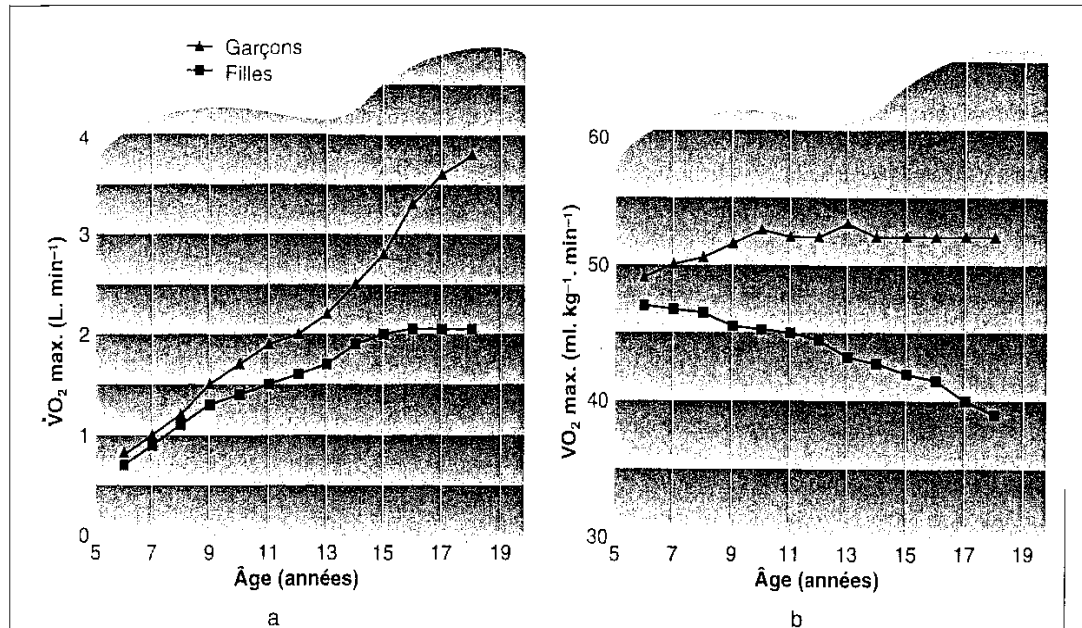
La consommation maximale d'oxygène représente le critère brut de la capacité d'endurance et joue un rôle primordial dans toutes les catégories d'endurance. Sous son aspect général, la VO_2 max dépend de plusieurs facteurs : la masse musculaire en activité, le poids du corps, l'âge et le sexe.

Durant la puberté, la masse pulmonaire et la superficie des alvéoles augmentent considérablement ; le volume du parenchyme augmente de 50% entre 12 et 16 ans (Artrand, D. et Rodahl, K. 1980) [2].

Les évolutions qui surviennent au sein de ces systèmes pendant la croissance, suggèrent que la capacité aérobie et la VO_2 max augmentent parallèlement. Déjà en 1968, Robinson [77] a mis ce phénomène en évidence lors d'une étude transversale sur de jeunes garçons et des hommes adultes âgés de 6 à 91 ans. Il a montré que la VO_2 max atteint son maximum entre 17 et 21 ans et décroît par la suite avec l'âge (fig. 13).

Exprimée en valeur relative par rapport au poids du corps, la VO_2 max montre une évolution générale quelque peu différente (fig. 13) chez le garçon. Les valeurs évoluent peu de l'âge de 6 ans jusqu'à la fin de l'adolescence.

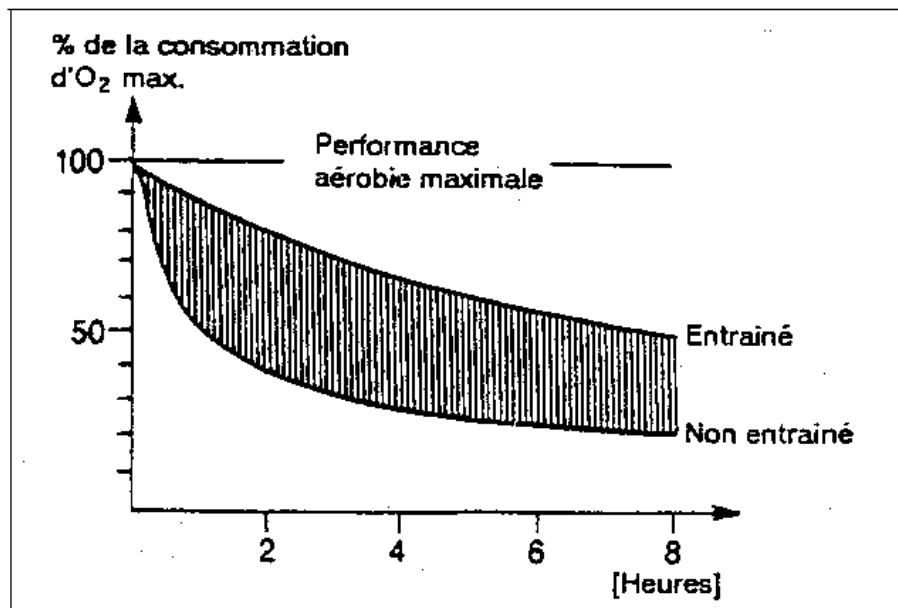
Figure 13 : Evolution de la consommation maximale d'oxygène avec l'âge. Les valeurs sont exprimées en (a) $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ et (b) par rapport au poids du corps en $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$



L'entraînement a un effet positif sur le système cardio-circulatoire, qui se traduit notamment par une augmentation des possibilités maximales de consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2 \text{ max}$). Ce développement a fait l'objet de beaucoup d'investigations. (Eriksson et coll. 1972 [102] ; Kobayashi et coll. 1978 [102]) ont rapporté des augmentations significatives de la $\dot{V}O_2 \text{ max}$ résultant de l'entraînement.

De son côté, (Weineck, J.) [102] a démontré qu'un sujet entraîné en endurance est capable de maintenir à 100% sa $\dot{V}O_2 \text{ max}$ durant 10 minutes (fig. 14).

Figure 14 : Consommation d'oxygène en fonction de la capacité d'endurance et de la durée de l'exercice



Globalement, quand les sujets sportifs et non sportifs des deux sexes ont été comparés, les valeurs de la puissance aérobique des sujets entraînés étaient supérieures à tous les âges, avec de plus grandes différences durant l'adolescence (Armstrong et Davies 1984) [14].

D - Evolution de la puissance maximale anaérobique alactique (PMANA)

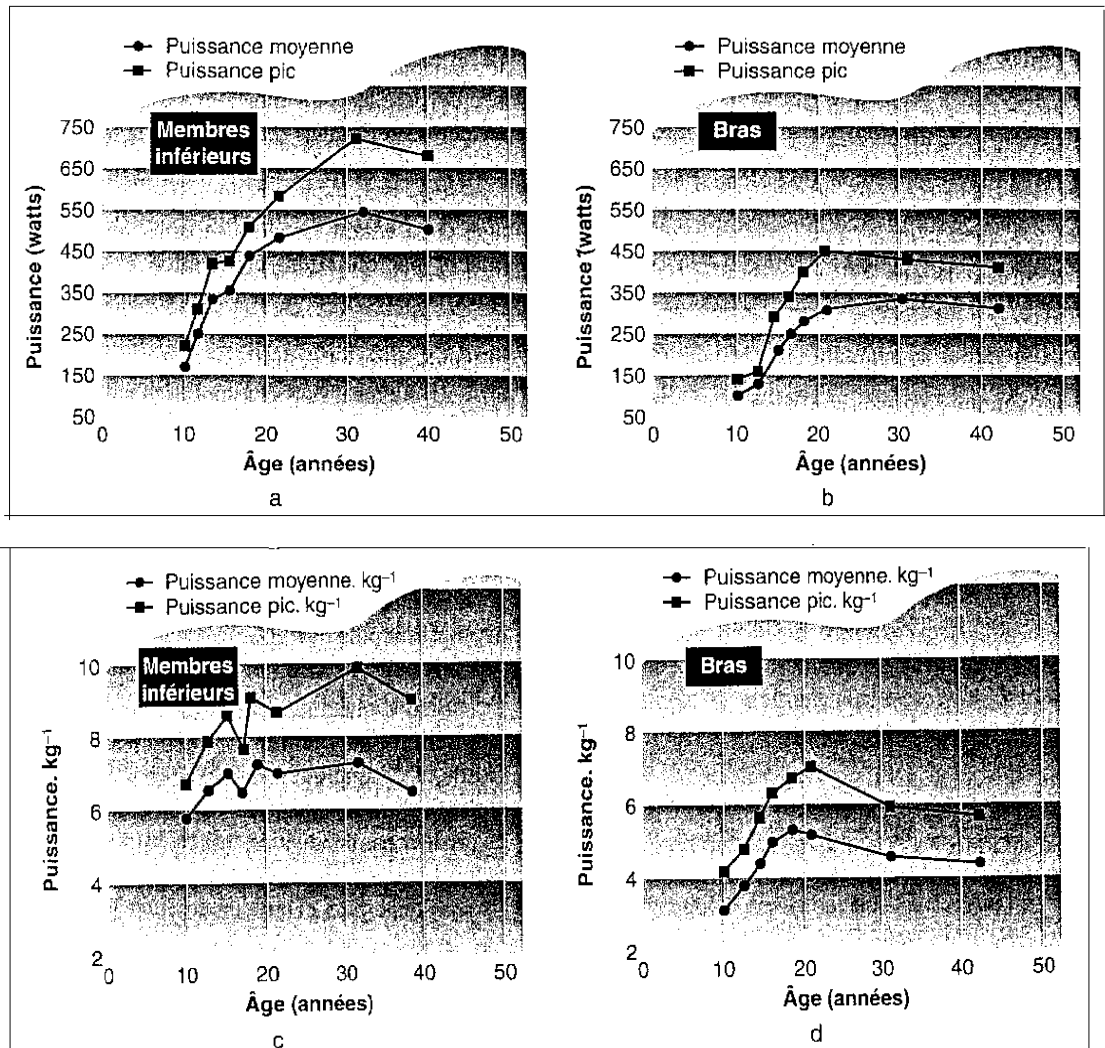
Peu de travaux se sont intéressés à l'évolution de la Puissance Maximale Anaérobique alactique. Les recherches menées ne semblent pas montrer de différences significatives entre les filles et les garçons avant la puberté.

Par contre, des écarts importants ont été observés chez l'enfant par rapport à l'adulte. Une explication parfois proposée est une activation musculaire incomplète chez l'enfant, qui ne commence à se développer qu'à partir de l'âge de 9 ans (Belanger et Mc Comas 1989) [5].

La recherche de Bar-Or [4] avec l'épreuve de Wingate (30 s de pédalage à la

plus grande intensité possible) a démontré que la puissance moyenne et la puissance pic sont plus faibles chez l'enfant que chez l'adulte. La figure 15 indique les résultats obtenus chez 306 sujets de sexe masculin qui ont réalisé une épreuve de Wingate avec les jambes et avec les bras. La puissance pic est la puissance la plus élevée, qui est normalement mesurée après 5 à 6 s d'effort.

Figure 15 : Evolutions de la puissance pic et de la puissance moyenne à l'épreuve de Wingate, en fonction de l'âge. Les valeurs sont exprimées (a) en valeur absolue (watts), ou (b) par rapport au poids du corps (watts.kg⁻¹). La puissance moyenne correspond à la moyenne des puissances mesurées pendant toute l'épreuve. La puissance pic est la valeur maximale mesurée.



L'entraînement régulier engendre des changements importants dans le processus anaérobie des enfants pubères. Ainsi l'étude de Grodjinovskt et coll. (1980) [31] qui ont mesuré par le test de Wingate l'effet de l'entraînement sur la performance anaérobie de 50 garçons âgés de 11 à 13 ans (entraînés durant 6 semaines au sprint et au cyclisme de vitesse) ont constaté une augmentation de la performance de 4,5 % à 5,3 %. Dans une autre étude de (Rostein et coll. 1981) menée sur des garçons de 10 à 12 ans qui ont suivi un programme d'entraînement durant 9 semaines (3 entraînements par semaine), le groupe a pu augmenter son pic de puissance de 14%. De son côté Hermansen [41] a fait ressortir que la puissance anaérobie alactique qui détermine la performance dans des exercices de type force-vitesse, reste conditionnée par plusieurs facteurs :

1) la grandeur des changements dans la concentration des phosphagènes (ATP-CP) ;

2) la forte proportion des fibres rapides dans le muscle.

A ces deux principaux paramètres, il ajoute le niveau d'entraînement des sujets.

Par ailleurs, Fox et Mathews (1983) [27] recommandent, sur le plan pratique, pour augmenter la puissance anaérobie alactique, de réaliser des exercices ayant une influence directe :

- sur l'amélioration de la mobilité nerveuse ;

- et sur l'accroissement de la capacité des unités motrices rapides.

DEUXIEME CHAPITRE

PRESENTATION

DE LA RECHERCHE

Présentation de la recherche

Le développement morpho-fonctionnel de l'individu est assimilé à un ensemble de facteurs qui interagissent de manière complexe et influent sur la nature du morphotype durant les différents stades pubertaires.

La phase pubertaire constitue une période cruciale de transition à l'adulte et présente de multiples mutations qui conditionnent le potentiel d'effort physique des enfants. Les recherches menées dans ce domaine montrent l'ampleur des changements qui s'opèrent à la puberté et qui résultent dans l'ensemble de facteurs génétiques. Ces transformations tant structurelles que fonctionnelles déterminent l'aptitude de l'enfant dans l'exécution des habiletés motrices et permettent l'établissement d'indices objectifs pour la pratique sportive.

A – Hypothèse de la recherche

Une meilleure estimation de l'évolution du profil morpho-fonctionnel des jeunes collégiens au stade pubertaire permettra une meilleure orientation, voire sélection, pour la pratique des différentes disciplines sportives.

B – Objectifs de la recherche

Les principaux objectifs de notre recherche consistent à :

- a – Estimer l'évolution des caractéristiques morpho-fonctionnelles et physiques de la population d'étude au stade pubertaire.
- b – Comparer nos indices avec d'autres études nationales et étrangères.
- c – Retenir un modèle d'indices morpho-fonctionnels et physiques pour la population pubère.
- d - Proposer des tests relatifs à l'estimation du niveau d'aptitude morpho-fonctionnel et physique au stade pubertaire.

C – Tâches de la recherche

Pour atteindre ces objectifs, il est indispensable de résoudre les tâches suivantes :

- a – Réaliser l'étude et l'analyse de la revue bibliographique
- b – Analyser l'importance du profil morpho-fonctionnel et physique pour l'orientation et la sélection des jeunes pour la pratique des différentes disciplines sportives.
- c – Arrêter la batterie de tests du laboratoire et du terrain.
- d – Préparer l'équipe de travail pour le test du laboratoire et du terrain.
- e – Après réalisation de l'ensemble des tâches et des explorations sur l'échantillon d'étude, nous procéderons aux analyses et aux traitements des informations recueillies.
- f – Elaborer des indices propres à l'évolution du stade pubertaire de la population étudiée.

D – Contenu expérimental

1 – Caractéristique de l'échantillon

Notre étude a porté sur une population de 105 jeunes garçons âgés de 11 à 16 ans, en bonne santé, sans aucune maladie pendant le déroulement des épreuves.

Cet effectif est concentré dans un même établissement : le CEM Khaled Ibn Walid, à Constantine, afin de nous permettre outre l'estimation valable des paramètres essentiels de l'étude, un suivi rigoureux de l'ensemble des opérations. Il y a lieu de souligner que la majorité des enfants de notre échantillon sont issus d'un milieu social moyen.

2 – Outils d'investigation

Selon de nombreux auteurs, le système cardio-respiratoire constitue un indice révélateur de l'aptitude à l'exercice physique. Il serait donc intéressant d'apprécier les variations de ces paramètres durant les stades pubertaires. Il est

nécessaire pour cela de choisir les tests qui permettent une expérimentation précise et reproductible. De plus, il faut créer les conditions favorables au déroulement des tests afin que les résultats soient comparables.

Divers examens sont fréquemment utilisés permettant de réaliser un effort mesurable et répondant aux objectifs de cette recherche.

Nous avons procédé essentiellement par des épreuves dites : Méthodes d'exploration fonctionnelles (Vanderwalle, H., 1992) [95], ainsi que par les tests de terrain EUROFIT (Conseil de l'Europe : Comité pour le développement du sport) [21].

3 - Epreuve de terrain : Course navette de 20 mètres (Préfaut, C., 1990)

A partir des performances de course navette de 20 m avec paliers de 2 minutes, Léger et Lambert (1992) sont parvenus à une validité du test en le comparant à la VO_2 max menée directement sur tapis roulant. Une très forte corrélation de 0,84 est alors obtenue dans l'étude.

