

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE IBN BADIS DE MOSTAGANEM



INSTITUT D'EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE

THESE DE DOCTORAT
EN THEORIE ET METHODOLOGIE DE L'EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE

**« Effets de la déshydratation sur le développement des qualités
physiques spécifiques aux basketteurs Algériens de haut niveau »**

Cas de l'Equipe Nationale D'Algérie U21 Garçon

Présentée par : Mr BENSSETTI Mohamed Salah Eddine

Membre du jury:

Président : Pr Mohammed Sebbane

Directeur de mémoire : Pr Kada BELKEBICHE

Co – directeur de mémoire : Pr Abdellah MERZOUK

Examineur : Pr Mohamed Mehidi

Examineur : Dr Adda Ghoual

Examineur : Dr Mohamed Oudak

Examineur : Dr Noredine Seghier

ANNEE UNIVERSITAIRE 2020//2021

Dédicaces

Dédicaces

C'est avec un très grand plaisir et un grand honneur que je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents que j'aime plus que tout au monde et que dieu nous les garde

A ma chère femme que je remercie beaucoup d'avoir été à mes coté, d'avoir été patiente et de m'avoir soutenu pendant les moments les plus difficiles.

A mes adorables et chers enfants , Nour, zinedine, Meriem, Kawtar , zakaria et lynda

A ma sœur et mes frères, que j'aime énormément.

A toute ma famille BENSETTI et belle famille HADJ AKLI.

A la mémoire de mes chers et regrettés beaux parents que Dieu le tout-puissant les accueillent dans son vaste paradis

A mes amis et collègues Enseignants de l'université de Khemis miliana

A mes amis qui m'ont soutenu et aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail et je peut citer en particulier , Amine krideche , hamza abdenouz et amine chenief et almansba ramdane.

A toutes les équipes de basket-ball qui ont accepter de répondre à nos questionnaires et tous ceux qui ont accepté à réaliser les tests proposés, je cite particulièrement les joueurs du GSP et du Lycée sportif national de DRARIA en particulier.

Au professeur Kada Belkebiche qui a accepté de m'encadrer et qui m'a aider énormément à réaliser ce travail.

Au laboratoire APERE de l'université UPJV d'Amiens et plus particulièrement mon co-directeur Professeur abdellah Merzouk qui n'a pas hésité un instant pour m'assister et m'aider à la réalisation de ce document.

Remerciements

Remerciements

Je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force et la patience pour terminer ce travail.

Je remercie de tout cœur tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce modeste travail, et plus particulièrement :

Au Pr KADA Belkebiche qui a accepté d'encadrer ce travail et pour ses orientations et ses conseils précieux. Je lui présente toute ma gratitude pour toutes ses directives et tout le temps qu'il m'a consacré. Qu'il trouve ici l'expression de mes remerciements et de mon profond respect.

Au Pr Abdellah Merzouk co - directeur de thèse qui m'a accueilli au sein du laboratoire APER à Amiens pour toutes ses directives et tout le temps qu'il m'a consacré. Je lui suis très reconnaissant pour sa disponibilité, ses qualités pédagogiques et scientifiques. J'ai beaucoup appris à ses côtés et je lui adresse toute ma gratitude.

A mes collègues : Hamza Abdenouz et Amine Chenief pour leur soutien.

Au joueurs, staff et responsable du club de GSP et particulièrement à mon ami et assistant coach Amine Krideche pour m'avoir facilité la tâche et pour la réalisation de tous les tests notamment l'analyse statistique des données, ainsi qu'aux joueurs du lycée sportif national de Draria

Mes sincères remerciements s'adressent également :

Aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail ;

Qu'ils trouvent tous, ici l'expression de mes remerciements et de mon profond respect.

Sommaire

Sommaire	Page
Introduction.....	1
Chapitre 1 : Objectifs, hypothèses et Taches.....	5
1. Objectifs.....	6
2. Hypothèses.....	6
3. Taches.....	7
Chapitre 2 : Analyse bibliographique.....	8
1.La déshydratation et métabolisme de l'eau dans l'organisme.....	9
1.1. Notions générales.....	9
1.1.1. Eau et composition corporelle	9
1.1.2. L'eau et ses propriétés.....	10
1.1.3. L'osmose	10
1.1.4. Notion d'homéostasie, de molarité, d'osmolarité et d'osmolalité.....	10
1.1.4.1. L'homéostasie.....	10
1.1.4.2. La molarité.....	11
1.1.4.3. Osmolarité.....	11
1.1.4.4. Osmolalité.....	11
1.1.5. La pression hydrostatique et osmotique.....	12
1.1.6. Les solutions isotonique, hypertoniques et hypotoniques.....	13
1.1.6.1 Solution isotonique.....	13
1.1.6.2 Solution hypotonique.....	13
1.1.6.3 Solution hypertonique.....	13
1.2. . Définition et évaluation de l'état d'hydratation.....	13
1.2.1 Absorption de l'eau et répartition dans le corps.....	14
1.2.1.1. Les compartiments liquidiens.....	14
1.2.1.1.1. L'eau du compartiment intracellulaire.....	15
1.2.1.1.2. L'eau du compartiment extracellulaire.....	15
1.2.1.2 Régulation du volume cellulaire.....	16
1.3. Mesures des compartiments hydriques.....	16
1.3.1. Méthode de dilution de traceurs.....	16
1.3.2. Impédancemétrie.....	17
1.4. La Balance hydrique.....	18
1.4.1.Les apports.....	19

1.4.2. Pertes d'eau.....	20
1.4.2.1. Le système urinaire.....	21
1.4.2.1.1. Les reins.....	21
1.4.2.1.2. L'urine.....	22
1.4.2.1.3. Les pertes urinaires.....	22
1.4.2.2. La thermorégulation.....	22
1.4.2.2.1. La peau et les glandes sudorales.....	24
1.4.2.2.2 Production de sueur.....	25
1.4.2.3. La vidange gastrique.....	26
1.5. La déshydratation.....	26
1.5.1. Déshydratation isotonique.....	26
1.5.2. Déshydratation hypertonique.....	26
1.5.3. Déshydratation hypotonique.....	27
1.6. Marqueurs du statut hydrique.....	27
1.6.1. Eau corporelle totale.....	27
1.6.1.1. Les techniques de dilution.....	27
1.6.1.2. L'analyse par activation neutronique.....	28
1.6.1.3. L'impédancemétrie bioélectrique.....	28
1.6.2. Les indicateurs sanguins.....	30
1.6.2.1. Hématocrite et hémoglobine.....	30
1.6.2.2. Les concentrations plasmatiques en sodium.....	31
1.6.3. Les indicateurs urinaires.....	31
1.6.3.1. L'osmolalité urinaire.....	31
1.6.3.2. La densité urinaire.....	32
1.6.3.3. La conductivité électrique de l'urine.....	32
1.6.3.4. La couleur de l'urine.....	32
1.6.4. La variation de la masse corporelle.....	33
1.6.5. La salive.....	34
1.6.6. La soif.....	35
1.6.7. L'osmolalité des larmes.....	35
1.6.8. Evaluation du statut hydrique des sportifs.....	36
1.6.9. Individualisation des stratégies d'hydratation.....	37
- 1.6.10. Le calcul du taux de sudation.....	38
1.7 Qualités physiques et pertes hydriques chez les basketteurs de haut niveau.....	40

1.7.1. L'endurance en sport de haut niveau.....	40
1.7.2. Définitions.....	40
1.7.3. Notion d'endurance et de résistance	42
1.7.4. Les différentes formes d'endurance.....	43
1.7.4.1. L'endurance aérobie	43
1.7.4.2. L'endurance anaérobie.....	43
1.7.4.3. L'endurance force.....	43
1.7.4.4. L'endurance vitesse.....	43
1.7.4.5. L'endurance de courte durée (ECD).....	44
1.7.4.6. L'endurance de moyenne durée (EMD).....	44
1.7.4.7. L'endurance de longue durée (ELD).....	44
1.7.4.8. L'endurance musculaire (EM).....	44
1.7.4.8.1. L'endurance musculaire aérobie dynamique (EMAD).....	44
1.7.4.8.2. L'endurance musculaire aérobie statique (EMASD).....	44
1.7.4.8.3. L'endurance musculaire anaérobie dynamique (EMAND).....	45
1.7.4.8.4. L'endurance musculaire anaérobie statique (EMAS).....	45
1.7.5. Type d'endurance.....	45
1.7.5.1. L'endurance générale.....	45
1.7.5.2. L'endurance spéciale.....	45
1.7.6. Importance et objectif de l'endurance.....	46
1.7.7. Tâches de l'endurance générale et spéciale.....	46
1.7.7.1. Tâche de l'endurance générale.....	46
1.7.7.2. Tâche de l'endurance spéciale	46
1.7.8. Particularités physiologiques de l'endurance.....	47
1.7.9. Evaluation de l'endurance.....	48
1.7.9.1. Au laboratoire : - Mesure direct.....	48
- Mesure indirect.....	49
1.7.9.2. Sur terrain.....	49
1.8. La force	49
1.8.1. Définitions et généralités.....	49
- 1.8.1.1. La force générale.....	51
1.8.1.2. La force spécifique.....	51
1.8.1.3. La force statique.....	51
1.8.1.4. La force dynamique.....	51

1.8.2.Types de force.....	52
1.8.2.1. La Force maximale.....	52
1.8.2.2. La force vitesse.....	52
1.8.2.3. L'endurance – force.....	53
1.9. La vitesse	53
1.9.1. Définition de la vitesse.....	53
1.9.2. Les composantes de la vitesse.....	55
1.9.2.1. La vitesse de réaction.....	55
1.9.2.2. Vitesse de démarrage.....	55
1.9.2.3. Vitesse d'exécution.....	56
1.9.2.4. Vitesse d'accélération.....	57
1.9.5.5. Endurance vitesse.....	57
1.10. Définition du basket-ball.....	58
1.10.1. Les exigences et les caractéristiques physiques du basketball moderne.....	58
1.10.2. Types d'efforts en basketball.....	60
1.10.3. Profil morphologique du basketteur de haut niveau.....	61
1.10.4. Les contraintes énergétiques en basketball.....	61
1.10.5.. Qualités physiques des basketteurs.....	63
1.10.5.1. L'endurance spécifique du basketteur.....	64
1.10.5.2. La vitesse chez le basketteur.....	64
1.10.5.3. La détente chez le basketteur.....	64
1.11. L'hydratation chez le sportif de haut niveau.....	65
1.11.1. Rôle de l'exercice musculaire.....	65
1.11.2. L'hyperhydratation chez le sportif de haut niveau.....	67

Chapitre 3 : Organisation de la recherche

2.1 – Apport bibliographique	69
2.2 - Moyens et méthodes de la recherche.....	69
2.3. Echantillon d'étude	69
2.4. Matériel.....	70
- Balance médicale, l'ergotest. Tapis de bosco,	70

2.5. Méthodes.....	72
2.5.1. Méthode des tests.....	73
2.5.2. protocole 1 : squat jump.....	73
2.5.3. demi cooper ou test des 6 minutes.....	74
2.5.4. sprint sur 30 mètres.....	74
2.5.5. Protocole 4 : Test d'agilité T.....	75
2.5.6. Mesure de la masse corporelle.....	76
2.5.7. Mesure de la fréquence cardiaque.....	76
2.5.8. Mesure de la perception de l'effort à travers l'échelle RPE de Borg.....	77
2.5.9. Méthode de calculs statistiques.....	78
2.5.10. Méthode du questionnaire.....	79
2.6. Déroulement de la recherche.....	79

Chapitre 4 : Présentation et analyse des résultats

3.1. Résultats et Analyse de la 1ere manche	83
3.1.1. Résultats et analyse de la 1ere partie « pré – enquête ».....	83
3.1.2. Résultats de la 2 ^{ème} partie: « observation »	85
3.1.2.1. Résultats 1ere séance « pertes hydriques ».....	85
3.1.2.2. Résultats et interprétation du 1 ^{er} test.....	87
3.1.2.3. Résultats et interprétation du 2eme test.....	87
3.2. Résultats des tests de la 2eme manche	91
3.2.1. Résultats du test Squat Jump.....	91
3.2.2. Résultats du test de sprint sur 30 mètres.....	93
3.2.3. Résultats du test du demi cooper.....	95
3.2.4. Résultats du test d'agilité test T.....	97
3.2.5. Résultats des mesures de la variation de la masse corporelle (poids).....	99
3.2.6. Résultats des mesures de la fréquence cardiaque moyenne.....	99
3.2.7. Résultats du test RPE de Borg.....	100

Chapitre 5 : Discussion.....	102
Conclusion.....	107
Recommandations.....	111.
Annexes.....	114
Bibliographie.....	116

Liste des abréviations :

ACSM : American College of Sport Medecine
ATP : Adénosine Tri Phosphate
CE: Compartiment extracellulaire.
CI : Compartiment intracellulaire.
CO₂ : Gaz carbonique
FC : Fréquence cardiaque.
E : Évaporation
E.C.D : L'endurance de courte durée
ECT : Eau corporelle totale
EEC : Eau extracellulaire
EIC : Eau intracellulaire
E.L.D : L'endurance de longue durée.
EM : L'endurance musculaire
E.M.D : L'endurance de moyenne durée
EMAD : L'endurance musculaire aérobie dynamique
EMASD : L'endurance musculaire aérobie statique
EMAND : L'endurance musculaire anaérobie dynamique
EMAS : L'endurance musculaire anaérobie statique
ES/STS : École supérieure en science et technologie du sport
F.I.B.A : Fédération international du basket amateur
HR : Humidité relative de l'air.
I : Intensité
IBE : Impédancemètre bio -électrique
IBE-SF : (Tanita Body Composition Analyzer, modèle TBF-310) Modèle impédancemètre
INSEP : L'Institut national du sport, de l'expertise et de la performance
PMA : Puissance maximale aérobie
SBIE : modèle Xitron 4000 (Modèle impédancemètre).
SJ : Squat Jump
SNC : Système nerveux central
SNP : Système Nerveux Périphérique
Ta : Température ambiante
TC : Température centrale
Tcut : Température cutanée
tc : T calculé
tt : T tabulé
V_O 2max : Consommation maximale d'oxygène

Sommaire des Tableaux

Liste des tableaux

	Page
Tableau N° 1 : Mesure de la déshydratation selon (Sawka et coll,2007).....	18
Tableau N° 2 : Entrées et sorties d'eau Selon Ferguson D.B.(1988) Physiology for dental students . Ed. Wright, pages 14-23, London.....	18
Tableau N° 3 : Apport alimentaire de référence pour l'apport quotidien d'eau de l'Institute of Medecine, Washington DC, N. A. P., 2004).....	20
Tableau N° 4 : Exemple de calcul du taux de sudation de l'athlète.....	40
Tableau N° 5 : Mesure de l'intensité par la vitesse de course (Hernandez, galiano, 1987).....	62
Tableau N° 6 : Les pertes sudorales en sport de (Sawka et coll., 2007).....	66
Tableau N° 7 : Les besoins en eau selon la distance parcourue selon l'Institute of Medecine, Washington DC, N.A.P, (2004).....	67
Tableau N° 8 : Caractéristiques de l'échantillon de l'équipe du lycée National sportif de Draria.....	69
Tableau N° 9 : Caractéristiques de l'échantillon. GSP.....	70
Tableau N°10 : Résultats test T.....	76
Tableau N° 11 : Échelle RPE de Borg.....	77
Tableau N° 12 : Tests de la 1ere période : (Période préparatoire).....	80
Tableau N° 13 : Tests de la 2eme période : (Période compétitif).....	80
Tableau N° 14 : Tests de la 3eme période : (Période transitoire).....	81
Tableau N° 15 : Récapitulatif des résultats de l'ensemble des athlètes (100) pour les 10 équipes.....	84.
Tableau N° 16 : Résultats du questionnaire destiné aux entraîneurs.....	85

Sommaire des figures :

	Page
Figure N° 1 : Composition corporelle moyenne en eau.....	9
Figure N° 2 : Répartition de l'eau dans l'organisme.....	12
Figure N° 3 : Trajet de l'eau dans le corps humain.....	16
Figure N° 4 : balance médicale.....	70
Figure N° 5 : Le tapis de Bosco.....	71
Figure N° 7 : Cardiofréquencemètre.....	72
Figure N° 8 : Squat jump.....	73
Figure N° 9 : Test d'agilité « T test ».....	75
Figure N° 10 : Analyse de la pesée hydrique lors des séances étudiées.....	85
Figure N° 11 : Analyse des pertes hydriques des deux séances.....	86
Figure N° 12 : Analyse des distances effectuées lors du 1 ^{er} test au cours des deux sér.....	87
Figure N° 13 : Analyse du nombre de tirs et de la distance parcourue du test 2, série.....	88
Figure N° 14 : Analyse du nombre de tirs marqués et leur pourcentage du test 2, série 1.....	89
Figure N° 15 : Analyse du nombre de tirs et de la distance parcourue, test 2, série 2.....	89
Figure N° 16 : Analyse du nombre de tirs marqués et leurs % du test 2, série 2.....	90
Figure N° 17 : Les résultats du test de SJ période 1.....	91
Figure N° 18 : Les résultats du test de SJ période 2.....	92
Figure N° 19 : Les résultats du test de SJ période 3.....	93
Figure N° 20 : Résultats du Test de sprint sur 30 mètres période 1.....	93
Figure N° 21 : Résultats du Test de sprint sur 30 mètres période 2.....	94
Figure N° 22 : Résultats du Test de sprint sur 30 mètres période 3.....	94
Figure N° 23 : Résultats du Test du demi cooper (6 minutes) période 1.....	95
Figure N° 24 : Résultats du Test du demi cooper (6 minutes) période 2.....	96
Figure N° 25 : Résultats du Test du demi cooper (6 minutes) période 3.....	96
Figure N° 26 : Résultats du test d'agilité (T test) période 1.....	97
Figure N° 27 : Résultats du test d'agilité (T test) période 2.....	98
Figure N° 28 : Résultats du test d'agilité (T test) période 3.....	98
Figure N° 29 : Résultats de la variation moyenne du Poids des 3 périodes.....	99
Figure N° 30 : Résultats de la FC moyenne des 3 périodes.....	99
Figure N° 31 : Résultats du test RPE de Borg pour les 3 périodes.....	100

Introduction

Introduction

Nous avons tous un besoin commun, c'est celui de boire car le deuxième élément vital après l'oxygène est l'eau qui compose en moyenne 63% du corps humain. elle est répartie en un compartiment intracellulaire et un autre extracellulaire (**Eckaert et al.1995**).

L'eau occupe une place primordiale dans le fonctionnement de tous les systèmes du corps humain et assure plusieurs fonctions vitales cependant, elle occupe un rôle majeur dans le maintien de l'homéostasie cellulaire et vasculaire, le transport des nutriments, sert aux réactions biologiques (respiration, peau, digestion), l'élimination des déchets (sueurs, urines.) et la thermorégulation.

Dans les conditions normales, le contenu d'eau corporel est constant, la quantité d'eau ingérée est égale à la quantité éliminée, il s'agit cependant de la balance hydrique et pour assurer cet équilibre un réajustement aux besoins des sorties d'eau est appliqué par rapport à la soif installée, mais selon plusieurs études, quand on a soif il est un peu trop tard, car on est déjà déshydraté.

Selon (**Faes MC et coll. 2007**), pratiquement 80 % des apports hydriques journaliers proviennent de la nourriture le reste étant métabolique (endogène). Les pertes sont dues essentiellement à la transpiration, la respiration, la digestion et l'élimination rénale.

Les limites de l'adaptation de l'organisme pour compenser l'eau perdue par transpiration et à travers les urines sont rapidement atteintes surtout en cas d'effort intense et prolongé ou de forte chaleur.

Selon (**Guezenec, 2011**), la transpiration pourrait augmenter considérablement lors de l'effort physique pour atteindre 4l/h dans des conditions extrêmes. Ainsi, si l'apport hydrique ne compense pas les pertes liquidiennes, un état de déshydratation apparaît et une baisse des performances physiques et mentales pourrait être observée (**ACSM, 2007**).

Pour connaître les effets néfastes de la déshydratation sur la performance sportive, il va falloir évaluer l'effet de l'exercice et des séances d'entraînement sur le statut hydrique du sportif.

Il est à noter qu'une très grande difficulté est rencontrée lors de la mesure du statut hydrique du sportif cela est dû à la présence de l'eau dans les différents compartiments du corps humains et la complexité des trajets qu'elle emprunte par rapport aux multiples fonctions qu'elle assure en même temps. Cependant et selon (**Sawka et Chevront, 2005 ; Bartok, 2002**) les méthodes d'évaluation du statut hydrique varient considérablement en raison de leurs limites en matière d'application (Fiabilité), leur facilité d'utilisation, leurs coûts associés (simplicité), sachant que le choix d'une méthode d'évaluation adéquate du statut hydrique reste encore controversée dans la science des bilans hydriques (**Oppliger et Bartok, 2002**).

Lorsque l'effet de l'exercice physique sur le statut hydrique est recherché, la détermination de la masse corporelle avant et après l'exercice est le meilleur moyen pour quantifier les pertes hydriques afin de déterminer le volume exact de boisson à ingérer pendant la phase de réhydratation (**Sawka & Chevront, 2005 ; Harvey et al., 2008**).

Des études scientifiques ont confirmées la baisse de la performance liée à la déshydratation, elles s'accordent sur l'idée qu'une baisse d'1% du poids du corps entraîne une diminution de la performance de 10%, comme l'a évoqué (**Greenleaf et coll., 1986**)

La déshydratation chez le sportif de haut niveau est associée à un risque élevé de blessures, elle est une cause fréquente de contre performance Selon (**Greenleaf et coll., 1986**).

Sachant que les sportifs de haut niveau consacrent beaucoup de temps et d'efforts à perfectionner leurs gestes techniques, leurs conditions physiques, et leur préparation tactique, ils ne doivent pas pour autant négliger l'aspect nutritionnel notamment d'hydratation et leur gestion de la balance hydrique qui entre dans le cadre de leur récupération et qui influence directement leur performance.

Dans ce contexte, parfois, entraîneurs, athlètes, préparateurs physiques, sont confrontés à un échec sportif incompréhensible, il se pourrait qu'une mauvaise gestion de la balance hydrique pourrait justifier cet échec, elle peut être une cause d'une contre performance. Le basketball est un sport qui demeure en termes de popularité en évolution constante, où l'on ne compte pas moins de 450 millions de pratiquants dans le monde (**FIBA 2009**).

Eu égard à l'évolution importante de l'intensité et de la fréquence des actions de jeu en basketball, avec une augmentation de la durée des efforts et une diminution des temps de pauses, aujourd'hui les séances doivent être plus exigeantes, notamment, en engagement physique, car les athlètes doivent être capables de supporter des charges de travail plus dures et plus poussées du point de vue de la préparation athlétique.

Cet aspect intermittent du basketball, a été encore accentué par le changement du règlement de la discipline en 2001 à savoir, la règle des 24 et des 8 secondes, des 4 périodes de jeu de 10 minutes et des 5 temps morts par équipe (**Laroche et coll., 2001**).