Organisation du test

Il s'agit d'épreuves à charge croissante. La vitesse de course est réglée au moyen de bandes sonores émettant des sons à intervalles réguliers. A chaque son, le sujet ajuste son allure de course pour se retrouver au niveau d'un repère en même temps qu'il entend le signal. Le test commence lentement mais la vitesse augmente progressivement par paliers de 1 minute.

Matériel

- Terrain à revêtement uniforme (de préférence une salle)
- Magnétophone
- Déroulement du test

Les sujets en ligne, espacés d'un mètre, faisant des allers-retours, sur une distance de 20 m. A chaque signal sonore, les sujets doivent toucher et

pivoter sur l'une des lignes de fond. La vitesse initiale est de 8 km/h et augmente de 0,5 km/h toutes les minutes.

Le test se termine lorsque le sujet touche la ligne de pénalité avec un retard deux fois de suite. La VO_2 max selon le nombre de paliers et l'âge est obtenue à partir des tableaux de Léger et coll (voir Annexe n° 1).

4 - Estimation de la capacité anaérobie alactique

Pour le test de laboratoire de Force-Vitesse (Préfaut, C., 1990), la mesure de la puissance anaérobie alactique par le test de laboratoire de Force-Vitesse est une méthode d'évaluation largement utilisée dans le domaine de l'exploration fonctionnelle pour la sélection et l'orientation sportive.

Organisation du test

L'épreuve se réalise sur bicyclette ergométrique reliée à un système informatisé permettant de mesurer instantanément la fréquence de pédalage et la puissance développée.

Caractéristiques

- C'est une épreuve maximale à charge progressivement croissante
- Charge d'échauffement : 1 kg
- Charge initiale du test : 2 kg
- Accroissement de la charge : 1 kg après 5 minutes de récupération.
- Durée de chaque palier : 6 secondes.

Matériel

- Bicyclette ergométrique à freinage mécanique
- Chronomètre
- Ordinateur avec imprimante
- Disquette du protocole du test.

Le test consiste en la répétition de sprints de 6 secondes. Le protocole qui

décrit l'épreuve est arrêté par affichage sur l'ordinateur lorsque le sujet n'est plus en mesure de supporter la charge. Les résultats des indices de la fréquence de pédalage et de la puissance développée pour chaque palier réalisé, sont communiqués par l'ordinateur. La valeur maximale donnée en watts correspondra à la capacité anaérobie alactique du sujet d'étude.

5 - Estimation des composants corporels

Simultanément pendant les tests de navette 20 m et de Force-Vitesse, les plis cutanés sont mesurés au niveau des quatre parties du corps, selon la méthode de Durin et coll. 1994 : La hanche, l'omoplate, le biceps et le triceps. Ensuite, les résultats obtenus sont communiqués à l'ordinateur permettant le calcul de :

- le masse maigre, en kilogrammes
- et le pourcentage de la masse grasse par rapport au poids corporel.

Matériel :

- Pince de mesure des plis cutanés (type Lang)
- Ordinateur avec imprimante
- Disquette du protocole du test
- Balance à précision 100 g (max 150 kg – min 5 kg), type HB.LO 5 (le sujet est pesé légèrement vêtu).

6 - Tests d'EUROFIT d'aptitude physique

Les tests EUROFIT sont un moyen pédagogique destiné à mesurer le progrès de l'enfant dans le domaine de ses qualités physiques fondamentales. Ce ne sont donc pas des exercices et, pour qu'ils jouent pleinement leur rôle, l'enfant ne doit ni les apprendre ni s'y entraîner. EUROFIT représente de plus un moyen scientifique de recherche sur l'aptitude physique de l'enfant (les recommandations d'EUROFIT, 1988).

Les tests d'EUROFIT doivent être administrés dans l'ordre où ils figurent dans le chapitre. Toutefois, si pour des raisons pratiques le passage se fait

différemment (par exemple sous forme de circuit), le test d'équilibre Flamingo doit impérativement se situer en début de séance, et la course navette d'endurance, à la fin ; de plus, il faut laisser au sujet un temps de récupération suffisant entre chaque test.

En plus du test d'endurance d'aptitude cardio-respiratoire, la « Course navette », nous avons :

1. Test d'équilibre Flamingo (EFL)
2. Test frappe de plaques (FP)
3. Test flexion tronc avant en position assise (FLT)
4. Test saut en longueur sans élan (SLO)
5. Test dynamométrie manuelle (DYM)

Pour les modalités d'application, consulter l'annexe n° 2.

7 - L'enquête - le questionnaire

Un questionnaire a été élaboré (voir Annexe n° 3) et distribuée aux entraîneurs et spécialistes, afin de relever les informations utiles au sujet de la recherche.

Cet outil nous a permis de recueillir quelques renseignements sur l'importance accordée par les éducateurs aux indices morpho-fonctionnels et physiques des jeunes pubertaires dans leurs tâches de sélection, d'orientation et aussi d'entraînement.

8 - Méthode de traitement statistique

Les différents résultats sont exprimés par :

- les moyennes arithmétiques
- les écarts types
- la comparaison des moyennes de l'ensemble des indices.

Nous avons procédé également à des analyses de variances (ANOVA) pour

mieux exprimer l'évolution des différents paramètres selon les différents stades pubertaires. Par ailleurs, nous avons établi une étude corrélative afin d'estimer l'impact d'un paramètre sur un autre.

9 - Méthode de l'analyse bibliographique

Action permanente qui intéresse toutes les étapes de la recherche, elle consiste en l'analyse d'un ensemble de sources bibliographiques utilisées pour nous permettre d'apporter un riche complément d'informations théoriques et pratiques. Sur la base de diverses données bibliographiques, nous nous sommes fixé comme tâche d'orienter notre travail en nous basant sur les particularités algériennes.

Cette méthode nous offre la possibilité et l'avantage de pouvoir recueillir le maximum d'informations sur tout ce qui existe comme moyens et méthodes d'estimation des différents indices au stade pubertaire. Dans la perspective de notre étude, nous nous sommes référés aux analyses décrivant le concept de notre recherche et définissant les voies de son développement au moyen de l'éducation physique et sportive.

E - Classification des stades pubertaires

L'estimation de la croissance est établie selon différentes méthodes. La notion de croissance, de développement et de maturation sont les termes utilisés dans la littérature pour estimer les modifications qui surviennent dans le corps humain de la conception à l'âge adulte. Selon (Moore et coll. 1963 [65] ; Wolanski 1966 [104] et Vandervael 1980 [95]), l'apparition des dents est retenue comme critère d'estimation de l'âge de l'individu. Cette méthode reste réduite et moins significative par rapport à l'âge squelettique pour l'estimation du développement morphologique.

L'autre approche retenue par les biométriciens (Olivier 1971 [68] ; Twesselman 1962 [94] ; Sempe et coll. 1979 [83]) se base sur la mesure des

caractères morphologiques : longueur, largeur et circonférences des différents membres, pour l'appréciation de l'évolution des dimensions transversales des os, le développement musculaire et l'épaisseur des tissus.

Actuellement, les biométriciens utilisent la radiographie du poignet gauche, dont l'apparition du sésamoïde du pouce est considéré aussi comme indicateur du début de la puberté (Brauner, R., et coll. 1986) [10]. Cependant Largo (1979) indique dans ses travaux, que l'âge chronologique et l'âge osseux correspondent au même résultat de développement et de maturation.

Le développement biologique de l'enfant s'établit également par la proportion estimée entre la quantité grasseuse et la masse maigre déterminée par la mesure de plusieurs plis cutanés. Heald et coll. (1963) [40] ont montré que le pourcentage de graisse diminue progressivement de 12 à 18 ans, pour n'être plus que la moitié à 18 ans de ce qu'il était à 12 ans (27,8% à 12 ans ; 13,5% à 18 ans). La masse grasseuse peut être estimée à partir des mesures de plusieurs plis cutanés (Durin-Rahman 1967) [17]. D'après les valeurs de l'épaisseur des quatre plis cutanés relevés par Sempe et coll. 1979 [83], il apparaît que l'épaisseur de chaque pli n'évolue pas de la même manière. L'épaisseur des plis pré-bicipital et rétro-tricipital, augmente dans la période qui précède la puberté et diminue ensuite. Par contre, l'épaisseur du pli sous scapulaire augmente de façon ininterrompue, de 8 à 18 ans. L'épaisseur du pli supra-iliaque augmente jusqu'à 14 ans et, à partir de cet âge il diminue. La graisse sous cutanée ne se répartit donc pas de la même façon sur les différentes parties du corps et reste conditionnée par le régime alimentaire, les conditions de vie et sociale de l'individu.

L'étude longitudinale menée par (Bielicki et Koniarek 1977) [6] a permis de faire ressortir des caractéristiques de l'évolution de certains traits squelettiques, anthropométriques et de maturation sexuelle de la population européenne.

Tableau n° 3 : Age moyen d'apparition de certaines manifestations biologiques de croissance, selon (Bielicki et Koniarek 1977) [6]

Caractéristiques	Age moyen	E.T.	Caractéristiques	Age moyen	E.T.
Age du pic de la taille	14,0	1,16	Age correspondant à 95% de la taille définitive	14,9	1,05
Age du pic du poids	14,3	1,22	Age correspondant à 99% de la taille définitive	17,5	1,01
Age du pic de la longueur des jambes	13,6	1,06	Age du 2 ^{ème} stade du développement des traits sexuels secondaires	12,4	1,00
Age du pic de la longueur du tronc	14,4	1,11	Age du 4 ^{ème} stade du développement des traits sexuels secondaires	14,6	1,02
Début de la puberté	11,6	1,25	Age d'apparition des 20 dents définitives	11,4	0,85
Age correspondant à 80% de la taille définitive	11,0	0,85	Age d'apparition des 26 dents définitives	12,8	0,96

Dans le cadre de notre étude, nous avons procédé par la classification de Tanner (1962) [92] qui indique la chronologie des paramètres morphologiques avec l'apparition des traits des caractères sexuels où chaque échelle traduit un état spécifique d'une caractéristique sexuelle et l'évolution de la maturation des diverses caractéristiques n'est pas nécessairement synchrone (Annexe n° 4).

F – Organisation de la recherche

La préparation générale de cette recherche a débuté en octobre 1996, après avoir examiné l'utilité et la faisabilité du thème dans la nouvelle conjoncture sportive. Une démarche méthodologique pour sa réalisation a été établie avec les moyens humains et matériels à prévoir.

Première phase : Identification de l'échantillon de la recherche et organisation des tests (Annexe n° 5)

Le choix de l'échantillon est dicté essentiellement par la proximité du lieu d'implantation du collège, du laboratoire de physiologie et de l'exploration

fonctionnelle et aussi du Département de l'Education physique et sportive de l'Université Mentouri Constantine.

Cette recherche vise à évaluer les jeunes collégiens selon les objectifs retenus, et s'est organisée comme suit :

- Premier passage :**
- Test de Force-Vitesse sur bicyclette ergométrique
 - Test de VO_2 max (navette)
 - Test de terrain EUROFIT
 - Mesure des composants corporels.

Les mêmes tests, pour les mêmes objectifs, ont été réalisés chaque année durant chaque stade pubertaire.

Deuxième phase : Organisation et formation d'équipe de travail pour la réalisation des tests

Au cours de l'année 1996, 150 collégiens ont pu être examinés selon le protocole et les échéances fixées. Une équipe composée de médecins spécialistes, d'enseignants en sports ont pris part à la réalisation des différents tests avec la présence d'un encadreur, enseignant d'éducation sportive du collège.

Différents enseignements ont pu être tirés. Certains paramètres ont été éliminés ou refaits, soit pour des raisons de validité des informations recueillies, soit par absence de matériels ou de réactifs.

Il faut souligner la dissociation de 45 éléments de l'échantillon d'étude, soit pour des raisons de fatigue, de mauvaise application, ou autres.

En l'absence d'analyseur de gaz respiratoires pour la détermination directe de la VO_2 max., nous avons pratiqué un test de terrain : "le test de navette 20 m" de Léger et coll., pour la détermination indirecte de la VO_2 .

Troisième phase : Codage et suivi de l'échantillon à examiner.

Un système de saisie de données des différents tests a été installé au niveau du département de l'Education physique et sportive de l'Université de Constantine, par système informatisé en vue de permettre :

- 1 – la collecte des informations sur les fichiers d'exploration lors des tests
- 2 – de suivre l'évolution de ces indices durant les stades pubertaires.

Il est à souligner que l'élaboration des fiches a bénéficié d'une phase importante. Elle comprend, dans l'ordre :

- des données relatives à l'identification du sujet
- des valeurs de la mesure de la VO_2 max
- des valeurs de la PMANA (Puissance Maximale Anaérobie Alactique) -
des valeurs des composants corporels et les résultats des tests physiques EUROFIT.

Quatrième phase : Traitement des données de la recherche

L'étude des informations collectées pendant les examens fonctionnels et les tests s'est faite par ordinateur avec logiciels spécialisés au niveau du département de l'Education Physique et Sportive, pour la réalisation d'études différentielles, comparatives, d'écart type, corrélative de différents tableaux, des courbes et des histogrammes. L'opération de traitement a débuté au fur et à mesure de la saisie des données de la recherche.

Cinquième phase : Rédaction de la recherche

Cette phase a constitué l'aboutissement de toutes les opérations, la rédaction définitive n'a été entamée qu'après le contrôle des informations collectées. Elle a eu pour base essentielle l'ensemble des revues bibliographiques et a été réalisée pendant l'année 2003/2004.

TROISIEME CHAPITRE

**PRESENTATION ET DISCUSSION
DES RESULTATS DE LA
RECHERCHE**

A – Présentation des résultats de l'enquête

1 – Analyse du questionnaire

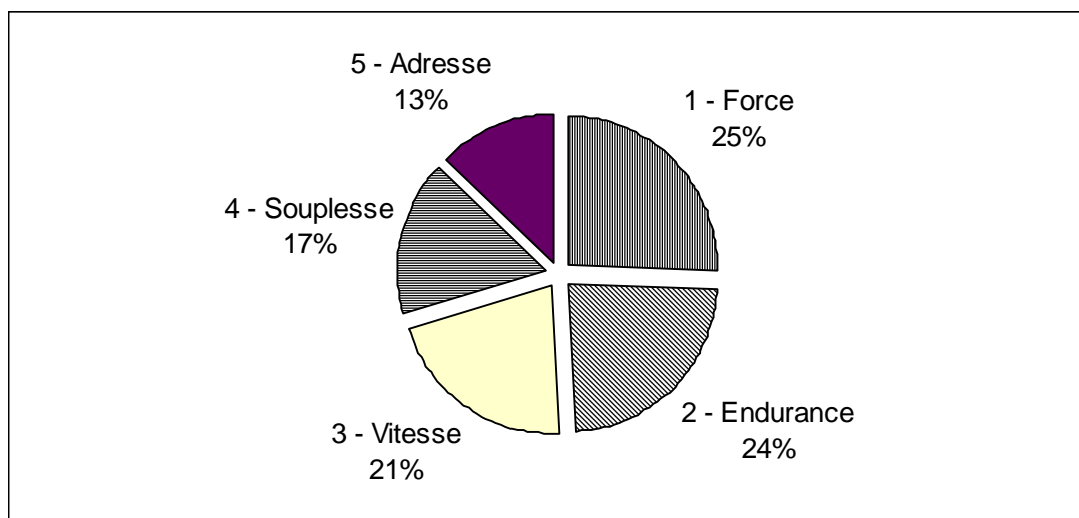
Par le biais du questionnaire distribué aux éducateurs sportifs, nous avons voulu apporter quelques éléments de réponses essentielles afin de juger de l'importance accordée au profil morpho-fonctionnel de nos jeunes dans le cadre de la détection et de la prospection. Cette enquête a donné au retour 16 questionnaires remplis, soit 50% de l'ensemble.

L'analyse des réponses montre que nos éducateurs se distinguent les uns des autres non seulement par la différence dans la perception de l'importance des caractéristiques morpho-fonctionnelles dans le processus de sélection, mais aussi négligent son rôle déterminant dans l'établissement du protocole de préparation.

D'une manière générale, les réponses des éducateurs au questionnaire étaient très diverses. Nous pouvons les résumer comme suit :

- A la question : l'aptitude physique des joueurs en stade pubertaire revêt-elle un caractère déterminant : 60 % des éducateurs pensent que ce facteur reste important dans le jeu, sans pour autant indiquer les caractéristiques spécifiques pour chaque discipline sportive.
- A la question relative aux qualités physiques les plus importantes à détecter au stade pubertaire, il ressort que l'ensemble des qualités sont essentielles avec cependant des proportions qui diffèrent d'un éducateur à un autre et la répartition s'établit en majorité comme suit :

Figure 16 : Présentation graphique de l'importance des qualités physiques perçues par nos éducateurs sportifs



Quant à la chronologie de développement des qualités physiques, nos éducateurs s'orientent sur les aspects suivants :

- | | | |
|------------------|-----------------|----------------|
| 1 – La Force | 2 - L'Endurance | 3 – La vitesse |
| 4 – La Souplesse | 5 – L'Adresse. | |

- La réalisation des tests pour la prospection et l'estimation du profil morpho-fonctionnel reste très limitée. Pour la majorité, elle consiste occasionnellement en l'évaluation de l'endurance par le test Cooper de 12 mn, la vitesse sur 60 m et le test du saut en longueur.
- A la question relative au rôle déterminant que peut jouer le profil morpho-fonctionnel dans le développement des qualités physiques, la majorité des éducateurs n'ont pas répondu à cette question.
- Pour l'influence des composants du corps sur le développement des qualités physiques, les éducateurs ont seulement insisté sur l'obésité qui reste un facteur limitant dans l'activité physique et sportive.

2 – Discussion

L'analyse des réponses des éducateurs sportifs appelle de nombreuses remarques liées, d'une part à la maîtrise de l'importance et la signification du profil morpho-fonctionnel dans le processus de détection et d'orientation sportive, d'autre part au rôle déterminant dans la planification des objectifs de la préparation.

En tout état de cause, l'interprétation des réponses laisse présager des spécificités particulières en matière d'évaluation du profil morpho-fonctionnel. Les réponses démontrent un manque (sinon une absence totale) de système de sélection basé sur des critères morpho-fonctionnels bien définis préparant le jeune Algérien à une orientation sportive répondant à ses spécificités et ses prédispositions.

Quant à l'importance et la chronologie des qualités physiques dans le processus de préparation, elles restent très désordonnées et ne permettent guère de favoriser un développement harmonieux du profil morpho-fonctionnel.

A noter que le morphotype "Obèse" constitue chez nos éducateurs un facteur seulement limitant dans l'activité physique et sportive.

Enfin, l'inexistence d'un outil méthodologique d'évaluation du profil morpho-fonctionnel a généré au sein de nos établissements un travail empirique au jour le jour, sans planification et encore moins de suivi, de contrôle et d'appréciation de l'évolution du profil morpho-fonctionnel.

Tableau n° 4 : Tableau récapitulatif des résultats des paramètres morfo-fonctionnels des jeunes enfants constantinois selon les stades pubertaires

Paramètres	STADES P U B E R T A I R E S				
	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5
Taille	151,28 ± 5,81	151,85 ± 7,59	163,95 ± 7,91	168,00 ± 5,29	174,71 ± 5,49
Poids	43,71 ± 6,88	42,54 ± 6,81	54,04 ± 8,51	56,44 ± 5,45	66,80 ± 7,34
% Masse Grasse	10,81 ± 4,09	7,35 ± 3,67	9,24 ± 4,63	8,31 ± 2,26	8,19 ± 2,07
Poids Maigre	36,81 ± 5,28	38,95 ± 5,96	48,42 ± 7,75	49,48 ± 5,78	49,25 ± 2,96
VO ₂ max	47,60 ± 4,13	49,76 ± 3,83	47,60 ± 4,65	51,26 ± 2,56	51,66 ± 3,19
PMANA	279,13 ± 40,62	276,39 ± 79,61	439,33 ± 91,74	550,27 ± 88,94	558,56 ± 54,06

Présentation et discussion des résultats morpho-fonctionnels aux différents stades pubertaires

1 - Paramètres morphologiques au 1^{er} stade pubertaire

Tableau n° 5 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres morphologiques au 1^{er} stade pubertaire

Variables	Paramètres			
n = 21	Taille (cm)	Poids (kg)	% M G	Pds Maigre (kg)
X	151,28	43,71	10,81	36,81
E T	5,81	6,88	4,09	5,28

Les résultats moyens des paramètres morphologiques enregistrés par les enfants constantinois au premier stade pubertaire présentent des différences significatifs surtout au niveau du poids corporel où l'on observe un écart de près de 7 kg.

2 - Paramètres physiologiques au 1^{er} stade pubertaire

Tableau n° 6 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres physiologiques au 1^{er} stade pubertaire

Variables	Paramètres	
n = 21	VO2 max (ml /kg /mn)	PMANA (w)
X	47,60	279,13
E T	4,13	741,62

Les résultats moyens des paramètres physiologiques de la consommation maximale d'oxygène (VO_2 max ml/kg/mn) et de la puissance maximale anaérobie (PMANA (watt)) enregistrés par les enfants constantinois au premier stade pubertaire ne présentent pas de différence significative. Pour la VO_2 max : 4,13 ml/kg/mn et pour la PMANA elle est de l'ordre de 41,62 watts.

3 - Paramètres morphologiques au 2^{ème} stade pubertaire

Tableau n° 7 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres morphologiques au 2^{ème} stade pubertaire

Variables	Paramètres			
n = 21	Taille (cm)	Poids (kg)	% MG	Pds Maigre (kg)
X	151,28	42,54	7,35	38,95
E T	7,59	6,81	3,67	5,96

Les résultats moyens des paramètres morphologiques obtenus au 2^{ème} stade pubertaire reflètent des différences importantes au niveau de la taille et du poids, respectivement de l'ordre de 7,59 cm et de 6,81 kg.

4 - Paramètres physiologiques au 2^{ème} stade pubertaire

Tableau n° 8 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres physiologiques au 2^{ème} stade pubertaire

Variables	Paramètres	
n = 21	VO_2 max (ml /kg /mn)	PMANA (w)
X	49,76	276,39
E T	3,83	79,61

Les résultats moyens obtenus pour les paramètres physiologiques de la VO₂ max et de la PMANA par les enfants pubères au 2^{ème} stade, ne présentent aucune différence significative.

5 - Paramètres morphologiques au 3^{ème} stade pubertaire

Tableau n° 9 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres morphologiques au 3^{ème} stade pubertaire

Variables	Paramètres			
n = 21	Taille (cm)	Poids (kg)	% M G	Pds Maigre (kg)
X	163,95	54,04	9,24	48,42
E T	7,91	8,51	4,63	7,75

Les résultats moyens des paramètres morphologiques enregistrés pour les enfants constantinois au 3^{ème} stade pubertaire présentent des différences très significatives au niveau du poids corporel, de l'ordre de 8,51 kg, et de la taille de l'ordre de 7,91 cm.

6 - Paramètres physiologiques au 3^{ème} stade pubertaire

Tableau n° 10 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres physiologiques au 3^{ème} stade pubertaire

Variables	Paramètres	
n = 21	VO2 max (ml /kg /mn)	PMANA (w)
X	47,60	439,33
E T	4,65	91,74

Les résultats moyens des paramètres physiologiques de la consommation

maximale d'oxygène, VO_2 max, et de la Puissance maximale anaérobie alactique, PMANA, enregistrés par les enfants constantinois au 3^{ème} stade pubertaire, ne présentent pas de différence significative.

7 - Paramètres morphologiques au 4^{ème} stade pubertaire

Tableau n° 11 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres morphologiques au 4^{ème} stade pubertaire

Variables	Paramètres			
n = 21	Taille (cm)	Poids (kg)	% M G	Pds Maigre (kg)
X	168,00	56,44	8,31	49,48
E T	5,29	5,45	2,26	5,78

Les résultats des paramètres morphologiques obtenus par les enfant au 4^{ème} stade pubertaire présentent des différences moyennes de la taille de l'ordre de 5,29 cm et du poids, de l'ordre de 5,45 kg.

8 - Paramètres physiologiques au 4^{ème} stade pubertaire

Tableau n° 12 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres physiologiques au 4^{ème} stade pubertaire

Variables	Paramètres	
n = 21	VO_2 max (ml /kg /mn)	PMANA (w)
X	51,26	550,27
E T	2,56	88,94

Les résultats moyens des paramètres physiologiques de la consommation d'oxygène VO_2 max et de la Puissance maximale anaérobie alactique PMANA enregistrés par les enfants constantinois au 4^{ème} stade pubertaire, ne présentent

pas de différence significative.

**9 - Paramètres morphologiques
au 5^{ème} stade pubertaire**

Tableau n° 13 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres morphologiques au 5^{ème} stade pubertaire

Variables	Paramètres			
n = 21	Taille (cm)	Poids (kg)	% M G	Pds Maigre (kg)
X	174,71	66,80	8,19	49,25
E T	5,49	7,34	2,07	2,96

Les résultats moyens des paramètres morphologiques enregistrés par les enfants constantinois au 5^{ème} stade pubertaire présentent des différences significatives au niveau du poids corporel, de l'ordre de 7,34 kg, et de la taille de 5,49 cm.

**10 - Paramètres physiologiques
au 5^{ème} stade pubertaire**

Tableau n° 14 : Valeurs moyennes et écarts types des paramètres physiologiques au 5^{ème} stade pubertaire

Variables	Paramètres	
n = 21	VO2 max (ml /kg /mn)	PMANA (w)
X	51,66	558,56
E T	3,19	54,06

C – Evolution des caractéristiques morphologiques aux différents stades pubertaires

Tableau n° 15 : Analyse de variance d'un facteur comparaison des indices
morphologiques
selon le stade pubertaire

Paramètres n = 105	Stades 1 et 2		Stades 2 et 3		Stades 3 et 4		Stades 4 et 5	
	F	P	F	P	F	P	F	P
Taille	0,07	ns	25,52	ns	3,80	ns	16,26	***
Poids	0,30	ns	23,35	ns	1,18	ns	26,94	ns
Poids Maigre	1,52	ns	19,64	ns	0,26	ns	0,88	ns
% Masse grasse	8,30	**	2,14	ns	0,68	ns	0,04	ns

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

Les seules différences significatives de l'évolution des paramètres morphologiques établies par l'analyse de variance ont été relevées au niveau de la taille aux stades pubertaires 4 et 5 ($p < 0,001$), et aussi au niveau du pourcentage de la masse grasse ($p < 0,001$) aux stades 1 et 2.

Représentation graphique de l'évolution des paramètres anthropométriques selon les stades pubertaires

Fig. 17 : Evolution de la taille selon les stades pubertaires

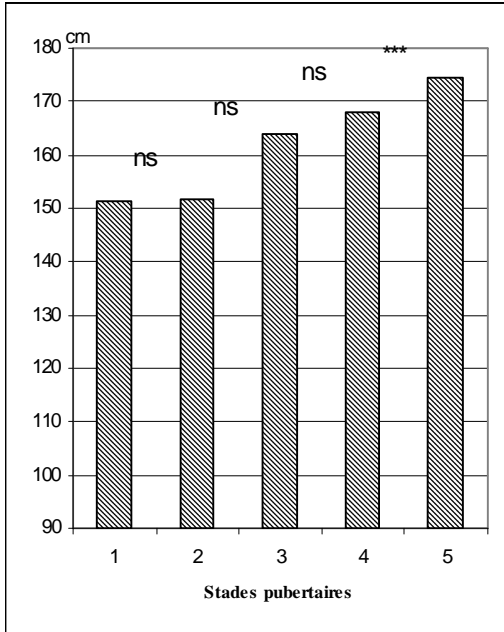


Fig. 18 : Evolution du poids selon les stades pubertaires

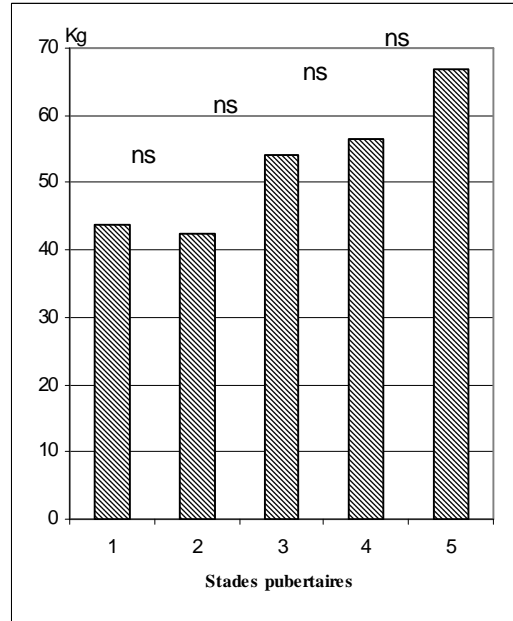


Fig. 19 : Evolution de la masse grasse selon les stades pubertaires

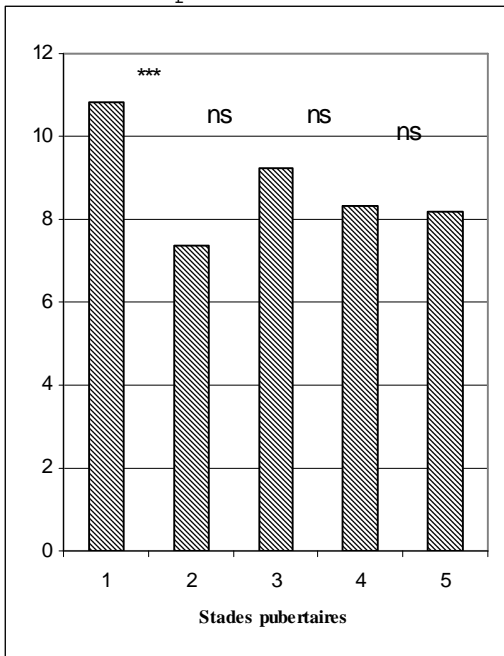
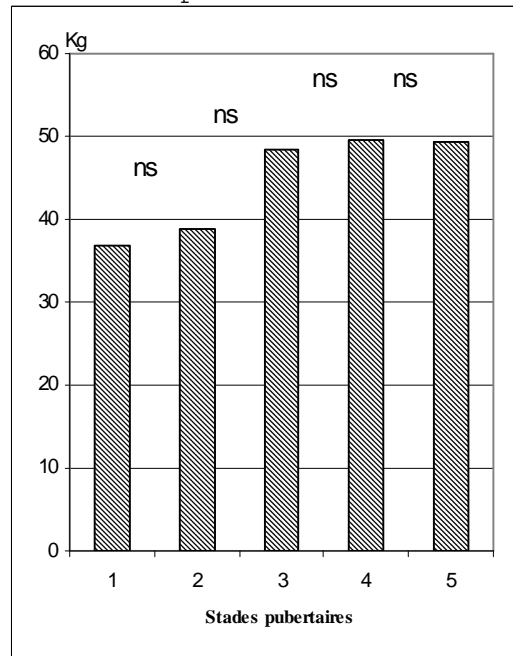


Fig. 20: Evolution du Poids maigre selon les stades pubertaires



Discussion de l'évolution des indices morphologiques aux différents stades pubertaires

D'une manière générale, nous n'avons constaté aucune différence significative de la majorité des indices morphologiques du premier au cinquième stades pubertaires (S1 à S5) à l'exception de la taille entre le 4^{ème} et le 5^{ème} stades ($p < 0,001$), ainsi que pour le pourcentage de la masse grasse dont la différence a été enregistrée entre le 1^{er} et le 2^{ème} stades pubertaires ($p < 0,001$).

L'évolution importante de la taille constatée au 5^{ème} stade, intervient à la phase finale de la poussée maximale de la taille de notre population d'étude. Parmi les nombreux auteurs ayant situé le pic de croissance entre 12 et 15 ans et dans des études similaires, Pinedu, J-C. 1991 [71] est parvenu au résultat de gain en taille durant deux années de pic de croissance, de 8,5 cm puis 6,5 cm chez des garçons, alors que Turbrugg 1982 – cité par Weinek [102] – a observé chez une population caractérisée par un développement précoce une accélération de la taille à partir de 15 ans.

Pour notre population, nous avons constaté un gain en taille significatif à partir de 14 ans, de l'ordre de 12,1 cm avec, par la suite, une relative stabilité entre 4,05 cm et 6,71 cm à la fin du stade pubertaire. Les résultats obtenus en ce qui concerne la progression de la taille sont identique aux travaux de recherche sur les Algériens, menés notamment par Marie-Claude C. et Françoise D. 1976 [60] ainsi que ceux de Dekkar 1986 [15] ; ils ont noté respectivement une progression, dès 14 ans, de 6,6 cm et de 6,8 cm pour la première étude, et de 6,1 cm et 4,5 cm pour la seconde étude. Notre population a progressé, depuis 1976, de 12,4 cm à l'âge de 14 ans, et de 9,7 cm à l'âge de 15 ans à l'année 2000. Ceci pourrait être expliqué par les conditions sociales et les habitudes alimentaires qui se sont nettement améliorées.