Dans les sports collectifs, il est admis que le sportif a des possibilités limitées pour s'hydrater. Dans ce cas, l'athlète doit profiter des arrêts de jeu pour se réhydrater tout en prévoyant le volume à ingérer à chaque occasion (**Maughan & Shirreffs, 2010**). C'est le cas du basketball où il a la possibilité de s'hydrater durant les 5 temps morts pour chaque équipe, donc 10 pauses durant un match qui peut aller jusqu'à 81 minutes selon (**Travaillant et coll, 2003**).

On sait qu'en basketball et ce qui fait d'ailleurs sa particularité c'est la fin du match c'est à dire les dernières minutes du 4eme quart temps sont considérées comme des moments décisifs pour prendre le dessus et dominer l'adversaire ce qui nous mène à dire que jusqu'à la dernière seconde du match ou de la compétition, le jeu reste intense au maximum et tous les aspects de la performance doivent être étudiés à l'entraînement et minutieusement préparés pour éviter l'échec, et parmi ces aspects, une stratégie hydrique doit être mise en place afin d'optimiser le bon fonctionnement des capacités physiques de chaque athlète. On peut dire donc que les qualités physiques les plus sollicitées chez les basketteurs sont la vitesse avec ses différentes variantes, la force sous différentes formes, ex : force explosive (détente) et l'adresse. Le tout doit reposer sur une bonne endurance (générale et spéciale) pour tenir jusqu'à la fin du match, en prenant en considération leur perte hydrique, afin de la compenser et même l'anticiper .

Les pertes hydriques chez les basketteurs sont très importantes selon (**Broad EM. 1996**). Elles sont situées entre 1,4 l/h et 1,6 l/h, ce qui demande une prise en charge sérieuse par l'adoption de stratégies bien définies pour la compenser à l'entraînement comme en compétition, surtout chez nous en Algérie, où généralement, le climat est tempéré et plutôt chaud (8 mois/12).

Ce travail de thèse a pour ambition de répondre à la question principale à savoir comment le développement des qualités physiques spécifiques au basketball est influencé par la déshydratation et quelle est sa conséquence sur la capacité de performance de l'athlète ? et par là à montrer l'importance d'une bonne hydratation à travers l'observation des effets de la déshydratation sur ces qualités physiques spécifiques au basketball en essayant de transmettre un message clair, afin de mettre en place des stratégies et des plans hydriques pour un objectif double, à savoir atteindre la performance et préserver la santé de nos athlètes.

Dans ce contexte, nous avons proposé dans un premier temps, un questionnaire destiné à 10 équipes de ligue1 du championnat d'Algérie de basketball garçons ou 100 basketteurs et 10 entraîneurs ont été interrogés sur l'importance donnée à notre sujet (l'hydratation).

Lors d'une première manche de l'étude, nous avons recherché à comparer les performances d'endurance chez le basketteur et voir les conséquences d'une déshydratation par rapport à des sujet normalement hydratés et d'autres déshydratés, plusieurs tests ont été réalisés

La deuxième manche a été consacré à observer les effets de la déshydratation sur le développement de la vitesse et le développement de la force chez nos basketteurs.

Le déroulement de notre travail de recherche est réparti en quatre (4) chapitres :

Le 1^{er} chapitre concerne l'analyse bibliographique ou nous avons traité des généralités sur l'eau, l'hydratation et la déshydratation, les mécanismes, la balance hydrique et sa mesure lors de la 1ere partie, et dans la 2eme partie on a abordé des généralités sur les grands axes des qualités physiques générales à savoir, l'endurance, la force et la vitesse ainsi que les exigences du basketball en termes de qualités physiques spécifiques

Le 2^{ème} chapitre relatif à la méthodologie de la recherche, constitué d'apport bibliographique les hypothèses, , les objectifs, les tâches, les moyens et les méthodes utilisés dans la réalisation de ce travail dont l'échantillon, le matériel, les tests, les mesures ainsi que le déroulement de la recherche.

Le 3^{ème} chapitre est réservé à la présentation des résultats des tests choisis pour notre étude et l'analyse à travers la comparaison entre les différents résultats obtenus.

Quand au 4^{ème} et dernier chapitre on l'a réservé à la discussion générale des résultats mettant en évidence les aspects les plus significatifs des paramètres étudiés.

Chapitre 1

Objectifs, hypothèses et taches

2.1 Objectifs :

Nos objectifs principaux :

- L'objectif de cette étude est d'observer et de vérifier l'effet de la déshydratation par rapport à la performance de certaines qualités physiques spécifiques au basketball et chez le basketteur de haut niveau et déterminer l'effet également de la déshydratation sur la variation de la masse corporelle, de la FC et sur la perception de la fatigue, les comparer aux différentes études qui ont été menées jusqu'à présent et d'essayer de donner des recommandations adéquates pour un objectif double , atteindre la performance et préserver la santé des athlètes.

2.2. Hypothèses :

- 1 - Nous supposons que les basketteurs Algériens de haut niveau ne donnent pas une grande importance aux aspects hydriques par le remplacement des fluides nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme.
- 2 - Nous supposons qu'à travers les tests physiques réalisés sur un groupe d'athlètes de haut niveau durant les 3 grandes phases de la saison (préparatoire, compétitif et transitoire) nous indiquent que la déshydratation affecte négativement le processus de développement des capacités d'endurance chez le basketteur.
- 3 -Nous supposons qu'à travers les tests physiques réalisés sur un groupe d'athlètes de haut niveau durant les 3 grandes phases de la saison (préparatoire, compétitif et transitoire) nous indiquent que la déshydratation affecte négativement le processus de développement des capacités de détente verticale chez le basketteur.
- 4 -Nous supposons qu'à travers les tests physiques réalisés sur un groupe d'athlètes de haut niveau durant les 3 grandes phases de la saison (préparatoire, compétitif et transitoire) nous indiquent que la déshydratation affecte négativement le processus de développement de la vitesse chez le basketteur.

- 5 Nous supposons aussi que la déshydratation chez le basketteur a une grande influence sur la perte de la masse corporelle, sur l'augmentation de la FC et également sur la perception de la fatigue.

2.3 Taches :

Pour l'accomplissement des objectifs cités ci-dessus, nous nous sommes fixés les principales taches qui sont mentionnées ci-dessous :

- Passer en revue le champ bibliographique pour recueillir le maximum de données théoriques relatives à notre étude, cette revue bibliographique nous servira de référence pour la discussion de nos résultats expérimentaux.
- Etude descriptive à travers un questionnaire destiné à 100 athlètes et 10 entraîneurs des équipes de 1ere division du championnat Algérien de basketball Masculin.
- Réalisation de tests pour la comparaison entre les pertes hydriques avant et après les séances prévues dans les deux cas de figure (normalement hydraté et à jeun)
- Réalisation de tests dans les mêmes conditions de course navette (2x40 secondes) et le test d'endurance tirs (2x50 secondes).
- Réalisation des tests et re-tests de la détente verticale à travers le test du Squat Jump (SJ).
- Réalisation des tests et re-tests du test de course sur 30mètres pour l'évaluation de la vitesse
- Réalisation des tests et re-tests du ½ cooper pour l'évaluation de l'endurance.
- Réalisation des mesures de la pesée avant et après chaque séance de test.
- Réalisation des mesures de la Fréquence Cardiaque (FC) après chaque test
- Réalisation des tests et re-tests pour la mesure de l'agilité
- Réalisation du test de Borg durant les 3 phases de la saison.
- Comparaison entre les différents tests durant les 3 périodes de la saison.

Chapitre 3

Analyse bibliographique

Chapitre 3 : Analyse bibliographique

1. La déshydratation et métabolisme de l'eau dans l'organisme.

1.1. Notions générales.

1.1.1. Eau et composition corporelle :

Le milieu intérieur dans lequel sont incluses les cellules de l'organisme est constitué principalement d'eau. En effet, l'eau qui représente 50-70% de la masse corporelle (**Adolf, 1933**), chez la plupart des auteurs il est de 63% chez l'homme adulte, elle est répartie en un compartiment intracellulaire et un autre extracellulaire selon (**Eckart et al., 1995**)

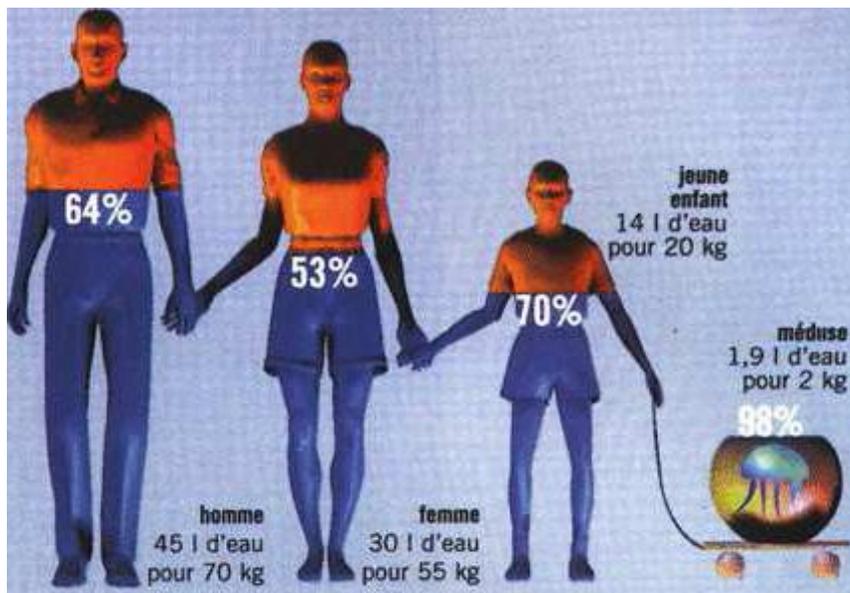


Figure 1: composition corporelle moyenne en eau.

Selon (**Armstrong et coll. 2006**) l'eau est répartie dans deux compartiments, 2/3 dans le compartiment intracellulaire et 1/3 dans le compartiment extracellulaire.

Selon (**Mange K., 1997**), 2/3 d'eau corporelle se trouvent dans le secteur intracellulaire (au niveau des cellules) et 1/3 dans le secteur extracellulaire, qui comprend lui même le secteur interstitiel à 75% et le secteur vasculaire (eau plasmatique) à 25% .

Donc, l'eau du compartiment cellulaire est l'eau constitutive de chacun de nos cellules et vu le nombre de celles-ci, il est normal que cette eau intracellulaire représente 60% de l'eau totale

, soit environ 40% du poids du corps et que l'eau du compartiment extracellulaire représente les 40% restants.

L'eau est essentiellement distribuée dans la masse maigre, où elle est en proportion assez constante, autour de 73 %, (**selon Ritz .P. 1998**) dans les conditions physiologiques habituelles, elle est presque absente dans la masse grasse.

La teneur en eau chez les êtres humains est très variable, elle dépend de l'âge car selon (**Ritz, 2001**), les valeurs absolues des compartiments hydriques diminuent avec le vieillissement physiologique, sans altération naturelle des proportions entre les différents compartiments.

1.1.2. L'eau et ses propriétés :

L'eau assure plusieurs fonctions, elle joue un rôle de solvant car elle participe à de nombreuses réactions chimiques (hydrolyse), rôle de transport car elle assure le transit de certaines substances dissoutes nécessaires aux cellules ce qui permet l'élimination des déchets métaboliques (urines) et assure un maintien de la température (thermorégulation) et sert de lubrifiant (liquide synovial au niveau des articulations)...(**Marie claud Moncet, biologie fondamentale, 2014**)

1.1.3. L'osmose :

L'osmose est un mouvement d'eau à travers une membrane semi-perméable (perméable uniquement au solvant) du compartiment le moins concentré en particules en solution vers le compartiment le plus concentré en particules en solution donc le moins concentré en solvant cela veut dire que l'eau passe de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée pour égaliser les concentrations des solutés (**Marie claud Moncet,biologie fondamentale, 2014**).