D - Evolution des caractéristiques physiologiques aux différents stades pubertaires

Tableau n° 16 : Analyse de variance à un facteur, comparaison des indices physiologiques selon le stade pubertaire

Paramètres n = 105	Stades 1 et 2		Stades 2 et 3		Stades 3 et 4		Stades 4 et 5	
	F	P	F	P	F	P	F	P
VO ₂ max	3,06	ns	2,73	ns	9,79	***	0,26	ns
PMANA	0,89	ns	2,93	ns	15,84	***	0,14	ns

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

L'analyse de variance à un facteur de la comparaison des indices physiologiques selon le stade pubertaire a révélé une seule différence significative de la consommation maximale d'oxygène VO₂ max et de la puissance maximale anaérobie alactique PMANA entre le 3^{ème} et le 4^{ème} stade :

- VO₂ max ($p < 0,001$)
- PMANA ($p < 0,001$)

Représentation graphique de l'évolution des paramètres physiologiques selon le stade pubertaire

Figure 21 : Evolution de la consommation maximale d'oxygène (VO₂ max) selon les stades pubertaires

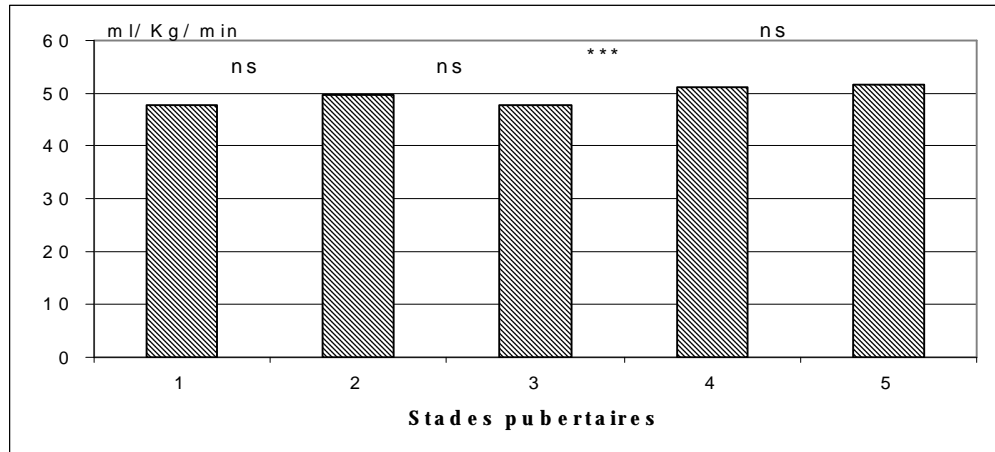
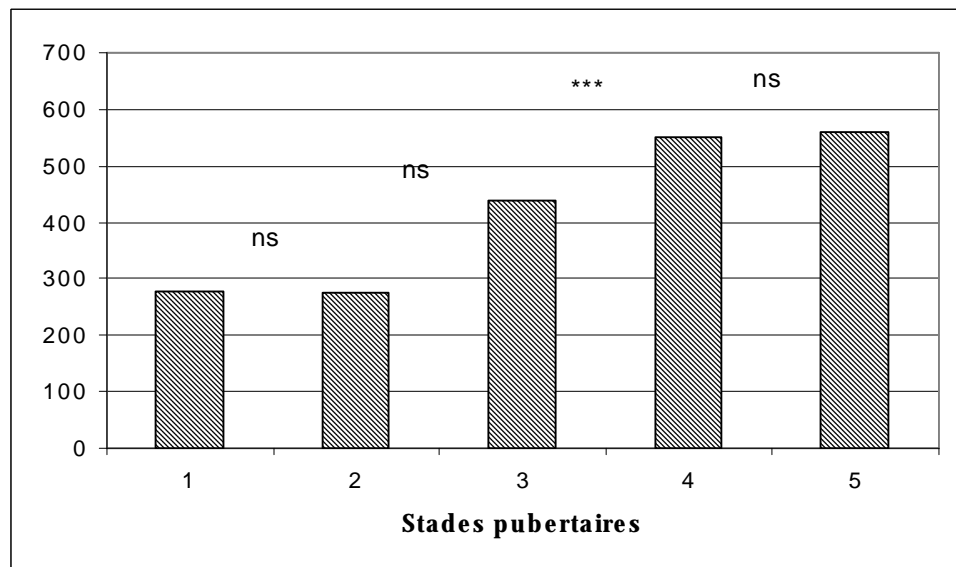


Figure 22 : Evolution de la Puissance Maximale Anaérobie Alactique (PMANA) selon les stades pubertaires



Discussion de l'évolution des indices physiologiques aux différents stades pubertaires

Les indices physiologiques de la VO₂ max et de la PMANA ont significativement augmenté à partir du 3^{ème} stade pubertaire. L'amélioration significative de la consommation maximale d'oxygène VO₂ max (p < 0,001) de notre population d'étude est basée sur la stabilité du poids corporel aux différents stades pubertaires. Le résultat est confirmé par Wyndham 1974,

Weinek [102] qui a déterminé une amélioration de la VO_2 max à partir de 16 ans et qui conclut, dans ses travaux, que les différences dans la capacité aérobie proviennent essentiellement des différences de poids du corps d'environ 70%, de 1 % de la taille et de 29% d'autres facteurs dont avant tout le niveau d'entraînement. Des données expérimentales publiées par Mercier et al. (1983) [62] sont aussi cohérentes avec nos résultats. Ces auteurs ont pu montrer que si l'on exprime l'évolution de la VO_2 max par rapport à la phase de la croissance rapide, le développement optimal de cette dernière se situe autour du pic de croissance, soit en pleine poussée pubertaire (14-16 ans) et ils recommandent par conséquent l'entraînement aérobie durant cette phase.

Concernant la Puissance maximale anaérobie alactique (PMANA), son évolution est significative à partir du 3^{ème} stade pubertaire ($p < 0,001$) et est comparable aux observations faites par Bar-Or (1989) [4] qui note que l'accroissement de la Force-Vitesse maximale s'opère un an après le pic de croissance rapide (14,5 – 15,5 ans).

Dans une étude similaire, Herthogh et coll. (1992) [42] menée sur 184 garçons non sportifs âgés de 11 à 17 ans, ont abouti au même résultat. De son côté, Delgado (1993) [16] affirme que non seulement le développement de la PMANA se situe entre le 2^{ème} et le 3^{ème} stades pubertaires mais aussi que de grands changements dans le processus anaérobie sont observés.

De nombreux auteurs, aussi, ont assimilé cette augmentation de la PMANA à l'hypertrophie musculaire avec d'autres mécanismes qui sont mis en jeu, regroupés sous le vocable d'adaptation "nerveuse" (Sale 1988 [80], Hupaut-Mathieu 1993 [93]). Parmi ceux-ci, il convient de citer une augmentation de l'activation musculaire qui se traduit par la mise en jeu d'un plus grand nombre d'unités motrices et une meilleure coordination de leur activité ainsi qu'une amélioration de la coordination des muscles synergistes et antagonistes (coordination intermusculaire). Ajouté à cela (Komi 1986) [51] explique que le

gain de Force-Vitesse est dû à une meilleure synchronisation des unités motrices
et à une intensification du couplage Excitation – Contraction.

Tableau n° 17 : TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES PARAMETRES PHYSIQUES
DES JEUNES ENFANTS CONSTANTINOIS
SELON LES STADES PUBERTAIRES

Stades	Endurance (m)		Saut en longueur sans élan (cm)		Suspension Bras fléchis (nbre)		Redressement du tronc (station assise)		Vitesse de coordination		Vitesse des membres		Souplesse	
	Moyenne	E - T	Moyenne	E - T	Moyenne	E - T	Moyenne	E - T	Moyenne	E - T	Moyenne	E - T	Moyenne	E - T
Stade 1	1 016,70	195,36	105,73	7,46	12,62	2,16	9,07	1,71	20,84	1,86	12,07	2,29	11,65	1,71
Stade 2	1 131,20	83,96	112,04	8,14	14,46	2,55	9,92	1,49	20,38	1,69	13,61	2,40	12,23	1,77
Stade 3	1 157,30	79,02	122,65	12,85	16,54	3,05	10,76	1,90	19,73	1,77	14,30	2,70	12,34	1,93
Stade 4	1 214,20	88,99	123,73	15,73	21,46	5,46	12,92	2,63	19,26	1,71	14,76	3,17	12,50	1,79
Stade 5	1 296,60	115,29	136,62	20,41	26,85	7,52	14,65	3,53	18,92	1,91	15,38	3,18	13,15	2,05

E - Présentation et discussion des résultats des qualités physiques des jeunes enfants constantinois aux différents stades pubertaires

1 - Capacité physique d'endurance aux différents stades pubertaires

Tableau n° 18 : Valeurs moyennes et écarts types de la capacité d'endurance aux différents stades

Qualité physique	ENDURANCE (m)				
Stades pubertaires	1	2	3	4	5
n = 105 X	1 016,70	1 131,20	1 157,30	1 214,20	1 296,60
E.T.	195,36	83,96	79,02	88,99	115,29

Les résultats moyens de la capacité physique endurance enregistrés par les enfants constantinois ne présentent pas de différence significative aux trois premiers stades. Néanmoins, cette capacité augmente légèrement et se stabilise durant les 4^{ème} et 5^{ème} stades.

2 - Capacité physique de Force-Vitesse aux différents stades pubertaires

Tableau n° 19 : Valeurs moyennes et écarts types de la capacité de Force-Vitesse du saut en longueur sans élan

a -

Qualité physique	SAUT EN LONGUEUR SANS ELAN (cm)				
Stades pubertaires	1	2	3	4	5
n = 105 X	105,75	112,04	122,65	123,73	136,62
E.T.	7,46	8,14	12,85	15,73	20,41

b -

Qualité physique	SUSPENSION BRAS FLECHIS				
Stades pubertaires n = 105	1	2	3	4	5
X	12,62	14,46	16,37	21,46	26,85
E.T.	2,16	2,55	3,05	5,46	7,52

c -

Qualité physique	REDRESSEMENT DU TRONC (station assise) (nbre)				
Stades pubertaires n = 105	1	2	3	4	5
X	9,07	9,92	10,76	12,92	14,65
E.T.	1,71	1,49	1,90	2,63	3,53

L'analyse des résultats de la Force-Vitesse évaluée par le test du saut en longueur sans élan pour les jambes, pour la suspension des bras fléchis et pour le redressement du tronc (station assise) pour l'abdomen et le dos, fait ressortir une progression de cette qualité physique du 1^{er} stade au 5^{ème}. La différence des résultats obtenus reste importante, surtout entre le 1^{er} et le 5^{ème} stades pubertaires, qui est de l'ordre de :

- 30,87 cm pour le saut en longueur sans élan,
- 30,89 pour la suspension bras fléchis,
- 5,58 pour le redressement du tronc (station assise).

**Capacité physique de Vitesse
aux différents stades pubertaires**

Tableau n° 20 : Valeurs moyennes et écarts types
de la capacité de Vitesse aux différents stades pubertaires

a -

Qualité physique	VITESSE de COORDINATION				
Stades pubertaires n = 105	1	2	3	4	5
X	20,84	20,38	19,73	19,26	18,92
E.T.	1,86	1,69	1,77	1,71	1,91

b -

Qualité physique	VITESSE des MEMBRES				
Stades pubertaires n = 105	1	2	3	4	5
X	12,07	13,61	14,30	14,76	15,38
E.T.	2,29	2,40	2,70	3,17	3,18

L'analyse des valeurs moyennes de la capacité physique de Vitesse de notre population d'étude aux différents stades pubertaires estimée par le test de vitesse de coordination et celui de vitesse des membres, ne fait pas ressortir de progression importante du 1^{er} au 5^{ème} stades pubertaires qui est de l'ordre de :

- 0,34 pour la vitesse de coordination
- 3,31 pour la vitesse des membres.

1 - Capacité physique de souplesse aux différents stades pubertaires

Tableau n° 21 : Valeurs moyennes et écarts types
de la capacité de souplesse aux différents stades pubertaires

Qualité physique	SOUPLESSE				
	1	2	3	4	5
Stades pubertaires n = 105					
X	11,65	12,33	12,34	12,50	13,15
E.T.	1,71	1,77	1,93	1,79	2,05

L'analyse des résultats obtenus ne fait pas ressortir de progression importante du 1^{er} au 5^{ème} stades pubertaires, qui reste de l'ordre de : 1,5.

- Evolution des caractéristiques physiques aux différents stades pubertaires

Tableau n° 22 : Analyse de variance à un facteur comparaison de
l'évolution
des caractéristiques physiques aux différents stades pubertaires

Qualités Physiques n = 105	Stades 1 et 2		Stades 2 et 3		Stades 3 et 4		Stades 4 et 5	
	F	P	F	P	F	P	F	P
Endurance	22,11	ns	3,19	ns	3,99	*	33,95	ns
St. Lg. ss élan	13,21	***	32,89	ns	0,17	ns	17,6	***
Susp. br. fl.	9,51	**	11,06	***	42,13	ns	47,5	ns
Redr. tr. st. as.	4,24	*	3,94	ns	19,01	ns	7,36	**
Vitesse coord.	1,14	ns	2,75	ns	1,67	ns	1,01	ns
Vitesse membres	10,27	**	2,76	ns	0,85	ns	0,23	ns
Souplesse	1,75	ns	0,06	ns	0,10	ns	1,76	ns

ns : non significatif ; * : p < 0,05 ; ** : p < 0,01 ; *** : p < 0,001

A partir de l'analyse de variance à un facteur de la comparaison de l'évolution des qualités physiques aux différents stades pubertaires, nous avons constaté les caractéristiques suivantes :

- Au niveau de l'évolution de l'endurance entre les différents stades pubertaires, la différence est non significative entre le 1^{er} et le 2^{ème} – le 2^{ème} et le 3^{ème} – et le 4^{ème} et 5^{ème} stades. Par contre, elle est significative entre les 3^{ème} et 4^{ème} stades pubertaires ($p < 0,05$).

- Au niveau de l'évolution des résultats du saut en longueur sans élan entre les différents stades pubertaires, nous avons constaté une différence significative entre les 1^{er} et 2^{ème} stades ($p < 0,001$) et les 4^{ème} et 5^{ème} stades ($p < 0,001$). Par contre aucune différence notable n'a été remarquée entre les stades (2 – 3) et (3 – 4).

- Au niveau de l'évolution des résultats des bras fléchis entre les différents stades pubertaires, l'analyse fait ressortir une différence significative entre les 1^{er} et 2^{ème} stades ($p < 0,01$) et les 2^{ème} et 3^{ème} stades ($p < 0,001$). Néanmoins aucune différence n'a été constatée entre les stades pubertaires (3 – 4) et (4 – 5).

- L'évolution des résultats du redressement du tronc de la position assise indique une différence significative entre les 1^{er} et 2^{ème} stades pubertaires ($p < 0,05$) et entre les 4^{ème} et 5^{ème} ($p < 0,01$). Par contre aucune différence significative n'a été enregistrée entre les stades (2 – 3) et (3 – 4).

- Au niveau de l'évolution des résultats de la vitesse de coordination, nous n'avons constaté aucune différence significative entre les différents stades pubertaires.

- L'évolution des résultats de la vitesse des membres présente une différence significative entre les 1^{er} et 2^{ème} stades pubertaires. Par contre, nous n'avons constaté aucune différence pour les autres stades.

- Au niveau de l'évolution des résultats de la qualité Souplesse entre les différents stades pubertaires, aucune différence significative n'a été enregistrée.