1.1.4. Notion d'homéostasie, de molarité, d'osmolarité et d'osmolalité :

1.1.4.1.L'homéostasie :

C'est la capacité de l'organisme à maintenir une stabilité relative du milieu interne malgré les changements de l'environnement. En effet, les conditions internes peuvent varier dans des

limites relativement étroites, que l'homéostasie maintient. C'est un phénomène commun à tous les organismes. L'homéostasie agit aussi au niveau cellulaire en maintenant les conditions intracellulaires³. Un grand nombre de mécanismes corporels doit être finement régulé pour conserver une constance interne. Ces mécanismes mettent souvent en jeu un contrôle tant hormonal que nerveux.

1.1.4.2. La molarité :

La molarité appelée aussi concentration molaire d'une solution est égale au nombre de mole de soluté par litre de solution, elle s'exprime en mole par litre (mol/l)

1.1.4.3. Osmolarité :

L'osmolarité est le nombre de mole de toutes les particules dissoutes par litre de solution, sans distinction du type de particules. Elle s'exprime en osmole par litre (osm/l) c'est la concentration des particules osmotiquement actives en mmol/L. Elle prend en compte la masse du solvant (% des grammes occupés par la solution).

Elle peut modifier le comportement physique du liquide, Exemple : utilisation du sel pour abaisser le point de congélation pour réduire le verglas en hiver.

Les électrolytes sont les acteurs essentiels de l'osmolarité, leur place en masse est très faible (moins de 10% dans le plasma). Ce sont leurs propriétés qui les rendent importantes. Une boisson est isotonique lorsque la quantité de molécules est identique au plasma. Elle est hypertonique quand son osmolarité est supérieure à celle du plasma et elle est hypotonique, lorsqu'elle est inférieure. Il faut retenir qu'entre 2 solutions d'osmolarité différentes, il se crée un gradient de concentration et que l'eau va de la moins basse à la plus haute osmolarité.

1.1.4.4. Osmolalité :

L'osmolalité d'une solution dépend du nombre total de particules dans la solution chimique (**Bhagat et al., 1984**). L'osmolalité plasmatique est généralement déterminée par la méthode de cryoscopie sur un osmomètre. Les valeurs de référence de l'osmolalité plasmatique sont d'environ 275-300 mOsm·kg⁻¹ (**Nirmalani et al., 2006**).

L'osmolalité plasmatique est positivement corrélée avec l'état d'hydratation. En effet, elle augmente lorsque le sujet est déshydraté et diminue lorsqu'il est normo-hydraté (**Minton & Eberman, 2009**). Les études antérieures ont rapporté que l'osmolalité plasmatique est un marqueur de référence pour l'évaluation du statut hydrique (**Oppliger & Bartok, 2002 ; Armstrong, 2005 ; Minton & Eberman, 2009**). Cependant, (**Popowski et al. 2001**) ont montré que l'osmolalité plasmatique ne constitue pas un bon indicateur du statut hydrique pendant la phase de réhydratation suite à un exercice provoquant un état de déshydratation, les changements de posture également peuvent influencer les mesures de l'osmolalité plasmatique (**Pelly et al., 2011**). Il est à noter selon (**Oppliger et Bartok, 2002**), la mesure de l'osmolalité plasmatique peut être dangereuse car il y a un risque d'infection, des ecchymoses, etc... Elle est aussi coûteuse, ce qui limite son application dans le domaine sportif pour surveiller régulièrement l'état d'hydratation des athlètes.

1.1.5. La pression hydrostatique et osmotique :

- La pression hydrostatique est la pression qu'exerce l'eau sur la surface d'un corps immergé.
- La pression osmotique est la pression minimale induite par une force qui permettrait d'empêcher la migration de l'eau d'un compartiment à l'autre.

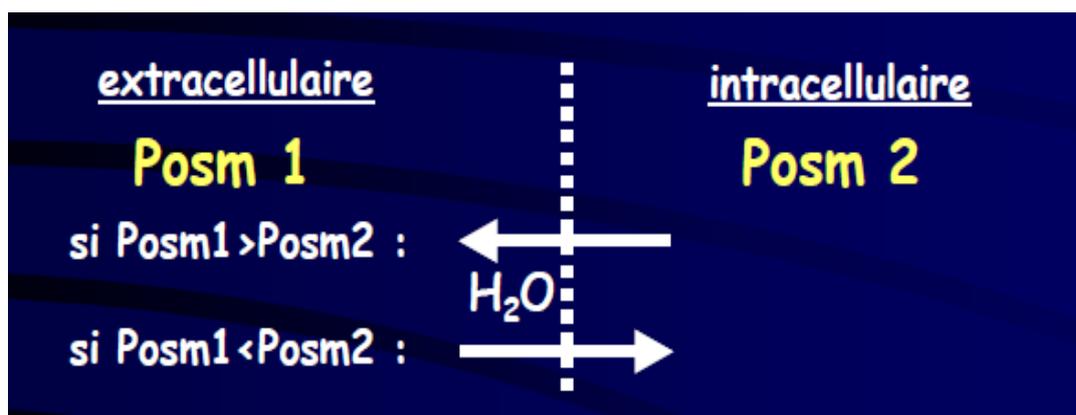


Figure 2 : Echange d'eau suivant la pression osmotique

1.1.6. Les solution isotonique, hypertoniques et hypotoniques :

Les protéines et (certains ions) ne peuvent pas traverser la membrane plasmique des cellules leurs concentrations respectives dans et à l'extérieur des cellules peuvent entrainer un mouvement d'eau de part et d'autre de la membrane. Le fait de changer le volume interne d'eau de la cellule est appelé **tonicité** .

1.1.6.1.Solution isotonique

Par rapport au milieu intracellulaire , c'est une solution qui contient la même concentration d'espèces osmotiquement actives (particules) que la cellule. Ce genre de solution n'engendre pas de mouvement d'eau.

1.1.6.2. Solution hypotonique :

Par rapport au milieu intracellulaire c'est une solution extérieure qui entraine une augmentation du volume cellulaire par entrée d'eau, elle serait efficace pour réhydrater une cellule.

1.1.6.3. Solution hypertonique :

Par rapport au milieu intracellulaire c'est une solution extérieure qui entraine une diminution du volume cellulaire par sortie d'eau (rétention).

1.2. Définition et évaluation de l'état d'hydratation :

L'eau est le composé alimentaire le plus abondamment consommé. c'est un des constituants les plus difficiles à mesurer en valeur absolue avec des méthodes conservatrices, la pesée est une méthode simple et très fiable d'évaluation de l'eau d'un corps,(**Ritz.P, 2004**)

En pratique non clinique, l'appréciation de l'état d'hydratation est reliée à la performance fonctionnelle (dans le domaine du sport, par exemple) et à l'évaluation de la composition corporelle. (**Ritz.P, 2004**), C'est probablement dans ce domaine que les mesures sont les plus

fiables. On peut apprécier qualitativement un état d'hydratation à travers quelques signes, tels que la couleur des urines, l'aspect de la peau, des muqueuses, mais mesurer avec précision les compartiments hydriques reste tout de même difficile, vu la complexité de la mesure des différents compartiments selon (**Ritz.P,1998**). La quantité d'eau est une proportion variable du poids du corps. elle varie selon l'âge et peut représenter environ 75 % du poids du corps chez un nouveau-né. Les valeurs absolues des compartiments hydriques diminuent avec le vieillissement physiologique, sans altération naturelle des proportions entre les différents compartiments (**Ritz.p, 2001**). Elle est essentiellement distribuée dans la masse non grasse où elle est en proportion assez constante (autour de 73 % selon (**Ritz.p, 1998**)) dans les conditions physiologiques habituelles.

1.2.1. Absorption de l'eau et répartition dans le corps :

1.2.1.1. Les compartiments liquidiens :

L'eau est diffusée dans tout l'organisme humain, mais n'est pas répartie uniformément. On distingue deux grands compartiments : le compartiment intracellulaire 2/3 de l'eau corporelle totale et le compartiment extracellulaire. 1/3 de l'eau corporelle totale selon (**Armstrong et coll. 2006**)

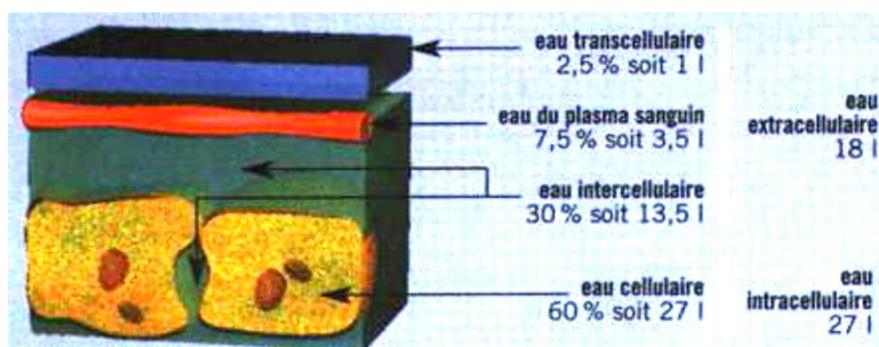


Figure n° 3 : Répartition de l'eau dans l'organisme.

1.2.1.1.1. L'eau du compartiment intracellulaire :

Le compartiment intracellulaire représente le constitutif de toutes les cellules de l'organisme. Son importance tient au fait, que tous les processus biochimiques de la vie des cellules doivent se dérouler en ambiance aqueuse. Ce rôle primordial explique qu'il soit protégé. Elle représente 60 % de l'eau corporelle totale, soit environ 40 % du poids du corps. Elle est constituée du liquide plasmatique et du liquide interstitiel. Après ingestion, l'eau est absorbée par l'intestin grêle. Elle pénètre ensuite dans le système vasculaire, va dans les espaces interstitiels et elle est véhiculée jusqu'à chaque cellule. On la retrouve dans le sang seulement 5 minutes après ingestion selon (**Péronnet et coll. 2012**).

L'eau se déplace librement dans le compartiment interstitiel et à travers les membranes cellulaires via des voies spécifiques à l'eau, les aquaporines. Les échanges liquidiens entre les compartiments sont régulés par la pression osmotique et hydrostatique, et l'eau circule au gré des changements d'osmolalité du liquide extracellulaire (**Marieb & Hoehn 2013**).

1.2.1.1.2. L'eau du compartiment extracellulaire :

Elle est composée du secteur circulant qui participe aux échanges rapides d'eau entre le milieu intérieur et l'environnement par le biais de l'élimination rénale, de la respiration et de la sudation. Toute variation rapide de ce milieu retentit sur les conditions circulatoires et les performances de la pompe cardiaque. Le secteur extracellulaire joue le rôle de tampon entre les variations rapides sous l'effet de l'environnement et le stock d'eau totale.

L'eau extracellulaire représente 40 % de l'eau corporelle totale répartie en : Eau du plasma ou eau plasmatique, elle représente 7,5 % du poids du corps, Eau interstitielle ou inter cellulaire, celle qui se trouve entre les cellules, car il existe de petits espaces entre elles. Son pourcentage est de 30 % du poids du corps et l'eau des liquides particuliers, tel que le liquide tel que le liquide céphalorachidien qui représente 2,5 % du poids du corps.