Représentation graphique de l'évolution des paramètres physiques selon les stades pubertaires

Figure n° 23 : Evolution de la capacité physique d'Endurance selon les stades pubertaires

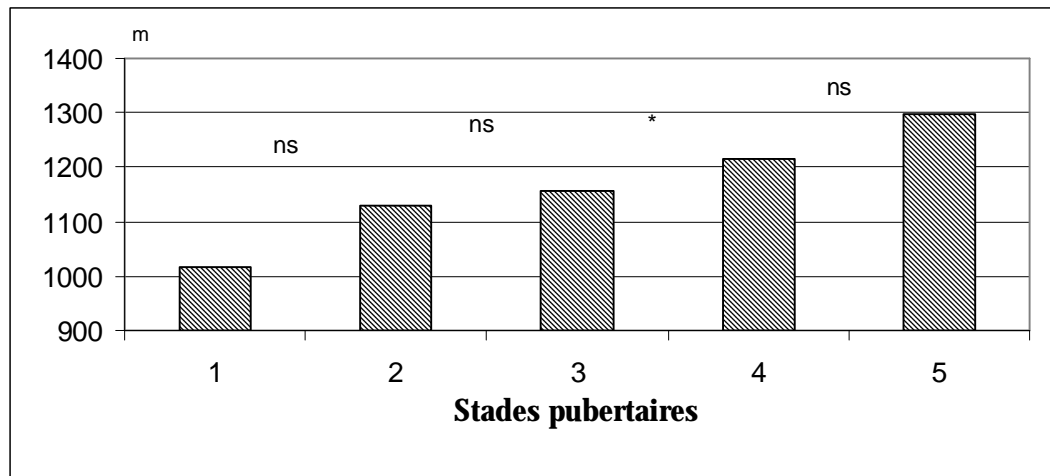


Figure n° 24 : Evolution de la capacité physique de Force-Vitesse : Saut en longueur sans élan selon les stades pubertaires

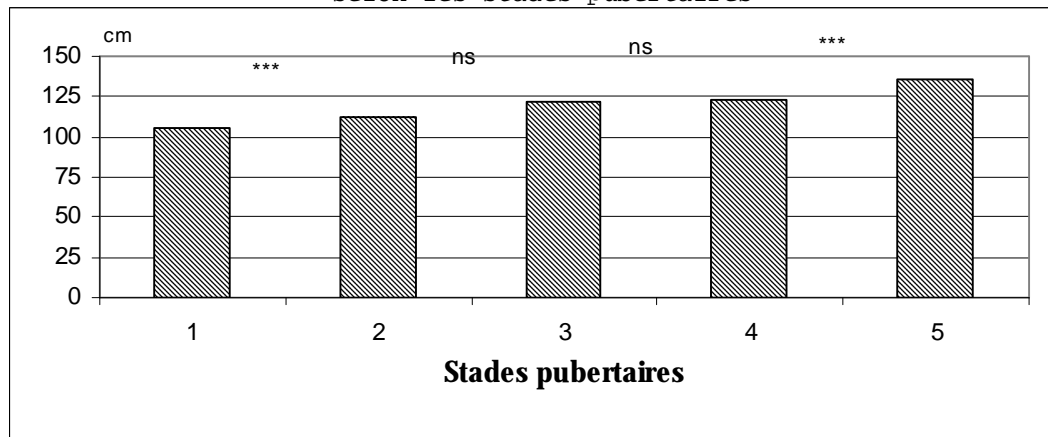


Figure n° 25 : Evolution de la capacité physique de Force-Vitesse : Suspension bras fléchis, selon les stades pubertaires

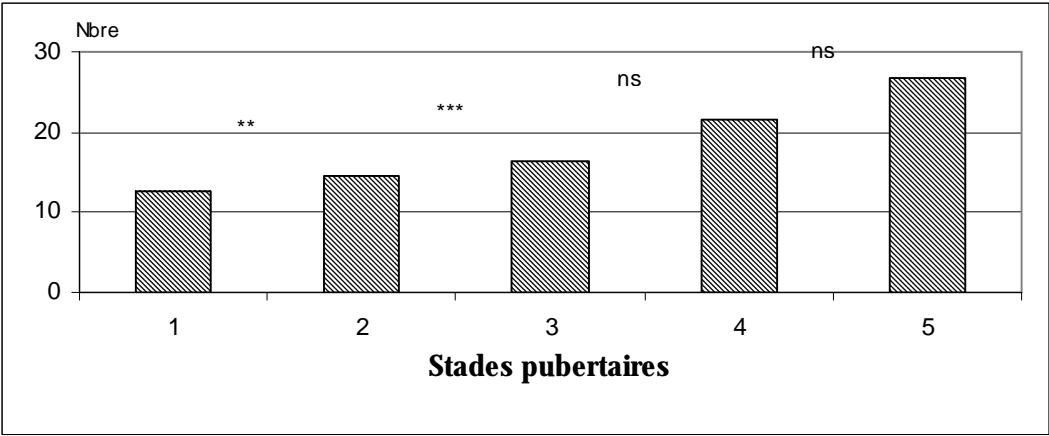


Fig. 26 : Redressement du tronc, station assise

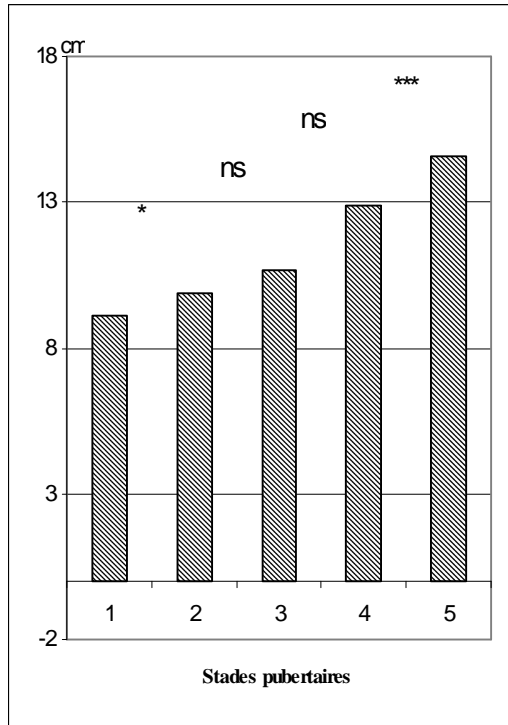


Fig. 27 : Evolution de la capacité de vitesse selon les stades pubertaires
a - Vitesse de coordination

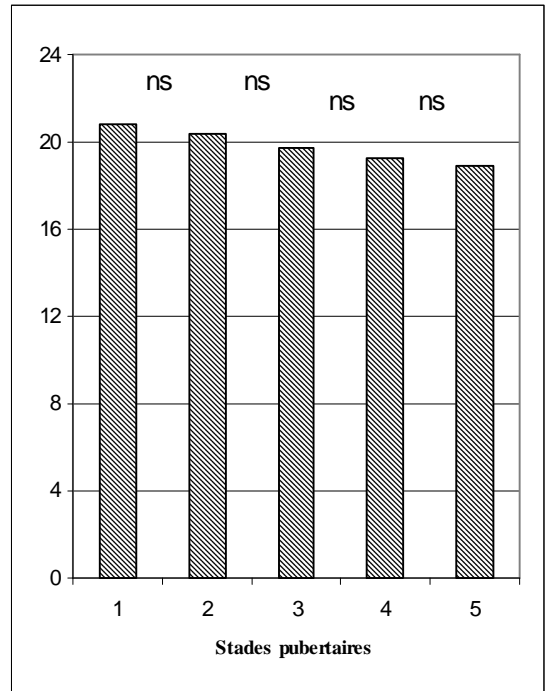


Fig. 28 : Vitesse des membres

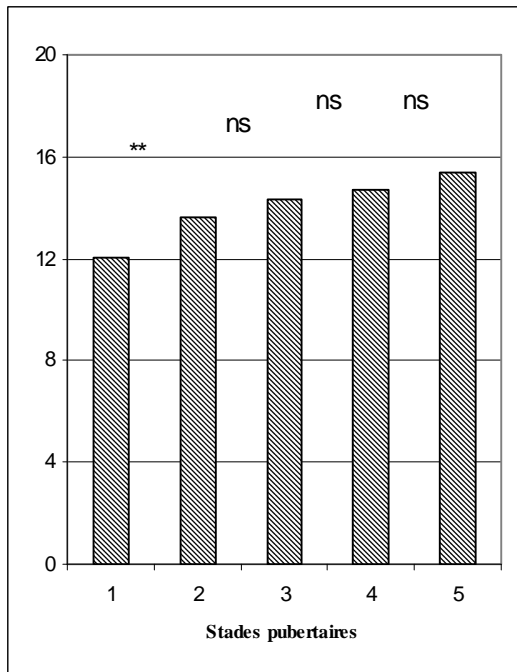
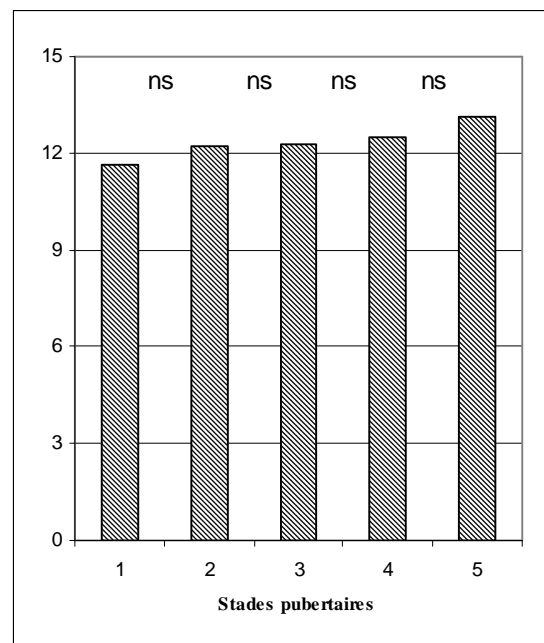


Fig. 29 : Evolution de la capacité physique de souplesse



Discussion de la capacité physique aux différents stades pubertaires

La recherche menée par Stanislas Szczesky [91] sur des enfants français de 11 à 18 ans au profit du ministère de la Jeunesse et des sports français, a montré une progression importante de l'endurance à partir de l'âge de 15 ans (3^{ème} stade pubertaire) estimée par le test navette de 5 x 18 m de l'ordre de – 4,74 min, soit le gain le plus élevé aux résultats réalisés à 11 ans, à savoir : 13,73%. Pour la même qualité physique estimée par le test de 12 min, l'auteur a noté aussi un progrès spectaculaire qui s'est fait sentir de 13 à 14 ans.

Le même auteur a déduit pour la Force-Vitesse estimée par la détente verticale une nette augmentation à partir de 15 ans de 7,1 cm, soit un gain de 61,32% par rapport aux résultats réalisés à 11 ans.

Ces performances réalisées par la jeune population française se rapprochent de nos résultats du terrain et confirment les constatations faites au Laboratoire où nous avons noté une augmentation significative au 3^{ème} stade pubertaire de la VO₂ max (consommation maximale d'oxygène) ainsi que la PMANA (Puissance Maximale Anaérobique Alactique). Il ressort que l'état favorable de ces deux paramètres physiologique (VO₂ max et PMANA) a significativement influencé sur le bon résultat de l'aptitude physique réalisé par notre population d'étude dans les mêmes sources énergétiques : Endurance et Force-Vitesse .

G – Etude corrélative entre les différents paramètres de la recherche

La performance de la capacité physique des enfants au stade pubertaire résulte de l'action intégrée et coordonnée des facteurs morphologiques, énergétiques et musculaires (Lacan, J-M. et Chataud, J-C. 1994) [55]. La composition morphologique tient une place importante dans l'accomplissement des habiletés motrices. Si bien que les scientifiques cherchent aujourd'hui à déterminer le morphotype idéal pour chaque spécialité sportive.

Dans le cadre de notre étude, nous sommes parvenus à des valeurs supérieures de la VO_2 max (consommation maximale d'oxygène) et de la PMANA (Puissance maximale anaérobie alactique), parallèlement à une progression importante de la masse maigre. Ce résultat semble définir, dans un sens, l'interdépendance qui peut exister entre les sources énergétiques : VO_2 max et PMANA, d'une part, et d'autre part l'influence des composants du corps sur l'un ou l'autre des processus énergétiques. Les informations issues de cette analyse peuvent être utiles à l'orientation du processus de préparation et retenues comme indice de suivi de l'effet de l'entraînement des qualités physiques.

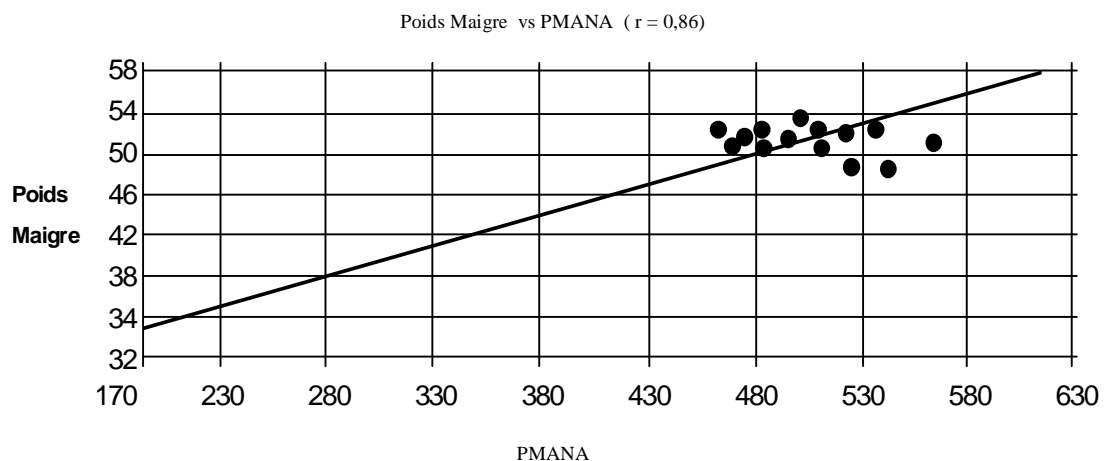
1 - Corrélation Puissance maximale anaérobie alactique (PMANA) avec le poids maigre

Tableau n° 23 : Corrélation entre les valeurs moyennes de la PMANA avec le Poids maigre aux différents stades pubertaires

Variables	Paramètres	
	Poids maigre	PMANA
r	0,86 ***	

** : significatif ; *** : très significatif

Graphique n° 30 : Présentation graphique de la corrélation de la PMANA avec le Poids maigre aux différents stades pubertaires



L'analyse de la relation existant entre la Puissance Maximale Anaérobie

(PMANA) avec le Poids maigre au stade pubertaire par l'étude du coefficient de corrélation montre une forte relation entre ces deux paramètres ($r = 0,86$). Ce résultat atteste d'une corrélation positive indiquant que plus le poids maigre est important, plus sa contribution dans l'augmentation de la PMANA est importante. Tout en soulignant que cette dernière reste aussi tributaire, selon (Mac Dougal et Howard, A. 1989) [57], de la prédominance de la position corporelle en fibres musculaires rapides, un potentiel phosphagénique conséquent (ATP-CP) et un bon niveau d'exécution.

2 - Corrélation Consommation maximale d'oxygène (VO_2 max) avec le poids maigre

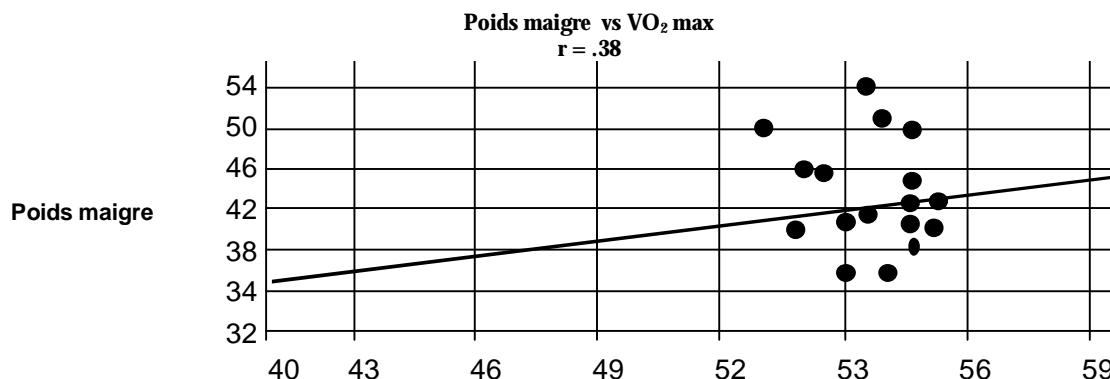
Tableau n° 24 : Corrélation entre les valeurs moyennes de la VO_2 max avec le Poids maigre aux différents stades pubertaires

Variables	Paramètres	
	Poids maigre	VO_2 max
r	0,38	

L'analyse de la corrélation entre la consommation maximale d'oxygène VO_2 max et le Poids maigre montre une valeur négative : $r = 0,38$.

Le résultat semble indiquer que plus la valeur du Poids maigre est basse, plus le résultat de la VO_2 max est important.

Graphe n° 31 : Présentation graphique de la corrélation de la VO_2 max avec le Poids maigre



Dans leur analyse, Ardle et coll. (1987) [2] estiment aussi qu'il y a une

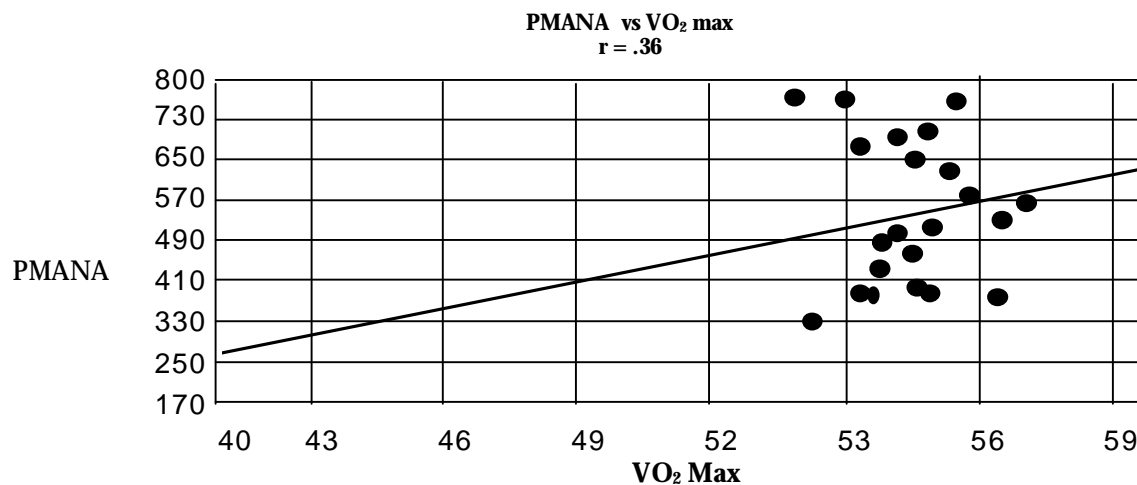
influence positive de la taille et du poids sur la VO_2 max, à condition que la masse musculaire mise en jeu soit suffisamment importante. Les résultats obtenus de la corrélation entre les valeurs de la VO_2 max et le Poids maigre confirment la nécessité d'une proportion adéquate en Poids maigre pour l'établissement d'un bon résultat en aérobie.