1.2.1.2. Régulation du volume cellulaire

Pour maintenir son équilibre hydrique , le corps renouvelle son eau par ingestion pour compenser les pertes constantes auxquelles il fait face. Selon(**Meyer, 1983**), Les membranes des cellules chez l'être humain ont la propriété d'être flexibles, leur volume est susceptible de varier en fonction de l'osmolalité du liquide extracellulaire. Ainsi, lorsqu'elle rencontre un milieu extracellulaire hypotonique, la cellule gagne de l'eau par osmose et gonfle (on dit qu'elle est turgescente).

A l'inverse, lorsqu'elle est dans un milieu hypertonique, la cellule va perdre de l'eau et va rétrécir, la membrane va se résorber (plasmolyse). Lorsqu'une cellule est turgescente, ce phénomène s'accompagne d'une sortie de particules osmotiquement actives et d'une sortie d'eau, ce qui permet à la cellule de retrouver son volume initial

1.3. Mesure des compartiments hydriques :

1.3.1. Méthode de dilution de traceurs :

Ces techniques reposent sur le principe de dilution, en administrant une dose connue de traceur dans un volume à déterminer, où cette dose se dilue de façon uniforme, la mesure de la concentration de traceur permet de calculer le volume de dilution. Selon (**Ritz P. 1998**), Un certain nombre de règles doivent être respectées quant à la qualité du traceur et aux conditions de mesure. Les traceurs utilisés pour l'eau corporelle totale sont essentiellement l'eau enrichie l'isotope d'oxygène 18 (O18). La technique est simple, un échantillon d'urine, de salive ou de plasma est prélevé à un patient, celui-ci absorbe une dose d'eau contenant l'isotope, variant entre 10 et 30 grammes, et de nouveaux échantillons sont prélevés entre 4 et 6 heures après administration de la dose (**Vache et coll., 1995**). Les mesures d'enrichissement isotopique sont réalisées par spectrométrie de masse ou par spectrométrie infrarouge. Les variations du volume plasmatique peuvent être estimées par l'équation de(**Hill et Costill, 1975**), à partir de 2 prélèvements sanguins. Cela suppose que pendant le temps de l'évaluation, les

concentrations d'hémoglobine et l'hématocrite n'aient pas d'autre raison de changer que la variation du volume plasmatique. Les variations évaluées avec cette équation sont très similaires à celles estimées avec la dilution de traceurs (**Fellmann N. et coll., 1999**). Ces méthodes de dilution pour évaluer les différents compartiments hydriques de l'organisme restent d'utilisation très rigoureuse et très coûteuse.

1.3.2. Impédancemétrie :

Le principe de base est simple, la résistance au passage d'un courant alternatif de très faible intensité est inversement proportionnelle au volume conducteur. En fonction de la fréquence utilisée (on parle alors d'impédance multiple fréquence) différents volumes peuvent être évalués. A basse fréquence, le volume extracellulaire peut être évalué. A plus haute fréquence (> 50 kHz et au mieux supérieure à 100 kHz), l'eau corporelle totale peut être évaluée.

L'impédancemétrie est une méthode de réalisation très simple. Le patient doit reposer en position allongée, au minimum une demi-heure afin d'assurer un bon équilibre entre les différents secteurs hydriques. Des électrodes cutanées sous forme de pastilles sont collées au niveau de la main et du pied. Alors, la mesure ne prend que quelques secondes.

(**Vache et coll., 1998**) ont montré une bonne validité de cette méthode. Ce que l'impédancemétrie estime (la résistance) est au mieux comparée par sa dérivée (volume conducteur d'eau) par rapport à la dilution isotopique. Différents auteurs ont ainsi établi une série d'équations simples qui restent valides, quel que soit l'état d'hydratation (**Ritz P, 2001**).

Comme le montrent les paragraphes précédents, il y a une grande différence entre apprécier qualitativement un état d'hydratation (couleur des urines, aspect de la peau, des muqueuses, natrémie) et mesurer avec précision les compartiments hydriques sachant que l'eau est la molécule, la plus abondante de l'organisme. La difficulté de quantifier ces liquides réside dans les facteurs de variations de ces compartiments.

En conclusion, L'état d'hydratation est apprécié de façon qualitative et simple par des mesures dont la fiabilité n'est pas toujours avérée (couleur des urines). La mesure des compartiments hydriques permet une évaluation objective de l'état d'hydratation.

Selon (**Sawka et coll., 2007**), la mesure de la déshydratation a été résumée sur le tableau suivant :

Mesure	Pratique	Seuil d'hydratation
Eau corporelle totale	Difficile	< 2%
Osmolalité plasmatique	Moyen	< 290 m osmol
Gravité spécifique des urines	Facile	< 1,02 g/ ml
Osmolalité urinaire	Facile	< 700 m osmol
Masse corporelle	Facile	< 1%

Tableau n°1 : Mesure de la déshydratation selon (Sawka et coll,2007)

1.4. La Balance hydrique

ENTREES	GAINS D'EAU	--	SORTIES	PERTES D'EAU
Boissons	1,5 L	--	Pertes urinaires	1,5L
Aliments	1,0 L	--	Evaporation et sueur	0,7L
Eau métabolique	0,3L	--	Expiration avec l'air	0,5L
	2,8L			2,8L

Tableau 2. Entrées et sorties d'eau Selon Ferguson D.B.(1988) Physiology for dental students . Ed. Wright, pages 14-23, London

La quantité d'eau présente dans l'organisme reste relativement stable au cours du temps. Bien que des quantités considérables d'eau soient perdues au cours de l'activité physique, l'absorption appropriée de liquides restaure rapidement les déséquilibres des niveaux liquidiens de l'organisme.

1.4.1. Les apports :

Les apports parviennent généralement des boissons et des aliments (exogènes) et issus du métabolisme cellulaire (endogènes) . Pratiquement, 80% des apports hydriques journaliers proviennent de la nourriture (boissons et aliments), selon (**Eckaert,1995**), les entrées d'eau sont représentées par l'eau de l'alimentation, la synthèse d'eau endogène (l'eau métabolique provenant des réactions de dégradation) et celle des boissons, alors que les sorties d'eau sont représentées par les pertes obligatoires en l'occurrence les pertes digestives et la transpiration. selon (**Faes MC et coll., 2007**). L'apport hydrique quotidien est au minimum 1,2 l plus 15 ml par kg de masse corporelle selon (**Weinberg et coll., 1995**). Selon (**Ferry M., 2005**), 700 à 800 ml proviennent de boissons comme l'eau, le thé, la soupe, les jus de fruits et le lait. La consommation de fruits et de légumes frais compensera la différence. L'apport hydrique minimal doit être augmenté en cas de température ambiante élevée ou de fièvre. Les besoins en eau en cas de fièvre augmentent de 0,5 l par degré au dessus des 38°C selon (**Ferry M., 2005**).

En **2004**, le **National Academy Press** de l'Institut de Médecine de Washington DC, a publié des recommandations générales concernant l'apport quotidien total d'eau. On estime qu'environ 80 % de l'apport de liquides sont constitués d'eau potable et d'autres boissons, alors que 20 % proviennent de la nourriture. En fonction de ces estimations, les recommandations en matière d'hydratation peuvent être traduites par 9 tasses de boissons par jour pour les femmes et par 13 tasses pour les hommes.

L'activité physique et les conditions environnementales ont une influence considérable sur les besoins en eau. Les apports alimentaires de référence ne doivent pas être interprétés comme une exigence explicite, et des apports plus élevés d'eau seront nécessaires pour les personnes qui font de l'activité physique ou qui sont exposées à des environnements chauds selon toujours cet institut.

Age et sexe	Quantité totale d'eau (provenant de boissons et d'aliments)	Estimation de l'apport d'eau provenant d'eau et de boissons (80% du total)
Femme de 19 ans et plus	2,7 L	9 tasses (2,2L)
Homme de 19 ans et plus	3,7 L	13 tasses (3 L)

Tableau N°3 : Apport alimentaire de référence pour l'apport quotidien d'eau de l'Institute of Medecine, Washington DC, N. A. P., 2004).

D'autres recommandations selon (M.E. Shills, Lippincott, Williams & Wilkins, 2006) pour la réhydratation durant l'exercice sont de consommer une quantité de liquide égale à celle perdue par transpiration durant l'exercice. Selon (Holliday et Segar, 1957), le principal déterminant des besoins en eau semble être métabolique, mais l'estimation réelle en eau est très variable et complexe et comme indiqué dans les ANC (Apports Nutritionnel Conseillé, 1989), établir une recommandation qui répond aux besoins de tous est impossible.

1.4.2. Pertes d'eau :

L'urine et la sueur sont les principales sources de pertes d'eau pour le corps. Ces pertes varient selon la consommation de liquides, l'alimentation, le niveau d'activité physique et la température ambiante. On peut citer la perte d'eau aussi par évaporation au niveau de la peau (perspiration, qui peut être négligeable et insignifiante jusqu'à la sudation intensive pendant une activité physique intense), par les voies respiratoires (humidification de l'air qui peut aussi être à son minimum au niveau de la mer et au repos, jusqu'à de fortes pertes en altitude ou dans les pays chauds et secs, ou après une activité physique intense). Donc, les pertes sont principalement urinaires, cutanées à travers la transpiration surtout en atmosphère chaude et en cas d'exercices intenses et prolongés, digestives à travers les matières fécales et pulmonaires. A cet effet, nous allons nous étaler sur le système urinaire, la thermorégulation, la vidange gastrique et l'absorption intestinale.

1.4.2.1. Le système urinaire

Le système urinaire regroupe les fonctions de production, stockage et évacuation de l'urine. Il est constitué par les reins, les uretères, la vessie, l'urètre et le méat urinaire .

Les reins assurent la filtration du sang et le maintien de l'homéostasie — l'équilibre acido-basique et l'équilibre des concentrations des différents électrolytes. Les reins sont deux organes en forme de haricots d'une dizaine de centimètres. Ils sont situés à l'arrière de l'abdomen, près de la colonne vertébrale. Les résidus de filtration et l'excès d'eau forment l'urine.

Les uretères sont deux canaux collectant l'urine au niveau des reins pour l'acheminer jusqu'à la vessie. Ils mesurent un peu moins de trente centimètres de long chez l'adulte. Leurs parois contiennent des fibres musculaires lisses qui se contractent pour éviter les reflux vers les reins. L'urètre relie la vessie au méat urinaire. Sa forme varie selon le sexe du fait des liens avec l'appareil reproducteur. Un ensemble de muscles situé au niveau de la liaison avec la vessie permet de fermer l'urètre (les sphincters), il est responsable de l'évacuation des produits du catabolisme du corps humain sous forme liquide (l'urine) et assure par conséquent, l'épuration du sang ainsi que le maintien de l'homéostasie au sein de l'organisme. Il est responsable du réglage du volume d'eau plasmatique, de la concentration en ions du plasma, des acides et des bases nécessaires au maintien du pH sanguin. Le système urinaire comprend des organes (les reins), différentes structures (la vessie, l'urètre et l'uretère) et de nombreux vaisseaux sanguins permettant d'éliminer les déchets azotés produits par le métabolisme cellulaire (une substance toxique pour le corps si elle est très concentrée). On doit donc l'éliminer, sous forme d'urée. L'urée voyage dans le système circulatoire jusqu'au rein, où le sang est filtré. L'urée ainsi qu'un peu d'eau se retrouve dans le rein lui-même, puis descend l'uretère jusqu'à la vessie, où l'urine est stockée. Lorsqu'accumulée en grande quantité dans la vessie, (sa capacité est d'environ 200 ml à 500 ml). l'urine descend l'urètre vers l'extérieur du corps.

1.4.2.1.1. Les reins :

Ils sont situés dans l'abdomen et leurs fonctions principales est l'équilibre hydrique, électrolytique et acido-basique, car ils assurent la constance de l'eau dans l'organisme (équilibre hydrique), ainsi que la constance des concentrations en électrolytes (ions) du sang, le contrôle de la pression artérielle, par la production d'une « enzyme » (la rénine) et

participent au maintien du PH sanguin. Les reins ont un rôle très important dans l'équilibre hydrominéral car ils maintiennent l'équilibre entre les apports et les dépenses d'eau, cet équilibre est fondamental à travers l'augmentation des apports d'eau (boissons) qui se traduit par l'augmentation du volume d'urine émis, qui est la diurèse et inversement. Les reins sont constitués de très petits éléments appelés néphrons, environ un millions par reins. Les néphrons servent à élaborer l'urine.

Selon (**Jeremy Laforet, 2010**), Il faut 30 min aux reins pour évacuer un excès d'eau et la diurèse est maximum 1h après l'ingestion d'eau et elle est minimum 3 h plus tard.

1.4.2.1.2. L'urine :

Elle est constituée en majeure partie d'eau 95%, elle est concentrée en déchets (environ 4%) qui sont principalement constitués d'urée, on trouve également dans l'urine de l'ammoniaque, de l'acide urique, de la créatinine, et de nombreux autres déchets. En moyenne, les reins produisent 1,5 litre d'urine chaque jour, l'eau est éliminée dans les quatre heures qui suivent sa consommation selon (**M. Dahan ,1998**).

1.4.2.1.3. Les pertes urinaires :

Les pertes urinaires sont régulées par la fonction rénale qui vise la régulation des volumes de liquides du corps et l'élimination des déchets provenant de l'alimentation et du métabolisme. La concentration urinaire peut varier de 250 mOsm·kg/1 à 800 mOsm·kg /1(**Perucca et coll. 2007**).

1.4.2.2. La thermorégulation :

Les échanges de chaleur entre la peau et l'environnement sont influencés par un ensemble de paramètres, tels que la température ambiante (Ta), l'humidité relative de l'air (HR), le rayonnement, la vitesse de l'air, les vêtements et l'activité du sujet (**Hodder & Parsons 2007; Parsons 1999**). À l'exercice, tout travail physique s'accompagne d'une chaleur métabolique produite par la dégradation des substrats énergétiques et liée aux frottements mécaniques issus du mouvement. Ainsi, les transferts de chaleur de l'organisme vers l'environnement facilitent la perte globale de chaleur. La chaleur produite par l'organisme est

transférée au niveau des vaisseaux sanguins vers la peau, où elle est évacuée dans l'environnement pour éviter une élévation de la TC. Si la production de chaleur métabolique ne peut être dissipée, elle va s'accumuler et ainsi atteindre le noyau thermique. Avec l'augmentation progressive de la TC, sans moyen de dissipation de la chaleur, il y a un risque d'hyperthermie. Par ailleurs, la chaleur ambiante peut également s'ajouter à la charge de chaleur métabolique lorsque la température ambiante (T_a) est supérieure à TC. En effet, il a été montré que l'exposition à un environnement thermique chaud a un impact sur la température cutanée (T_{cut}) et centrale (TC) au repos (**Bishop, 2003**) et à l'exercice (**Gonzalez-Alonso et coll. 2008**).

Pendant un effort, l'évaporation de la sueur à la surface de la peau est le principal mécanisme permettant à l'organisme de perdre de la chaleur. Même s'il s'agit là d'un mécanisme de régulation essentiel pour contrôler la température interne du corps, il entraîne une déshydratation par sudation (**Maughan et coll., 2007**).

L'homme maintient une température corporelle constante. La température centrale peut se situer entre 36.1° et 37.8° selon l'exercice musculaire, la maladie ou les conditions environnementales. Pour que la température reste constante, il faut un équilibre entre les gains de chaleur (environnement, métabolisme) et les pertes liées aux échanges avec l'ambiance. (**Costill et al., 2009**). Quatre mécanismes physiques sont à l'origine de ces échanges. Il s'agit de la conduction, de la convection, de la radiation et de l'évaporation. (**Costill et al., 2009**).

L'évaporation intervient lors d'exercices physiques. A la surface de la peau, la sueur s'évapore sous l'effet de la chaleur cutanée. Il s'agit de pertes inconscientes. (**Costill et al., 2009**).

Lorsque les capteurs détectent une température corporelle trop haute, l'information est envoyée à l'hypothalamus qui ordonne des mécanismes de protection. Les deux principaux sont le déclenchement de la sudation et un accroissement du débit sanguin cutané qui permet de dissiper la chaleur du corps vers le milieu environnant. La sudation permet d'éliminer une grande partie de cette chaleur, mais elle peut être perturbée par la température, par l'humidité, et par un rayonnement trop important de chaleur par le sol. (**Riché, 1998**).

Si l'on effectue un long exercice dans des conditions climatiques très humides, l'organisme, à un moment donné, n'est plus en mesure d'évacuer l'excès de chaleur. Cela peut devenir dangereux pour la santé. Heureusement, avec l'entraînement, le corps humain développe des

adaptations physiologiques. (**Costill et al., 2009**). En effet, lors d'un exercice prolongé ou réalisé à la chaleur, l'élimination de la chaleur par voie sudorale s'effectue au détriment du volume plasmatique qui diminue. La diminution du volume plasmatique associée à la redistribution de la masse sanguine vers la peau réduisent le retour veineux et donc le volume de remplissage ventriculaire. En conséquence, le volume d'éjection systolique diminue également. Pour maintenir le débit cardiaque nécessaire à la poursuite de l'effort, le cœur doit compenser la réduction du volume d'éjection systolique par une accélération de la fréquence cardiaque (**Costill et al., 2006**).

Avec le principe de la thermorégulation, nous comprenons que l'eau éliminée doit être remplacée.. Au repos, nous n'avons pas conscience de notre sudation, car l'eau est directement évaporée. En cas de fortes activités physiques ou d'exposition à la chaleur, le corps humain va perdre plus d'eau. (**Riché, 1998**).

Le sportif de haut niveau peut perdre 1L/h d'eau pendant l'entraînement et peut même la doubler ou même plus durant la compétition. Pour faire face, le sportif doit compenser ces pertes après l'effort physique et même les anticiper. Le débit sudorale pour la course à pied à vitesse modérée est de 0,5 à 1 L/h et pour une vitesse plus élevée, il est de 1,5 à 2,5 L/h ; pour les sports collectifs, le football, le rugby, etc., de 2 à 3 L d'eau/match (voir tableau n°5 des prévisions des pertes sudorales). L'étude américaine réalisée par (**Grandjean et coll. 2007**) démontre que la déshydratation causée par la chaleur et l'exercice physique entraîne une augmentation de la sensation de fatigue, du nombre d'erreurs et une diminution de la mémoire à court terme.

1.4.2.2.1. La peau et les glandes sudorales :

La peau est une enveloppe corporelle qui joue un rôle majeur dans les échanges thermiques entre le corps et l'environnement pour maintenir l'homéothermie de l'organisme. En particulier, lors des contraintes thermiques chaudes, l'évaporation des grandes quantités de sueur qu'elle est capable de produire permet de limiter l'élévation de la température interne du corps. Ce mécanisme, très efficace au plan de la thermorégulation, est cependant coûteux en eau et peut être à l'origine de profondes perturbations de l'homéostasie hydrominérale.

La peau repose sur l'hypoderme riche en tissu adipeux et comprend deux couches, l'épiderme, forme une barrière qui limite les pertes en eau grâce à l'imperméabilité des couches kératinisées et le derme, irrigué et innervé, contient des organes sensitifs et des glandes comme les follicules pileux, les glandes sébacées et les glandes sudorales.

Il existe une variabilité interindividuelle importante dans la localisation et la répartition des glandes sudorales expliquant des impressions visuelles de sudation très différentes entre deux sujets alors que leurs pertes sudorales globales sont très proches selon **(Nicolaidis, S,1987)**

1.4.2.2.2. Production de sueur :

Les glandes sudoripares situées dans le derme produisent la sueur issue de l'eau interstitielle. La sueur se compose pour 99% d'eau, 0,5 % de minéraux (potassium et chlorure de sodium) et 0,5 % d'urée et d'acide lactique **(Montain et coll. 2007)**.

La sueur est le principal mécanisme de thermolyse chez le sujet actif et la thermorégulation repose en grande partie sur le mécanisme de l'évaporation de la sueur **(Gleeson 1998)**. Lors d'un exercice physique pratiqué à une température ambiante de 30 °C, 580 kcal peuvent être évacués par l'évaporation d'un litre de sueur **(Nadel, 1979)**. Le taux de sudation varie d'un sujet à l'autre, selon l'activité, le sexe, le niveau d'entraînement, le degré d'acclimatation à la chaleur ou l'habillement **(Holmes et coll. 2011; Havenith et coll. 2008)**.

Des facteurs environnementaux peuvent aussi influencer le taux de sudation, comme l'humidité relative, la température ambiante, le rayonnement et la vitesse de l'air selon **(Brebner & Kerslake 1969; Saunders et coll.2005)**.

Des auteurs ont rapportés des taux de sueur moyens de 1,5 L/h lors d'une épreuve de course à pied de 12 km en environnement chaud et sec **(Casa et coll. 2010)** ou de 21 km, chaud et humide **(Byrne et coll. 2006)** et pouvant atteindre 2,6 L·h⁻¹ dans certaines conditions **(Sawka et coll. 2011)**. Aussi, lors d'un exercice prolongé à la chaleur la compensation des pertes sudorales doit être adaptée en fonction de l'activité et de l'intensité pour éviter un important déséquilibre de la balance hydrique qui pourrait impacter négativement la performance aérobie **(Armstrong 2007, Chevront, 2009)**. La composition de la sueur est dépendante de l'alimentation et de l'état général de l'individu.

La sueur est normalement acide et son pH se situe aux environs de 4 à 6, elle est composée d'eau (99 %), les sels minéraux (chlorure de sodium), la vitamine C, les anticorps, l'urée, l'acide urique, l'ammoniac et l'acide lactique.

1.4.2.3. La vidange gastrique :

la vidange gastrique représente le temps que met l'estomac à se vider. Pour être plus clair l'absorption d'une trop grande quantité d'eau gonflera l'estomac et gênera la respiration et le confort du sportif. Elle dépend du volume, de la température de l'eau (rapide entre 8° et 15°) ; et de l'isotonie de la boisson (l'eau pure, hypotonique, se vidange bien, par contre les boissons énergétiques ou d'effort " du commerce, dites " spéciales sportif ", elles sont toutes hypertoniques et ont tendance à rester sur l'estomac. Selon (**Raman et coll. 2004**).

1.5.La déshydratation :

C'est un déficit d'eau corporelle, associé ou non à une perte d'électrolytes. Trois types de déshydratation sont à distinguer selon (**Liamis G., 2008**) :

1.5.1. Une déshydratation isotonique:

Déficit proportionnel en eau et en sodium qui se traduit par une perte hydrique extracellulaire et une hypo volémie.

1.5.2. Une déshydratation hypertonique:

Perte de liquide proportionnellement supérieure à la perte sodée, entraînant une hyperosmolalité et une hyper natrémie. Elle se traduit par une fuite de liquide intracellulaire vers le compartiment extracellulaire et entraîne une déshydratation cellulaire. Il s'agit d'une perte hydrique intra- et extracellulaire mais à prédominance intracellulaire.

1.5.3. Une Déshydratation hypotonique :

Il ya prédominance de perte sodée et là il s'agit d'une perte hydrique à prédominance extracellulaire. Le volume intra-vasculaire se restreint alors que le compartiment intracellulaire reste intact.