3 - Corrélation du PMANA avec la VO_2 max

Tableau n° 25 : Corrélation entre les valeurs moyennes de la PMANA avec la VO_2 max

Variables	Paramètres	
	PMANA	VO_2 max
r	0,36	

Graphe n° 32 : Présentation graphique de la corrélation de la PMANA avec la VO_2 max



Le résultat de cette corrélation confirme l'absence de relation entre la PMANA et la VO_2 max, d'autant plus que Lacour, J-R. 1994 [55] affirme dans ses travaux, que les efforts intenses et brefs inférieurs à 10 secondes (tel que pour la PMANA, le test de Force-Vitesse de 6") que le fonctionnement des muscles dépend plutôt du métabolisme interne, surtout local, à savoir de l'ATP à partir de la phospho-créatine.

CONCLUSION

Au terme de cette recherche vaste et complexe tant par l'appréciation de l'évolution du concept étudié que par la fixation des principaux facteurs à l'origine des modifications des paramètres morpho-fonctionnels et physiques au stade pubertaire. Il apparaît évident que la maturation biologique de notre population d'étude se traduit par des accroissements irréguliers et que les facteurs génétiques, d'environnement et de conditions sociales semblent intervenir pour une part importante dans cette évolution.

A travers l'analyse des résultats des paramètres morphologiques, les changements les plus significatifs ont été constatés pour la taille entre le 4^{ème} et le 5^{ème} stades ($p < 0,001$) et aussi pour la masse grasse entre le 1^{er} et le 2^{ème} stades pubertaires.

Selon notre étude, l'évolution importante de la taille, de l'ordre de 12,1 cm, constatée au niveau de notre population à l'âge de 14 ans, intervient à la phase finale de la poussée maximale et qui correspond effectivement selon (Pineau, J-C. 1991) [71] au pic de croissance entre 13 et 15 ans.

Par ailleurs, nous avons constaté une évolution simultanément importante des indices physiologiques de la VO_2 max et de la PMANA qui ont significativement augmenté à partir du 3^{ème} stade pubertaire ($p < 0,001$).

L'amélioration significative de la consommation maximale d'oxygène (VO_2 max) observée est la conséquence de la stabilité des composants corporels de la population d'étude. Ceci est confirmé dans l'étude de Mercier et al. (1983) [62] et Wyndham (1974) cité par Weineck [102] qui ont insisté sur la part déterminante du poids du corps (environ 70%) dans l'amélioration des réserves énergétiques de la VO_2 max.

En ce qui concerne la PMANA (Puissance maximale anaérobie alactique), son augmentation significative est similaire à celle observée par Bar-Or (1989) [4], Herthogh et al. 1992 [42], Delgado (1993) [16], qui ont noté, dans leur expérimentation, une amélioration significative de la PMANA entre les 2^{ème} et

3^{ème} stades pubertaires, à savoir un an après le pic de croissance rapide entre 14,5 et 15,5 ans. D'autres auteurs, Sale (1988) [80], Thepaut et Mathieu (1993) [93], ont attribué cette augmentation à l'hypertrophie musculaire qui s'opère durant cette phase pubertaire.

L'évaluation de l'évolution de la capacité physique aux différents stades pubertaires a démontré une nette progression des résultats de l'endurance au 3^{ème} stade ($p < 0,05$) et de la Force-Vitesse au 4^{ème} stade ($p < 0,001$). Ce résultat concorde significativement avec les valeurs des corrélations qui s'établissent entre les performances réalisées au laboratoire et ceux du terrain. Il ressort de l'investigation menée sur le terrain que les enfants qui ont présenté de meilleures prédispositions dans les épreuves de laboratoire ont réalisé de meilleures performances sur le terrain.

Dans des travaux similaires, Maksoud et Coutts [58] ont enregistré une corrélation significative ($r = 0,65$) entre les résultats de laboratoire de la VO_2 max et ceux de la course de 12 minutes. Burke (1979) [11], dans son analyse à la suite de l'application de 16 tests de laboratoire et de terrain, a observé que 71% de la variance totale de la capacité à l'effort est exprimée par trois principaux facteurs : puissance aérobie, puissance anaérobie, réponse cardiaque à l'effort.

La connaissance précise de l'évolution des paramètres morpho-fonctionnels de notre jeune population au stade pubertaire, dont nous avons tenté de dresser, dans la mesure du possible, les caractéristiques spécifiques et les importants efforts à consentir pour donner plein effet au développement des performances physiques, constitue une plate-forme de données scientifiques indispensables aux éducateurs sportifs, en vue de dégager les constats et remarques leur permettant d'organiser de la manière la plus rationnelle et la plus cohérente leur processus de prise en charge des jeunes talents, de la sélection, à la préparation et enfin au suivi régulier.

Tout autant que l'affirme la présente recherche sur la base des résultats de laboratoire et de terrain, des mesures préconisées, la contribution par une étude

nationale permettra une meilleure connaissance des capacités à l'effort de notre jeune population et de suggérer l'uniformisation des critères de prospection et de sélection par une approche réaliste et plus réalisable.

Il est dès lors aussi urgent que nécessaire de mettre en branle l'ensemble des principaux leviers du succès avec un outil d'investigation fiable et une démarche méthodologique réactualisés répondant aux besoins pressants et persistants du terrain et dont la stabilité, la constance et l'efficacité garantiront des perspectives prometteuses du Sport algérien.

Index bibliographique

- 1 - ARDLE, M-C. et coll. : Physiologie de l'activité physique, Ed. Vigot, Paris,1987.
- 2 - ASTRAND, P.O.. et RODAHL, K. : Manuel de physiologie de l'exercice musculaire, Ed. Masson, Paris, 1980
- 3 - BAR-OR : Advances in Peadrilie, Sports sciences, Vol. 3, II, Kenitics, 1989.
- 4 - BAR-OR : Climatic condition and their affect on exercise induced asthma in oscids, Edward, A.M. eds : The asthmatic child in play and sport, London, 1993.
- 5 - BELANGER, A.Y. et Mc COMAS, A.J. : Contractile propertics of human skeletal muscle in child hand and adolescence, Eur. J. Appl. Physiol. 58 : 563-567, 1989.
- 6 - BIELICKI, T. et col. Anthropométrie destinée aux futurs professeurs d'E.P.S, Varsovie, 1980.
- 7 - BLONC, S. et al. : Performance aux tests de terrain d'enfants de 11 à 16 ans. Influence de l'âge, du sexe et de l'activité physique, Ed. Science et motricité, 1992.
- 8 - BOONE D.C. et col. : Normal rang of motion of joints in make subjects, J. Bone Jt-Sung, 1979.
- 9 - BOSCO et KOMI, P.V. : Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extenson muscle, Eur. J. Appl. Physiol., 1979.
- 10 - BRAUNER, R. et col. : Le développement et la croissance pubertaire, Science et Sport, 1986.
- 11 - BURKE, E.Y. : A factor analytic investigation of tests of physical working capacity, Ergonomic Inter, 1979.
- 12 - BUTEL, Y. et al. 1980 : Etude de l'extensibilité des muscles ischio-jambiers sur 107 enfants de 9 à 14 ans scolarisés, Ann. Kinesetheir. 7, 1980.

- 13 - CRIELAARD, J.M. et PIRNAY, F. : Etude longitudinale des puissances aérobie et anaérobie lactique, Méd. Sport., 1985
- 14 - DAVIES et coll. : Plasma FFA in relation to maximum power out-put in man int. Z.f – Angrew physiol. 30- 1984.
- 15 - DEKKAR, N. : Croissance et développement de l'élève algérien, Alger, 1986.
- 16 - DELGADO, A. et col. : Changes in characteristics of anaérobie exercise in the upper limb during puberty in boys, Eur. J. Appl. Physiol. 66,1993.
- 17 - DURNIN, Y. et col. : The assesment of the amount of Fat in the human body from measurements of skintold Thickness, J. Nutr., 1967.
- 18 - DUTIL : L'extensibilité musculaire : Perspective ontogénétique et assouplissement spécial souplesse, Publication INSEP, 27-32, Paris, 1978.
- 19 - EKBLUM, B. : Effet of physical training in adolescent boys, J. appl. Physiol. 27, 1969.
- 20 - ELDER, G.L. & KAKULAS, B.A. : Histo chemical and contractile property changes during human muscle développement, Muscle et Nerve 16, 1993.
- 21 - EUROFIT : Rapport du 5ème séminaire européen de recherche sur l'éducation de l'aptitude physique, Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1987.
- 22 - ERIKSSON, B.O. : Muscle metabolism in children (a Review) Acta. Pred. Scand. 1980.
- 23 - ERIKSSON, B.O. : Physiol training, oxygen. Supply and muscle metabolism in 11-13 years old boys, Acta. physiol. Scand. 1979.
- 24 - FALIZE, Y. : Le développement moteur de l'enfant : perspectives d'application. in : De POTTER, J-C. et LEVARLET, H. édés : Développement moteur et éducation, Presses Universitaires, Bruxelles, 1984.
- 25 - FLANDROIS, R. et col. : La consommation maximale d'oxygène chez le jeune Français, J. physiol. 78, 1982.

- 26 - FLECK, S.Y. et KRAEMER, W.J. : Designing resistance training programs Human Kinetics, Champaign, 1987.
- 27 - FOX et MATHEWS : Préparation aux sports et amélioration de la condition physique, Ed. Vigot, Paris, 1983.
- 28 - GANONG, W. : Medizinische Physiologie, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1972.
- 29 - GERBEAUX M. et col. : Le développement de la force durant la croissance chez l'enfant, J. Biophys. Bioméc. N° 10, 1986.
- 30 - GOLDBERG et coll. : Injuries in youth Football. Phys. Sports med, 12, 1984.
- 31 - GRODJINOVSKY, A. et coll. : Training effet on the anaerobic performance of children as measured by the wingate anaérobic test in Beig et Eriksson, ed : Children and exercise IX, University Park Press, Baltimore, pp. 139-145, 1980.
- 32 - GUISSARD, N. et col. : Effet d'un entraînement de stretching sur les propriétés électromécaniques du muscle, Actes du XII^{ème} congrès de la Société de Biomécanique, Toulouse, 1992.
- 33 - GUISSARD, N. et col. : Le stretching musculaire : Aspects neurophysiologiques et biomécaniques, Ann. Kinesether, 10, 1988.
- 34 - GURTHHER, H. : Attegemeine und spezielle physiologister adaptation in sport, 1982.
- 35 - HAKKINEN : Neuromuscular and hormonal adaptatioin during strength and power training, J. Sports Med., 9, 1989.
- 36 - HARRE, D., Trainingslehre, 6 Aufl, Sportverlag, Berlin, 1976.
- 37 - HARRE, D., Trainingslehre, 8 Aufl, Sportverlag, Berlin, 1979.
- 38 - HARTLEY, O. et coll. : Six mobilisation exercises for active range of hip flexion, Res. Qwart. For exerc. And sport, 51, 1981.
- 39 - HAYDEN, F. et coll. : The hperfitness test manuel for boys and girls 7 to 17 years of age, Canadian Association for physical health education and recreation, 1965.

- 40 - HEALD, F.P. et coll. : Measures of body fat and hydration in adolescent boys, J. of Pediatrics, 1963.
- 41 - HERMANSEN, L. : Blood and muscle Ph after maximal exercise in man, J. of Sciences et Sports, 1972.
- 42 - HERTHOUGH, C. et coll. : Puissance anaérobie maximale chez l'adolescent : Sciences et Sports, 1992 .
- 43 - HETTINGER et MULLER : Muskelleis string ind muskel training int. Angew physiol. Arbeits physiol. 1953.
- 44 - HEYTERS, C. et coll. : Le "crac" à l'école : Application d'une technique d'étiraction musculaire sur des élèves masculins de 15 à 16 ans, Rev. Education Physique, 1989.
- 45 - HIRVONEN, G. et coll. : Breakdown of high-energy phosphate compounds and Lactate accumulation during short supramaximal exercise, Eur. J. app. Physiol. 1987.
- 46 - HOLLMAN, W. et coll. : Sport medizin, Arbeits und trainings grund Logen 2 Aufl shaltance, Stuttgart, New York, 1980.
- 47 - KANEKO, M. et coll. : Training effect of different Loads on the force-velocity relation strip and mechanical power out put in human muscle, Scand. 9 sports, 1983.
- 48 - KNUTTGEN, H. et coll. : Fitness of Danish school children during the course of one academic year, Res. 1983.
- 49 - KOBAYASHI et coll. : Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys : a longitudinal study, 9 App. Physiol. 44,1978.
- 50 - KOHLER, H. et coll. : Ansdanershülung im sportunter, richt und Auszerunterrichtlichen sport. Körperazichung, 1978.
- 51 - KOMI, D.U. et coll. : Effect of accentric muscle conditioning extension and electrical activity of human, Ergonomics, 1986.
- 52 - KRANEN BUHL, G.S. et coll. : Running economy : Changes with age during child hood and adolescence, Med. Sci. Sports exercise, 1992.

- 53 - KRANEN BUHL, G.S. et coll. : Adolescent body size and flexibility, Res. Quart., 1977.
- 54 - KRANEN BUHL, G.S. et coll. : Running economy : Changes with age during child hood and adolescence, Med. Sci. Sports exercise, 1992.
- 55 - LACOUR, J-R. et CHATARD, J-C. : Aspects physiologiques du football cinesiologie, Paris, 1994.
- 56 - LAMP. M. et coll. : Soltation and stasis : a model of human growth, Science, 1992.
- 57 - Mac DOUGAL et HOWARD, A. : Physiologie de l'activité musculaire de haut niveau, Ed. Vigot, Paris, 1989.
- 58 - MAKSOUD et COUTTS : Application of the cooper twelve minutes run – valle test to young males, Research Quartly, 1971.
- 59 - MANDEL, C. : L'enfant et le sport, Union Parisienne d'Imprimerie, Paris, 1984.
- 60 - Marie-Claude C. et coll. : Croissance des Algériens de l'enfance à l'âge adulte (région de l'Aurès), Ed. CNRS, 1976.
- 61 - MASSICOTTE, D.R. et Mc NAB, R. : Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children, Med. Sci. sports, 1974.
- 62 - MERCIER et al.: Relative efficiency and predicte VO_2 max in children, Departments d'EPS, Université de Montreal, 1983.
- 63 - MICHELI, L.Y. : Pediatrie and adolescent sports injuries : recent treno exercises sports sci. Rev., 14, 1986.
- 64 - MIRWALD, R.C. et coll. : Longitudinal comparison of aérobic power in active and inactive boys aged 7 to 17 years, Ann. Hum. Biol., 1981.
- 65 - MOORES et coll. : Age variations of formation stages for ten permanent teeth, J. Dent. Res., 1963.
- 66 - MORITANI et coll. : Neural and biomechanical differences between men and young boys during a variety of motor tasks, Acta Physiol. Scand., 1989.

- 67 - MOSKWA, C.A. : Muskulasketal usk factors in the young athlete, Phys. Sports Med., 1989.
- 68 - OLIVIER, G. : Morphologie et type humain, 4^{ème} édition, Ed. Vigot, Paris, 1971.
- 69 - OZMAN, J-C. et coll. : Neuromuscular adaptation following prepubescent strength training, Med. Sci. Sports, Exuc., 1994.
- 70 - PFEIFFER et FRANCIS : Effects of strenght training on muscle développement in prepubescent and post pubescent males, Phys. Sports med., 1986.
- 71 - PINEAU, J-C. : Importance de la puberté sur les aptitudes physiques des garçons scolaires, Bull. et Mem. de la soc. d'Anthrop. de Paris, 1991.
- 72 - POORTMANS, J.R. et col. : Estimation directe de la puissance aérobie maximale d'une population bruxelloise masculine et féminine âgée de 6 à 33 ans, J. physiol., Paris, 1986.
- 73 - RATCHEV, K. et SAOEV, V. : Dynamisme des qualités physiques chez les garçons à l'âge de 11 à 14 ans sous l'influence d'une préparation rationnelle d'athlétisme, A.E.F.A., 1970.
- 74 - RATCHEV, K. et SAOEV, V. : Dynamique de l'âge et méthodes de développement de la vitesse de course, A.E.F.A., 1970.
- 75 - RIANs et coll. Strength training for prepubescent males is it safe ? Amer. J. Sports Med., 1987.
- 76 - RIEU, M. : Bioénergétique de l'exercice musculaire et de l'entraînement physique, Presses Universitaires de France, Paris, 1988.
- 77 - ROBINSON et coll : Control of heart rate by the anatomic nervres system studies in man on the inter relatioin between baroreception mechanisms and exercise, Circ. Res., 19, 1986.
- 78 - ROTSTEIN, A. et coll. : Effect of training on aérobic threshold maximal aérobic powerand anaérobic performance of pre adolescent-boys, Int. J. sport med., 1986.
- 79 - ROWLAND, T.W. : Exercise and children's health human kineties publishers, Champaign, II, 1990.

- 80 - SALE, D.G., Neural adaptation to resistance training Med. Sci. sports exerc., 20, 1988.
- 81 - SAPEGA, A.A. et col. : Biophysical factors in range of motion exercise, Phy. Sports med., 1981.
- 82 - SARGENT, A. : Short term muscle power in children and adolescents in : Bar-Or (ed) : Advances in Pediatric sports sciences, vol. 3, Herman Kinetics, Champaign, 1989.
- 83 - SEMPE, M. et coll. : Auxologie, méthode et séquences, Ed. Théraplix, Paris, 1979.
- 84 - SERMEJEV, B. : Der Einflub Von speziellen ubungen auf die Beweglichkeit Der. Schüler. Theorie und Praxis der körperkulture, 13, 1964. 1964
- 85 - SERVEDIO, F.J. eet coll. : The affects of weight training, using olympic style lifts, on various physiological variables in prepubescent boys, Med. Sci. sports, 1985.
- 86 - SEWALL et MICHEL, L.J. : Strength training for children, J. Pediatr. Orthop., 1986.
- 87 - SOLVERBORN, S.A. : Das Bush. Vom. Stretching, Beweghich keitstraining durch Deh nen word strecken Mosaik, Verlag, Munich, 1983.
- 88 - STEMMLER : Ent wick lungsshübe in der spothchen leistungstahighed theor 4, Praxis der Kôrperkultur, 1978.
- 89 - SULLIVAN, J.A. : Ligamenters inhuries of the knee in children, Clin. Orthop., 1990.
- 90 - SUNNEGARDH, J. et coll. : Physical activity in relation to energy in take and body fat in 8 and 13 years old children, Sweden, 1994.
- 91 - SZCZESKY, S. : Dynamique de développement des qualités motrices d'élèves du cycle secondaire, Paris, 1983.
- 92 - TANNER, M.D. : Weighing the risks : Strength training for children and adolescent, Physi. Sports med., 21, 1993.

- 93 - THEPAUT, MATHIEU et coll. : Renforcement musculaire unilatéral, conséquence sur le côté non entraîné : amélioration de la force maximale, Science et motricité, 1993.
- 94 - TWIESELNANN, F., : Développement et la croissance pubertaire, Science et Sports, 1986.
- 95 - VANDERVALL, F., : Biométrie humaine, Ed. Masson, Paris, 1980.
- 96 - VRIJENS, J. : Muscle strength development in the pre and post pubescent age, Medecine and sport, 1978.
- 97 - VRIJENS, J. : L'entraînement raisonné du sportif, Ed De Boeck Université, Bruxelles, 1991.
- 98 - WALKER, D. et coll : Delay of with relaxation triduced by stress and stress relaxation, J. of appl. Physiol., 16, 1989.
- 99 - WALLIN, D. et coll. : Improvement of muscle flexibility a comparaison betwen two techniques, Am. J. sports med., 1985.
- 100 - WEBB, D.R. : Strenght training in children and adolescent, Pediatr., 37, 1990.
- 101 - WEBER et coll. : Growth and physical training with reference to heridity, J. appl. Physiol., 44, 1976.
- 102 - WEINECK, J. : Biologie du sport, Ed. Vigot, Paris, 1992.
- 103 - WELTMAN, A. : Weight training in prepubertal children, Physiologic benefit and potential damage in : Bar-Or (ed) : Advence Pediatric sport sciences, 1989.
- 104 - WILANSKI : A new method for the evaluation of teech formation, Acta genetica, Basel, 1966.
- 105 - ZCIORSKY, V.M. : Dic Körperlichem Eigenschaften das spatters : Bartels et Wernitz, Berlin, Francfort, Munich, 1972. 1972
- 106 - ZURBRÜGG, R.P. : Hormonale regulation und wachstum ber sportlish aktiven knaben und Madchen, in : Kinder im leistungs. Sport. 5.50.58, Howald, H.E (Hsg) Birkhanser, Bâle, Boston, Stuttgart, 1982.

ANNEXES

ANNEXE N° 1

**Prédiction de la VO₂ max du test progressif de course navette de 20 m
avec paliers de 1 minute**

6 - 11 ans * Paliers 1 à 10

Paliers	Durées (min,)	VO2 max (ml / min / kg) en fonction de l'âge (années)						Vitesse (km / h)	Distances parcours (m)	Temps fractionnés sur 20 m (s)
		6	7	8	9	10	11			
Début 1 1,5 Fin 1	0 30 s 1							8	66,7 133,3	9,009
Début 2 2,5 Fin 2	1 1,30 2	44,8	42,8	40,8	38,8	36,8	34,7	9	208,3 283,3	8,000
Début 3 3,5 Fin 3	2 2,30 3	50,0	48,2	46,4	44,6	42,7	40,8	9,5	362,5 441,6	7,576
Début 4 4,5 Fin 4	3 3,30 4	52,1	50,4	48,6	46,9	45,1	43,0	10	525,0 608,3	7,200
Début 5 5,5 Fin 5	4 4,30 5	54,2	52,5	50,8	49,2	47,5	45,8	10,5	695,8 783,3	6,857
Début 6 6,5 Fin 6	5 5,30 6	56,3	54,7	53,1	51,5	49,9	48,3	11	875,0 966,6	6,545
Début 7 7,5 Fin 7	6 6,30 7	58,4	56,8	55,3	53,8	52,3	50,8	11,5	1 062,50 1 158,30	6,251
Début 8 8,5 Fin 8	7 7,30 8	60,4	59,0	57,5	56,1	54,6	53,2	12	1258,3 1358,3	6,000
Début 9 9,5 Fin 9	8 8,30 9	62,5	61,2	59,8	58,4	57,0	55,7	12,5	1462,5 1566,6	5,760
Début 10 10,5 Fin 10	9 9,30 10	64,6	63,3	62,0	60,8	59,4	58,2	13	1675,0 1783,3	5,538

**Prédiction de la VO₂ max du test progressif de course navette de 20 m
avec paliers de 1 minute**

6 - 11 ans * Paliers 11 à 20

Paliers	Durées (min,)	VO2 max (ml / min / kg) en fonction de l'âge (années)						Vitesse (km / h)	Distances parcourues (m)	Temps fractionnés sur 20 m (s)
		6	7	8	9	10	11			
Début 11 11,5 Fin 11	10 10,3 11	66,6 67,7	65,5 66,5	64,2 65,3	63,1 64,2	61,9 63,0	60,6 61,8	13,5	2 008,30	5,333
Début 12 12,5 Fin 12	11 11,30 12	68,8 69,8	67,6 68,7	66,5 67,6	65,4 66,5	64,2 65,4	63,1 64,3	14	2 241,60	5,143
Début 13 13,5 Fin 13	12 12,30 13	70,9 71,9	69,8 70,8	68,7 69,8	67,7 68,8	66,6 67,8	65,6 66,8	14,5	2 483,20	4,966
Début 14 14,5 Fin 14	13 13,30 14	72,9 73,9	71,9 73,0	70,9 72,0	70,0 71,1	69,0 70,2	68,0 69,2	15	2 733,20	4,800
Début 15 15,5 Fin 15	14 14,30 15	75,0 76,0	74,1 75,1	73,2 74,3	72,3 73,4	71,4 72,5	70,5 71,7	15,5	2 991,50	4,645
Début 16 16,5 Fin 16	15 15,30 16	77,1 78,1	76,2 77,3	75,4 76,5	74,6 75,7	73,7 74,9	72,9 74,1	16	3 258,20	4,500
Début 17 17,5 Fin 17	16 16,30 17	79,1 80,2	78,4 79,5	77,6 78,7	76,9 78,0	76,1 77,3	75,4 76,6	16,5	3 533,20	4,364
Début 18 18,5 Fin 18	17 17,30 18	81,3 82,3	80,6 81,6	79,9 81,0	79,2 80,3	78,5 79,7	77,9 79,1	17	3 816,5	4,235
Début 19 19,5 Fin 19	18 18,30 19	83,3 84,3	82,7 83,8	82,1 83,2	81,5 82,7	81,9 82,1	80,3 81,5	17,5	4 108,2	4,114
Début 20 20,5 Fin 20	19 19,30 20	85,4 86,4	84,9 85,9	84,3 85,4	83,9 85,0	83,0 84,5	82,8 84,0	18	4 408,2	4,000

**Prédiction de la VO₂ max du test progressif de course navette de 20 m
avec paliers de 1 minute**

12 - 18 ans et plus * Paliers 1 à 10

Paliers	Durées (min,)	VO2 max (ml / min / kg) en fonction de l'âge (années)							Vitesse (km / h)	Distances parcourues (m)	Temps fractionnés sur 20 m (s)
		12	13	14	15	16	17	18,etc			
Début 1 1,5 Fin 1	0 30 s 1								8	66,7 133,3	9,009
Début 2 2,5 Fin 2	1 1,30 2	32,7 35,3 37,8	30,7 33,3 35,9	28,7 31,4 34,1	26,6 29,4 32,2	24,6 27,5 30,3	22,6 25,6 28,5	20,6 23,6 26,6	9	208,3 283,3	8,000
Début 3 3,5 Fin 3	2 2,30 3	39,1 40,3	37,2 38,5	35,5 36,7	33,6 35,0	31,7 33,2	30,0 31,4	28,1 29,6	9,5	362,5 441,6	7,576
Début 4 4,5 Fin 4	3 3,30 4	41,6 42,9	39,8 41,2	38,1 39,4	36,4 37,7	34,6 36,0	32,5 34,3	31,1 32,6	10	525,0 608,3	7,200
Début 5 5,5 Fin 5	4 4,30 5	44,2 45,4	42,5 43,8	40,8 42,1	39,1 40,5	37,4 38,9	35,3 37,2	34,1 35,6	10,5	695,8 783,3	6,857
Début 6 6,5 Fin 6	5 5,30 6	46,7 47,9	45,1 46,4	43,5 44,8	41,9 43,3	40,3 41,7	38,7 40,2	37,1 38,6	11	875,0 966,6	6,545
Début 7 7,5 Fin 7	6 6,30 7	49,2 50,5	47,7 49,0	46,2 47,5	44,7 46,0	43,1 44,6	41,7 43,1	40,1 41,6	11,5	1 062,50 1 158,30	6,251
Début 8 8,5 Fin 8	7 7,30 8	51,3 53,0	50,3 51,6	48,9 50,2	47,4 48,8	46,0 47,4	44,6 46,0	43,1 44,6	12	1 258,3 1 358,3	6,000
Début 9 9,5 Fin 9	8 8,30 9	54,3 55,6	52,9 54,2	51,6 52,9	50,2 51,6	48,8 50,3	47,5 48,9	46,1 47,6	12,5	1 462,5 1 566,6	5,760
Début 10 10,5 Fin 10	9 9,30 10	56,7 58,1	55,6 56,9	54,3 55,6	53,0 54,4	51,7 53,1	50,4 51,9	49,1 50,6	13	1 675,0 1 783,3	5,538

**Prédiction de la VO₂ max du test progressif de course navette de 20 m
avec paliers de 1 minute**

12 - 18 ans et plus * Paliers 11 à 20

Paliers	Durées (min,)	VO2 max (ml / min / kg) en fonction de l'âge (années)							Vitesse (km / h)	Distances parcourues (m)	Temps fractionnés sur 20 m (s)
		12	13	14	15	16	17	18,etc			
Début 11	10								13,5	2 008,30	5,333
11,5	10,3	59,4	58,2	57,0	55,8	54,5	53,4	52,1			
Fin 11	11	60,6	59,5	58,3	57,1	56,0	54,8	53,6			
Début 12	11								14	2 241,60	5,143
12,5	11,30	61,9	60,8	59,7	58,5	57,4	56,3	55,1			
Fin 12	12	63,2	62,1	61,0	59,9	58,8	57,7	56,6			
Début 13	12								14,5	2 483,20	4,966
13,5	12,30	64,5	63,4	62,4	61,3	60,2	59,2	58,1			
Fin 13	13	65,7	64,7	63,7	62,7	61,6	60,6	59,6			
Début 14	13								15	2 733,20	4,800
14,5	13,30	67,0	66,0	65,1	64,1	63,1	62,1	61,1			
Fin 14	14	68,3	67,3	66,4	65,4	64,5	63,6	62,6			
Début 15	14								15,5	2 991,50	4,645
15,5	14,30	69,6	68,6	67,8	66,8	65,9	65,1	64,1			
Fin 15	15	70,8	69,9	69,1	68,2	67,3	66,5	65,6			
Début 16	15								16	3 258,20	4,500
16,5	15,30	72,1	71,3	70,5	69,6	68,7	68,0	67,1			
Fin 16	16	73,4	72,6	71,8	71,0	70,2	69,4	68,6			
Début 17	16								16,5	3 533,20	4,364
17,5	16,30	74,7	73,9	73,2	72,4	71,6	70,9	70,1			
Fin 17	17	75,9	75,2	74,5	73,8	73,0	72,3	71,6			
Début 18	17								17	3 816,5	4,235
18,5	17,30	77,2	76,5	75,9	75,2	74,4	73,8	73,1			
Fin 18	18	78,4	77,8	77,2	76,5	75,9	75,3	74,6			
Début 19	18								17,5	4 108,2	4,114
19,5	18,30	79,7	79,1	78,6	77,9	77,3	76,8	76,1			
Fin 19	19	81,0	80,4	79,9	79,3	78,7	78,2	77,6			
Début 20	19								18	4 408,2	4,000
20,5	19,30	82,3	81,7	81,3	80,7	80,1	79,6	78,1			
Fin 20	20	83,5	83,0	82,5	82,1	81,6	81,1	80,6			

ANNEXE N° 2

Tests EUROFIT d'aptitude physique

1 - EQUILIBRE FLAMINGO (E.F.L)

Facteur : Equilibre général

Description du test : Equilibre sur un pied sur une poutre de dimension établie

Matériel :

- Une poutre en métal de 50 cm de long, de 4 cm de haut et de 3 cm de large, recouverte de moquette (épaisseur maximale : 5 mm) bien fixée à la poutre. La stabilité en est assurée par deux supports de 15 cm de long et de 2 cm de large. Il est évident que si l'on dispose de plusieurs poutres, il en résultera un gain de temps dans la passation des tests.
- Un chronomètre sans retour (à zéro automatique) par poutre, afin de pouvoir l'arrêter et le remettre en marche pour des comptages successifs.

Instructions pour le sujet testé :

"Debout sur votre pied de prédilection, sur l'axe longitudinal de la poutre, essayez de garder l'équilibre aussi longtemps que possible. Fléchissez la jambe libre et saisissez la plante du pied avec la main du même côté en imitant la position du flamant rose. Servez-vous éventuellement de l'autre bras pour garder l'équilibre. Pour vous placer dans la position correcte, appuyez-vous sur l'avant-bras de l'examineur. Le test commence lorsque cet appui cesse. Essayez de garder l'équilibre dans cette position pendant une minute. Le test est interrompu et une pénalité est imposée à chaque perte d'équilibre : par exemple, si la main laisse échapper le pied ou si une partie quelconque du corps entre en contact avec le sol. Après chaque interruption, nouveau départ jusqu'à ce qu'une minute soit écoulée."

Directives pour l'examineur :

- Placez-vous devant le sujet.
- Autorisez-le à faire un essai, afin de le familiariser avec le test et d'être sûr qu'il a compris les instructions.
- Après cet essai, procédez à l'épreuve.
- Mettez le chronomètre en route au moment où le sujet lâche le bras qui le soutient.
- Arrêtez le chronomètre dès que le sujet perd l'équilibre en lâchant son pied ou en touchant le sol avec une partie quelconque du corps.
- Après chaque interruption, aidez le sujet à reprendre la position correcte de départ.

Résultat :

On comptabilise le nombre d'essais nécessaires au sujet (et non les chutes) pour arriver à garder l'équilibre pendant une minute.

Exemple : Un sujet qui fait 5 essais obtient 5.

Si le sujet testé s'interrompt 15 fois pendant les 30 premières secondes, le test est considéré comme terminé et le sujet obtient zéro, ce qui signifie qu'il n'est pas capable d'effectuer le test.

2 – FRAPPE DE PLAQUES (F.P.)

Facteur : Vitesse des membres

Description du test : Frappe rapide alternative sur 2 plaques avec la main choisie.