1.6. Marqueurs du statut hydrique

1.6.1. Eau corporelle totale

Plusieurs techniques ont été utilisées pour la mesure de l'eau corporelle totale (**ECT**) telles que les techniques de dilution, l'analyse par activation neutronique et l'impédancemétrie bioélectrique.

1.6.1.1. Les techniques de dilution

Les techniques de dilution sont considérées comme une méthode de référence pour la mesure de l'ECT , elles sont généralement utilisées pour valider d'autres outils ou techniques évaluant l'ECT (**Hackney et al., 1995 ; Armstrong et al., 1997 ; Cheuvront & Sawka, 2005 ; Pelly et al., 2011 ; Baron et al., 2015 ; Kerr et al., 2015**).

Des prélèvements urinaires, salivaires ou plasmatiques sont réalisés dans les quelques heures (3 à 5 heures) suivant l'administration, par voie orale ou intraveineuse, d'une dose connue de traceur (comme l'eau marquée au deutérium ou à l'oxygène 18°). La concentration en traceur reflète le volume de dilution de la dose (**Armstrong, 2005 ; Pelly & al., 2011 ; Baron et al., 2015**). En effet, une faible concentration de l'isotope dans l'échantillon prélevé signifie que le volume liquidien est relativement grand et vice-versa (**Cheuvront & Sawka, 2005**).

La précision de l'estimation de l'ECT est de 1 à 2% (**Shirreffs, 2003 ; Cheuvront & Sawka, 2005**), ce qui permet de détecter des petits changements dans les liquides corporels. Les différentes méthodes, les protocoles, les hypothèses et les limites de la méthode de dilution de traceur ont été préalablement bien discutés par (**Schoeller, 1996**). Il est bien clair que les

techniques de dilution de traceur sont couramment utilisées dans le domaine médical. Cependant, la faible portabilité, le coût élevé des traceurs, l'expertise technique requise et la complexité de ces méthodes limitent leur utilisation dans le domaine des sciences du sport (**Armstrong, 2005 ; Pelly et al., 2011**).

1.6.1.2. L'analyse par activation neutronique

Le principe de cette technique consiste à produire par irradiation des radio-isotopes qui seront ensuite identifiées grâce à leurs propriétés nucléaires (**Albert, 1964**). Elle est considérée comme une technique de référence pour la mesure de l'ECT (**Armstrong, 2007**).

Cependant, la faible portabilité, le coût élevé, l'expertise technique nécessaire et la longue durée des analyses limitent l'utilisation de cette technique dans le domaine de la médecine du sport (**Armstrong, 2007**).

1.6.1.3. L'impédancemétrie bioélectrique

L'impédancemétrie bioélectrique (IBE), est utilisée pour estimer l'ECT (**Opliger & Bartok, 2002**). Les principes de l'IBE ont été largement décrits par (**Kyle et al. (2004)**).

En bref, cette technique mesure l'opposition du corps (impédance) au passage d'un courant électrique continu de basse tension et de faible ampérage. L'eau et les électrolytes sont de bons conducteurs. Cependant, la graisse, la peau et l'os possèdent une résistance beaucoup plus grande au passage du courant électrique.

La validité et la précision des différents appareils d'IBE ont été évaluées dans le milieu sportif par plusieurs études. (**Quiterio et al. 2009**) ont montré que l'ECT estimée par SBIE (modèle Xitron 4000) et IBE-SF (Tanita Body Composition Analyzer, modèle TBF-310) ne diffère pas de celle estimée par la méthode de dilution de traceur chez des athlètes adolescents pratiquant plusieurs sports. Ainsi, il apparaît que SBIE et IB-SF peuvent être utilisés pour évaluer le statut hydrique des athlètes adolescents. Cependant, il est bien connu que l'IBE utilise des équations de prédiction différentes en fonction des appareils utilisés, mais dans certains cas, elles peuvent ne pas être applicables à un individu ou à un échantillon spécifique (**NIH, 1996**).

Il ya quelques années, (**Matias et al. 2016**) ont testé la validité d'IBE-SF et SBIE comme méthodes d'estimation de l'ECT, l'eau intracellulaire (EIC) et l'eau extracellulaire (EEC) chez des sujets pratiquant l'activité physique à des fins de loisir et des athlètes d'élite. Les résultats ont montré que l'ISBE permet de mieux prédire les valeurs individuelles de l'ECT, l'EIC et l'EEC comparativement à l'IBESF. De ce fait, l'ISBE peut être considérée comme une méthode appropriée pour estimer les différents compartiments hydriques chez des sujets sportifs.

Il est à noter que l'IBE n'est pas assez sensible pour détecter un état de déshydratation après une période de perte de poids volontaire chez des sportifs pratiquant différents sports de combat (**Fernandez-Elias et al., 2014**) ou après un exercice provoquant un état de déshydratation (**Saunders et al., 1998 ; Berneis & Keller, 2000 ; Koulman et al., 2000 ; Oppliger et al., 2005**). En outre, l'IBE présente une faible résolution de mesure de l'ECT l'empêchant par conséquent de mesurer précisément les pertes hydriques inférieures à 800/1000 mL (**Armstrong, 2007**). Ainsi, cet outil reste inapproprié pour mesurer de petites variations dans l'ECT (**Ellis & Wong, 1998 ; Gudivaka et al., 1999 ; Mathie, 2005**).

On peut dire finalement que la méthode de l'impédancemétrie est une méthode simple, rapide, non invasive et relativement non onéreuse selon (**Segal, 1996 ; O'Brien et al., 1999 ; Gualdi-Russo & Toselli, 2002 ; Oppliger & Bartok, 2002 ; Pelly et al., 2011**). Cependant, la précision et la fiabilité des mesures de l'IBE nécessitent des conditions strictement standardisées et contrôlées, en particulier la position du sujet (**Shirreffs & Maughan, 1994 ; Zhu et al., 1998**), le placement des électrodes (**Kushner, 1996**), l'exercice physique (**Oppliger et al., 2005**), l'apport hydrique et alimentaire (**Pelly et al., 2011**), l'état d'hydratation (**O'Brien et al., 1999**), la température de la peau (**Gudivaka et al., 1996**) et la tonicité du plasma (**O'Brien et al., 1999**).

En résumé, les techniques d'impédancemétrie, d'analyse par activation neutronique et de dilution de traceur semblent être d'une utilité limitée pour surveiller le statut hydrique des athlètes.

1.6.2. Les indicateurs sanguins

L'hématocrite, la concentration en hémoglobine, l'osmolalité plasmatique/sérique et la concentration sérique/plasmatique en sodium sont généralement utilisées comme des indicateurs sanguins du statut hydrique des sujets pratiquant une activité physique.

1.6.2.1. Hématocrite et hémoglobine

L'hématocrite est le volume occupé par les globules rouges circulant dans le sang exprimé en pourcentage par rapport au volume total du sang tandis que l'hémoglobine est la protéine transportant l'oxygène dans les globules rouges (**Bouhleb & Shephard, 2015**).

Une détermination de l'hématocrite et de l'hémoglobine permet d'estimer la variation du volume plasmatique en utilisant la formule de (**Dill et Costill, 1971**).

La micro-hématocrite est la méthode standard pour la détermination de l'hématocrite (**Strauchen et al., 1981 ; CLSI, 2000 ; Rudolf et al., 2015**). l'hématocrite est calculé suite à une comparaison entre la hauteur des globules rouges et la hauteur de l'échantillon entier (**CCRS, 2000**) Après une étape de centrifugation permettant d'isoler le plasma des globules rouges, Les automates d'hématologie peuvent fournir une mesure précise de l'hémoglobine et de l'hématocrite selon (**Olatunya et al., 2016**). Cependant, les analyses effectuées sur un automate sont coûteuses et nécessitent beaucoup de temps et une quantité importante de sang.

Par conséquent, des appareils portables effectuant une mesure rapide de l'hématocrite et de l'hémoglobine ont été développés (Groenewald et al., 1994 ; Mock et al., 1995 ; Lardi et al., 1998 ; Nkrumah et al., 2011 ; Rudolf et al., 2015 ; Oladele et al., 2016). Ces appareils portables ont été validés et utilisés dans plusieurs études en médecine du sport (Richardson et al., 2005 ; Millard-Stafford et al., 2007 ; Sanchiz-Gomar et al., 2013 ; Gill et al., 2016 ; Songsorn et al., 2016).

La mesure de l'hématocrite et de l'hémoglobine, pour une comparaison ultérieure des valeurs, nécessite une posture standardisée (un repos d'environ 15-20 minutes) (Francesconi et al., 1987 ; Hackney et al., 1995 ; Armstrong et al., 1998 ; Shirreffs, 2000) pour supprimer l'influence de la posture sur les déplacements des liquides corporels entre les divers

compartiments (Fischbach, 2000). Cependant, la prise du sang pour une détermination ultérieure de l'hématocrite et de l'hémoglobine peut entraîner des risques d'hémorragie, d'hématome, d'évanouissement et d'infection, ce qui limite l'utilisation des marqueurs hématologiques pour évaluer le statut hydrique dans le domaine sportif.

1.6.2.2. Les concentrations plasmatiques en sodium :

Après une prise de sang suivie par l'étape de centrifugation, la concentration plasmatique/sérique en sodium peut être déterminée en utilisant des automates de biochimie ou des appareils portables (e.g., i-STAT). Généralement, les concentrations plasmatiques en sodium sont utilisées pour l'évaluation du statut hydrique des athlètes participant à des évènements prolongés comme le marathon. Les courses de longue distance peuvent induire une hyponatrémie (concentration de sodium inférieure à $130 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) (**Hew-Butler et al., 2008 ; Kenefick et al., 2012**) et des valeurs supérieures à $145 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ peuvent indiquer un état de déshydratation (**Oppliger & Bartok, 2002 ; Chevront et al., 2014 ; Parrish & Rosner, 2014**).

1.6.3. Les indicateurs urinaires :

Plusieurs indicateurs peuvent être énumérés : l'osmolalité urinaire, la densité urinaire, la conductivité électrique de l'urine et la couleur de l'urine. Ces indicateurs ont été utilisés comme marqueurs du statut hydrique chez des sujets sportifs.

1.6.3.1. L'osmolalité urinaire :

Les valeurs d'osmolalité urinaire inférieures à $600 \text{ mOsm}\cdot\text{kg}^{-1}$ témoignent d'un état d'euhydration tandis que les valeurs supérieures ou égales à $900 \text{ mOsm}\cdot\text{kg}^{-1}$ indiquent un état de déshydratation (**Shirreffs & Maughan, 1998**). Il est à noter que la première miction du matin est le meilleur reflet du statut hydrique (**Armstrong et al., 1994 ; Shirreffs & Maughan, 1998 ; Chevront & Sawka, 2005 ; Hamouti et al., 2010 ; Nhanes, 2013**). En effet, suite à l'endormissement pendant la nuit, les facteurs de parasites (e.g., apport hydrique et alimentaire) sont neutralisés et les compartiments liquidiens sont équilibrés (**Armstrong et al., 1994 ; Shirreffs & Maughan, 1998 ; Chevront & Sawka, 2005 ; Hamouti et al, 2010**

; **Nhanes, 2013**). Physiologiquement, l'osmolalité urinaire est considérée comme la mesure la plus précise de la concentration de l'urine (**Chdha et al., 2001**). Cependant, elle est un mauvais indicateur du statut hydrique pendant la phase de réhydratation suite à un exercice provoquant un état de déshydratation (**Kovaks et al., 1999**).