Matériel :

- Une table ajustable en hauteur. Dans les salles d'éducation physique, on peut notamment utiliser un plinth.
- Deux disques en caoutchouc de 20 cm de diamètre, fixés horizontalement sur la table, avec un écart de 60 cm (leurs centres sont donc à 80 cm l'un de l'autre). Placez une plaque rectangulaire (10 x 20 cm) entre les deux disques.
- Un chronomètre.

Instructions pour le sujet testé :

" Placez-vous devant la table, debout, les pieds légèrement écartés. Posez une main au centre de la plaque rectangulaire. Avec l'autre (la main choisie) effectuez un mouvement de va-et-vient aussi rapide que possible entre les deux disques, en passant par-dessus la main située au milieu. Veillez chaque fois à toucher les disques au commandement : "Prêt... partez !" de l'examineur. Effectuez rapidement 25 cycles avec la main, en frappant les disques A et B. Ne pas arrêter avant le signal "Stop" de l'examineur. Celui-ci compte à haute voix le nombre de cycles effectués. Le test est fait deux fois et le meilleur résultat est enregistré".

Directives pour l'examineur

- Adaptez le niveau de la tablette afin qu'elle soit juste au-dessus de la région ombilicale.
- Assis devant la table, regardez le disque sur lequel le sujet a posé la main au début du test. Comptez le nombre de frappes sur ce disque.

- Mettez le chronomètre en route au signal : "Prêt... Partez !". Arrêtez-le au moment où le sujet touche le disque A pour la 25^{ème} fois. Le nombre total de frappes sur les deux disques et donc 50 (c'est-à-dire 25 cycles A et B).
- La main placée sur la plaque rectangulaire doit y rester pendant toute la durée du test.
- Le sujet peut faire un essai avant le test afin de choisir la main appropriée.
- Durant la période de repos entre les deux essais, un autre sujet peut faire le premier essai.
- Il est particulièrement recommandé de disposer de 2 examinateurs pour réaliser ce test : l'un chargé du chronomètre et de la stimulation du sujet, et l'autre du comptage.

Résultat :

- Temps enregistré : Le temps nécessaire au sujet testé pour toucher chaque disque 25 fois. Noter le meilleur résultat obtenu au dixième de seconde.
- Si un disque n'a pas été touché, on ajoute une frappe supplémentaire de façon à atteindre les 25 cycles requis.

3 – FLEXION TRONC AVANT EN POSITION ASSISE (F.L.T)

Facteur : Souplesse

Description du test : En position assise, flexion en avant aussi loin que possible.

Matériel :

- Une table de test ou une caisse aux mesures suivantes : longueur : 35 cm ; largeur : 45 cm ; hauteur : 32 cm. Les mesures de la plaque supérieure sont : longueur : 55 cm ; largeur : 45 cm. Cette plaque dépasse de 15 cm le côté supportant les pieds. Une échelle de 0 à 50 cm est dessinée au centre de la plaque supérieure.
- Il est indispensable de disposer d'une règle d'environ 30 cm, à placer sur la caisse, que le sujet peut déplacer avec les doigts. .

Instructions pour le sujet testé :

"Asseyez-vous. Placez les pieds verticalement contre la caisse, le bout des doigts au bord de la plaque horizontale. Penchez le tronc vers l'avant aussi loin que possible sans plier les genoux, poussez lentement et progressivement la règle en avant, sans heurts, et en tenant les mains tendues. Restez immobile dans la position la plus avancée. Abstenez-vous de mouvements saccadés. Effectuez le test deux fois de suite et enregistrez le meilleur résultat."

Directives pour l'examineur :

- Debout à côté du sujet, maintenez ses genoux dans la position jambes tendues.
- Le sujet doit mettre ses mains au bord de la de la plaque horizontale, en contact avec la règle, avant de pencher le tronc plus loin en avant.
- Le résultat est déterminé d'après la position la plus avancée que le sujet peut atteindre sur l'échelle avec le bout des doigts. Le sujet doit tenir cette position le temps de compter au moins jusqu'à 2, de façon

à permettre à l'examineur de lire correctement le résultat.

- Lorsque les doigts des deux mains n'atteignent pas une position analogue, on enregistrera la distance moyenne du bout des deux doigts.
- Le test doit être effectué lentement et progressivement, sans aucun mouvement saccadé.
- Le deuxième essai est effectué après une courte pause.

Résultat :

Le meilleur des deux résultats est enregistré. Celui-ci est exprimé par le nombre de centimètres atteints sur l'échelle tracée sur la partie supérieure de la caisse.

Exemple : Un sujet atteignant ses orteils obtient 15. Un autre dépassant ce niveau de 7 cm en obtient 22.

4 – SAUT EN LONGUEUR SANS ELAN (S.L.O)

Facteur : : Force explosive.

Description du test : Saut en longueur à partir d'une position debout.

Matériel :

- Deux tapis de judo ou similaires (par exemple tapis de gymnastique) disposés l'un à côté de l'autre dans le sens de la longueur sur un sol antidérapant.
- Un morceau de crie
- Un mètre ruban

Instructions pour le sujet traité :

"Tenez-vous debout, les pieds à la même hauteur, les orteils juste derrière la ligne de départ. Fléchissez les genoux en plaçant les bras vers l'avant, à l'horizontale. D'une détente vigoureuse, accompagnée d'un balancement des bras, sautez le plus loin possible. Réceptionnez-vous, les pieds joints, sans perdre l'équilibre. Effectuez le test deux fois, le meilleur résultat étant compté."

Directives pour l'examineur

- Tracez des lignes horizontales tous les 10 cm sur le tapis, parallèlement à la ligne de départ et à un mètre de celle-ci.
- Déposez un mètre ruban perpendiculairement à ces lignes ce qui permettra de relever des mesures exactes.
- Debout sur le côté, enregistrez les distances franchies.
- Mesurez cette distance depuis la ligne de départ jusqu'au premier point de contact des talons avec le sol. Si les deux talons ne sont pas à la même hauteur, notez la distance la plus courte.
- Si le sujet tombe en arrière ou touche le sol avec une partie quelconque du corps, faites faire un nouvel essai. S'il tombe en avant, l'essai est pris en compte.
- Les tapis de lancement et de réception doivent être au même niveau et fixés solidement au sol.

Résultat : Le meilleur de deux résultats obtenus est enregistré et noté en cm.

5 – DYNAMOMETRIE MANUELLE (DYM)

Facteur : Force statique

Matériel :

- Un dynamomètre manuel étalonné aux poignées adaptables.

Instructions pour le sujet testé :

" Prenez le dynamomètre dans la main la plus forte (la main habituelle). Serrez le plus énergiquement possible tout en tenant le dynamomètre éloigné du corps. Le dynamomètre ne doit pas toucher votre corps pendant l'épreuve. Exercez la pression de façon progressive et continue en la maintenant pendant 2 secondes au moins. Effectuez le test deux fois, le meilleur résultat étant compté."

Directives pour l'examineur :

- Remettez le dynamomètre à zéro avant chaque test et veillez à ce que le disque du dynamomètre soit bien visible durant le test.
- Demandez au sujet de se servir de sa main la plus forte. Ajustez la poignée de sorte que les deux bornes de l'instrument correspondent à la première phalange du majeur.
- Durant le test, le bras et la main tenant le dynamomètre ne doivent pas être en contact avec le corps. L'instrument doit être tenu dans le prolongement de l'avant-bras et le long de la cuisse.
- Après un bref repos, procédez à un dernier essai.
- Il n'est pas nécessaire que l'aiguille revienne à zéro après le premier essai ; vérifiez seulement si le deuxième résultat est meilleur que le premier.

Résultat

Le meilleur des deux résultats obtenus est enregistré en kilogrammes (degré de précision : 1 kg). Exemple : Un résultat de 24 kg obtient 24.

6 – REDRESSEMENT STATION ASSISE (R.S.A)

Facteur : Force du tronc (Endurance musculaire abdominale)

Description du test : Effectuer, en ½ minute, un nombre maximum de redressements en position assise.

Matériel :

- 2 tapis (placés l'un derrière l'autre dans le sens de la longueur).
- Un chronomètre
- Présence d'un assistant.

Instructions pour le sujet testé :

" Mettez-vous en position assise, tronc à la verticale, mains derrière la nuque, genoux fléchis (90°) et les pieds à plat sur le tapis. A partir de cette position, allongez-vous sur le dos les épaules en contact avec le sol, puis redressez-vous en position assise en portant les coudes vers l'avant en contact avec les genoux. Les mains doivent rester jointes derrière la nuque durant tout l'exercice. Au commandement : "Prêt... Partez !", répétez le mouvement aussi rapidement que possible durant 30 secondes. Continuez jusqu'au commandement "Stop". Ce test ne doit être exécuté qu'une fois."

Directives pour l'examineur :

- A genoux à côté du sujet, vérifiez si sa position de départ est correcte.
- Asseyez-vous les jambes écartées en face du sujet, en fixant au sol ses pieds par votre poids corporel. Immobilisez les jambes du sujet en plaçant vos mains sur ses jarrets, assurant ainsi l'angle imposé de 90 degrés dans les genoux.
- Après avoir expliqué le test au sujet, et avant qu'il commence réellement, faites lui exécuter une seule fois tout le mouvement afin de vous assurer qu'il a compris les instructions.
- Mettez le chronomètre en marche au signal : "Prêt... Partez !" et arrêtez-le après 30 secondes.

- Comptez à haute voix à la fin de chaque redressement complet et correct. Un redressement complet va de la position assise à celle au tapis et retour à la position assise, les coudes touchant les genoux.
- Le comptage a lieu au moment où les coudes touchent les genoux. L'absence de comptage signifie que le redressement n'a pas été correctement exécuté.
- En cours d'exécution, corrigez l'attitude du sujet si celui-ci ne touche pas le tapis avec les épaules ou s'il ne touche pas les genoux avec les coudes en revenant à position de départ.

Résultats : Est enregistré le nombre total de redressements correctement et complètement exécutés en 30 secondes.

ANNEXE N° 3

L' ENQUETE

LE QUESTIONNAIRE

1 – L'aptitude physique des jeunes au stade pubertaire revêt-elle un caractère déterminant :

Oui

Non

Pourquoi :
.....

2 – Quelles sont, à votre avis, les qualités les plus importantes à détecter au stade pubertaire (indiquez par ordre d'importance, de 1 à 5).

-	Endurance	-	Souplesse
-	Force	-	Adresse
-	Vitesse	-	

3 – Selon les différents stades pubertaires, quelles sont les qualités physiques à développer en priorité :

Stades	Age	Qualités physiques à développer
Stade I		
Stade II		
Stade III		
Stade IV		

4 – Réalisez-vous des tests de contrôle pour estimer le développement des qualités physiques : Oui Non

Nature du test	Période du test

5 – Selon vous, le profil morphologique des sportifs joue-t-il un rôle déterminant dans le développement des qualités physiques ?

Oui

Non

- De quelle manière ?
.....
.....

6 – Lors du développement des qualités physiques, accordez-vous de l'importance aux influences sur les composants corporels du sportif ?

Oui

Non

- Pourquoi ?
.....
.....

ANNEXE N° 4

Indices de Tanner

(J. Tanner : Growth qt Adolescence, Blackwell Ed., 1962)

	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5
Poils pubiens Garçon	Duvet pubien	Quelques poils épars. Longs, droits ou bouclés à la base du pénis. Id., le long des lèvres	Poils plus denses, plus épais, plus bouclés, s'étendant très peu au-dessus de la symphyse pubienne.	Aspect adulte, mais zone pileuse moins étendue. Pas d'extension aux cuisses.	Aspect adulte en localisation et quantité. Extension aux cuisses. Bord pubien horizontal.
Fille	Id.		Id.	Id.	Id.
Développement mammaire chez la fille	Saillie de la papille	Bourgeon mammaire. Sein et papille légèrement soulevés	Accentuation de la saillie du sein et élargissement de l'aréole.	Aréole et papille formant une saillie en avant de celle du sein.	Aspect adulte. Seule la papille fait saillie.. L'aréole se confond avec le contour du sein.
Organes génitaux externes du garçon.	Testicules, scrotum et pénis : même taille que dans l'enfance.	Augmentation du scrotum et des testicules. Volume du pénis peu ou pas changé.	Scrotum et testicules continuent à augmenter. Augmentation de la longueur du pénis.	Élargissement du pénis. Développement du gland. Testicules et scrotum continuent à croître. Leur coloration devient plus foncée.	Aspect adulte.

ANNEXE N° 5

Fiche d'Exploration morpho-fonctionnelle

Date : le.....

INFORMATIONS GENERALES

Nom :Prénom :

Age : Niveau scolaire :

Adresse :

Etat de santé actuel :

Antécédents médicaux :

.....

RESULTATS DES EXPLORATIONS

MORPHO-FONCTIONNELLES

- Paramètres morphologiques

		Paramètres				
Stades	Ages	Taille (cm)	Poids (kg)	Plis cutanés (mm)	% Masse grasse	Poids maigre (kg)
I						
II						
III						
IV						

ANNEXE N° 6

Fiche de développement physique aux différents stades pubertaires

Nom :Prénom :

Date et lieu de naissance :

Adresse :

Antécédents sportifs :

.....

Aptitudes physiques	Stades pubertaires			
	I	II	III	IV
1. Equilibre Flamingo (EFL)				
2. Frappe de plaques (FP)				
3. Flexion tronc avant en position assise (FLT)				
4. Saut en longueur sans élan (SLO)				
5. Dynamométrie manuelle (DYM)				
6. Redressement station assise (RSA)				

RESUME

L'objectif principal de cette investigation longitudinale, consistait en l'étude de l'évolution des caractéristiques morpho-fonctionnelles des jeunes sédentaires en la période pubertaire, en vue d'apprécier les paramètres qui seront retenus comme critères de sélection, d'orientation sportive et pour l'organisation du processus de préparation et d'entraînement.

Pour cette étude, 150 collégiens pubères ne pratiquant pas d'activité sportive régulière, ont consenti à suivre notre protocole de recherche durant toute la phase expérimentale.

L'âge pubertaire a été estimé selon la classification de Tanner. Nous avons aussi procédé à l'estimation de l'aptitude physique : de l'Endurance, de la Force, de la Vitesse, de la Souplesse et de l'adresse, par les tests d'EUROFIT. Puis la consommation maximale d'oxygène VO_2 max a été déterminée grâce au test navette de Léger et coll., et la puissance maximale anaérobie lactique (PMANA) a été évaluée par le test de Force-Vitesse de Vandewalle. Parallèlement aux investigations du laboratoire et du terrain, nous avons procédé à la mesure des paramètres morphologiques que sont : la taille, le poids maigre, le pourcentage de masse grasse.

A travers l'analyse des résultats obtenus, des changements significatifs ont été constatés pour la taille entre le 4^{ème} et le 5^{ème} stades pubertaires (pic de croissance). Par ailleurs, nous avons établi une évolution simultanément importante des indices physiologiques de la VO_2 max et de la PMANA qui ont significativement augmenté à partir du 3^{ème} stade pubertaire.

L'estimation de l'évolution de la capacité physique par les tests EUROFIT, a démontré une nette progression des résultats de l'endurance au 3^{ème} stade pubertaire, et de la Force-Vitesse au 4^{ème} stade. Ce résultat concorde significativement avec les valeurs des corrélations qui s'établissent entre les performances réalisées au laboratoire et ceux du terrain.

Les résultats obtenus des différents indices de l'investigation peuvent servir d'indicateurs indispensables à la sélection sportive, l'élaboration de protocoles d'entraînement, l'évaluation et le suivi.

SUMMARY

The major purpose of this longitudinal research work consisted in the study of the evolution of the morpho-functional characteristics of sedentary youths in the puberty period, in order to appreciate the parameters that will be considered as criteria of selection sport orientation and the organisation of the processes of both preparation and training.

For this investigation, 150 pubescent school children practising no regular sport activity have accepted to carry on the research protocol during the whole experimental phase. The age of puberty has been estimated according to Tanner description. We have also proceeded to the estimation of the physical aptitude : Endurance, strength, speed, agility, sbeill using EUROFIT tests. As far as the maximum consumption of oxygen VO_2 Max is concerned, it has been determined thanks to the test of navette de Leger. And the maximum alactic anaerobic strength has been evaluated according to the strength, speed test of Vandewalle.

Parallel to the laboratory and field investigations, we have proceeded to the measurement of the morphological parameters which are : size, weight, fat massy.

Through the analysis of the results obtained, significant changes have been noticed for the size between the 4th and 5th (fourth and fifth) stage of puberty (growth peak). Moreover, we have established a simultaneously important evolution of the physical indices of VO_2 Max and of the PMANA that have significantly, increased starting from the 3rd stage of puberty.

The estimation of the physical capacity by EUROFIT tests has demonstrated a noticeable progression in endurance result in the 3rd stage of puberty.

This result is significantly in concordance with the correlation values established between the performances realised in the laboratory and in the field.

The results obtained from the different indices of the investigation must serve as indispensable indicators in sports selection, training protocols, evaluation and follow-up.