La nécessité d'un osmomètre et d'un technicien qualifié pour la mesure de l'osmolalité urinaire limite l'utilisation régulière de cet indicateur pour le contrôle du statut hydrique (**Armstrong, 2005**).

1.6.3.2. La densité urinaire :

La densité urinaire peut être déterminée dans le laboratoire ou en utilisant un réfractomètre portable. En outre, les bandelettes réactives peuvent être utilisées pour une détermination de la densité urinaire (**Ersoy et al., 2016**). La densité de l'urine est une mesure de la densité d'un échantillon d'urine par rapport à la masse volumique de l'eau pure (**Stuempfle & Drury, 2003 ; Armstrong, 2005**). Une densité urinaire supérieure à 1,020 indique un état de déshydratation tandis qu'une valeur inférieure ou égale à 1,020 témoigne d'un état d'euhydration selon (**Casa et al., 2000**).

1.6.3.3. La conductivité électrique de l'urine :

La conductivité électrique de l'urine peut être mesurée au laboratoire ou à l'aide d'un conductimètre portable. (**Kutlu et al. 2006**) ont montrés que la conductivité électrique de l'urine est corrélée ($r = 0,672$) avec l'osmolalité urinaire chez des sportifs pratiquant le Taekwondo durant la période préparatoire à une compétition. Encore une fois, l'aspect pratique peut limiter son utilisation dans le milieu sportif

1.6.3.4. La couleur de l'urine :

(**Armstrong et al. 1994**) ont développé la charte de la couleur de l'urine suite à l'impraticabilité de plusieurs marqueurs du statut hydrique, Après la collecte de l'échantillon urinaire dans un récipient transparent, la couleur de l'urine peut être évaluée en se référant à la charte de la couleur de l'urine (**Armstrong et al., 1994**). Une couleur « jaune », « jaune pâle

» ou « jaune paille » est indicative d'un état d'euhydration, alors qu'une couleur « sombre » est indicative d'un état de déshydratation (**Armstrong et al., 1994**).

La relation entre la couleur de l'urine et d'autres indicateurs urinaires (i.e., la densité urinaire, l'osmolalité urinaire, la conductivité électrique de l'urine) a été étudiée par (**Armstrong et al. 1998**). Ces derniers ont montré une corrélation positive entre la couleur de l'urine, la densité et l'osmolalité urinaire et ont conclu que la couleur de l'urine peut être utilisée dans le milieu sportif pour évaluer le statut hydrique quand une précision élevée n'est pas nécessaire.

Récemment, (**Kavouras et al. 2016**) ont montré la validité de la couleur de l'urine comme indicateur du statut hydrique chez des jeunes en bonne santé âgés de 8 à 14 ans. De ce fait, la couleur de l'urine peut être utilisée comme moyen de contrôle du statut hydrique des jeunes sportifs. Par contre, le contenu du régime alimentaire ou certains traitements médicaux sont susceptibles d'influencer la couleur de l'urine ont constatés (**Raymond & Yarger, 1988 ; Maughan & Shirreffs, 2008**).

En effet, une couleur jaune-orange peut être causée par la consommation d'une grande quantité de carottes et l'utilisation de l'ibuprofène peut causer une couleur brune-rouge (**Raymond & Yarger, 1988 ; Maughan & Shirreffs, 2008**). De même, la couleur de l'urine peut changer si l'évaluation n'est pas effectuée immédiatement après le prélèvement de l'échantillon d'urine (**Adams et al., 2017**).

1.6.4. La variation de la masse corporelle

Selon (**Gudivaka et al., 1999**) La masse corporelle, déterminée à l'aide d'une pèse personne, est souvent utilisée comme un outil pour évaluer le statut hydrique des sportifs en laboratoire et sur terrain (**Harvey et al., 2008**).

Pour évaluer régulièrement le statut hydrique des sportifs, les mesures de la masse corporelle doivent être effectuées dans des conditions standards (i.e., nus ou portant le minimum de vêtements, même heure de la journée, une base stable et dure), de préférence à jeun le matin après la miction et la défécation (**Jéquier & Constant, 2010 ; Maughan & Shirreffs, 2010**).

La variation de la masse corporelle d'un jour à l'autre est de ~1% (**Chevront et al., 2004**). Cette information est utile car une réduction excessive de la masse corporelle indique un état de déshydratation (**Pelly et al., 2011**). La détermination d'une masse corporelle de base (lorsque le sujet est normo-hydraté) est nécessaire, mais elle ne devrait pas être utilisée comme une référence pendant plus que deux semaines selon (**Chevront et al., 2004**).

Toute variation de la masse corporelle est supposée due essentiellement à des changements au niveau du contenu hydrique total (**Chevront & Kenefick, 2012**), tout en sachant que que 1 mL d'eau a une masse de 1 g (**Lentner, 1981**).

La différence entre la masse corporelle déterminée avant et après l'exercice peut indiquer des changements dans le statut hydrique (**Chevront & Sawka, 2005 ; Harvey et al., 2008**).

Il convient de noter que des corrections doivent être appliquées pour toute consommation de liquide (entre les deux mesures) lors de la mesure des changements du statut hydrique (**Maughan & Shirreffs, 2008**).

Cet outil est pratique, précis et ne nécessite pas une expertise technique. Il pourrait ainsi être utilisé pour une évaluation régulière et aigüe du statut hydrique du sportif.

1.6.5. La salive :

Le taux d'écoulement de la salive, l'osmolalité salivaire et sa composition (i.e., les protéines) sont considérés comme marqueurs potentiels de l'état d'hydratation selon (**Walsh et al., 2004 ; Oliver et al., 2008 ; Ely et al., 2011**). Cependant, la consommation d'eau pendant l'effort peut affecter la fiabilité des paramètres salivaires comme indicateurs du statut hydrique (**Chevront & Sawka, 2005 ; Chevront et al., 2010 ; Ely et al., 2011**).

1.6.6. La soif :

Généralement, et d'après la littérature, la sensation de soif apparait un peu tard , car on est déjà en état de déshydratation. Selon (**Greenleaf et al., 1992 ; Armstrong, 2005**).

Une véritable sensation de soif n'est perçue qu'après une diminution de 1 à 2% de la masse corporelle et elle est atténuée avant l'atteinte d'un état d'euhydration. Lorsque un sujet est déshydraté, les osmorécepteurs sont stimulés provoquant ainsi une réponse de soif par le cerveau selon (**Obika et al., 2009**).

Pour l'évaluation du statut hydrique, plusieurs échelles de soif ont été développées (**Millard-Stafford et al., 2012**). En général, l'échelle de soif est présentée au sujet sur des affiches imprimées dont 5 descripteurs de soif sont mentionnés.

Le sujet doit sélectionner un numéro de 1 à 9. Des déclarations sont associées à tous les nombres impairs servant de clarification des indices comme suit : 1, « pas soif du tout » ; 3, « un peu soif » ; 5, « modérément soif » ; 7, « très soif » ; et 9, « très très soif » (**Armstrong et al., 2013**). Le sujet doit se concentrer sur les sensations émanant de la bouche, de la langue, de la gorge et des lèvres et ignorer les autres sensations qu'il ressent (e.g., les maux de tête) (**Armstrong et al., 2013**).

La sensation de soif est un bon moyen pour rappeler l'athlète qu'il a besoin de boire plus régulièrement avant, pendant et après l'exercice (**Chevront & Sawka, 2005**). Cependant, la sensation de soif peut être influencée par plusieurs facteurs tels que l'âge, le sexe et l'acclimatement à la chaleur (**Armstrong, 2005**).

1.6.7. L'osmolalité des larmes :

Sachant que le liquide lacrymal est iso-osmotique par rapport au plasma (**Rolando & Zierhut, 2001 ; Tiffany, 2003**). Par conséquent, (**Tiffany 2003**) a émis l'hypothèse que l'osmolalité des larmes peut constituer un indicateur du statut hydrique. L'osmolalité des larmes est mesurée à l'aide d'un osmomètre portable TearLab® (**Benelli et al., 2010 ; Fortes et al., 2011 ; Ungaro et al., 2015**). Cet appareil permet une mesure rapide et n'exige pas une compétence technique (**Benelli et al., 2010 ; Fortes et al., 2011 ; Ungaro et al., 2015**).

Certaines études ont montré que l'osmolalité des larmes est un bon indicateur du statut hydrique suite à un exercice réalisé en ambiance thermique chaude (**Fortes et al., 2011 ; Unrago et al., 2015**), mais il faut noter que certains facteurs parasites sont susceptibles d'affecter les mesures d'osmolalité des larmes tels que l'exercice réalisé en plein air (mouvement de convection) et l'environnement (vent, soleil, pluie), ce qui peut limiter l'utilisation de l'osmolalité des larmes dans le milieu sportif, selon (**Chevront et al., 2014**).

1.6.8 . Evaluation du statut hydrique des sportifs :

Nous avons vu précédemment plusieurs indicateurs du statut hydrique des sportifs. Cependant, l'utilisation de certains marqueurs dépend des conditions matérielles et de la contrainte du temps. Sur le plan pratique, la combinaison de la densité urinaire avec la masse corporelle mesurées le matin au réveil représente la meilleure méthode pour une évaluation régulière du statut hydrique du sportif (**Rawson & Volpe, 2016**). A défaut de matériel (i.e., refractomètre), une combinaison de la mesure de la masse corporelle, de la sensation de soif et de la couleur de l'urine peut témoigner de l'état général d'hydratation du sportif (**Chevront , Sawka, 2005**).

En effet, le sujet doit boire un volume de liquide qui représente 150% de la masse corporelle perdue par l'effort (en pratique, boire 1,5 L compense une perte de masse corporelle de 1 kg) (**Coyle, 2004**).

La boisson consommée pendant la phase de réhydratation peut être soit de l'eau ou une boisson composée de l'eau, du sodium (20 à 30 meq·L⁻¹) et du potassium (20,5 meq·L⁻¹) lorsque l'effort est intense (**Evans et al., 2017**). Récemment, (**Seery et Jakeman 2016**) ont montré qu'une consommation de lait équivalente à 150% de la masse corporelle perdue suite à l'effort permet de rétablir la balance hydrique plus rapidement que lorsque de l'eau ou une boisson composée d'électrolytes et de glucides sont ingérées.

1.6.9. Individualisation des stratégies d'hydratation :

Pour optimiser l'hydratation du sportif au cours de l'effort, une individualisation des stratégies d'hydratation doit être programmée. Elle consiste en la détermination du taux de sudation du sportif dans des conditions qui se rapprochent de la condition réelle de la compétition puis d'en déterminer le volume de boisson à consommer pour remplacer les pertes liquidiennes qui vont survenir le jour de la compétition. Selon (**Maughan & Shirreffs, 2010 ; Rawson & Volpe, 2016**), pour maximiser les effets de l'entraînement et la performance, les athlètes doivent remplacer leurs pertes hydriques en fonction de leurs taux de sudation individuels. De ce fait, il s'avère nécessaire d'individualiser les stratégies d'hydratation afin de permettre une hydratation optimale du sportif. On sait qu'au cours de l'exercice physique, la majorité des pertes hydriques sont sous forme de sueur.

Cependant, plusieurs variables peuvent influencer le taux de sudation telles que l'âge, le sexe, l'état d'acclimatement, l'intensité de l'exercice, l'état de la condition physique, les conditions environnementales et les obstacles à l'évaporation de la sueur (comme les équipements de protection) (**Rawson & Volpe, 2016**).

La détermination du taux de sudation d'un athlète constitue la première étape pour établir un plan d'hydratation adéquat. Cette étape est simple et pourrait être réalisée pendant une séance d'entraînement durant laquelle les conditions climatiques, l'état de la condition physique, la tenue sportive et l'intensité de l'exercice sont comparables à ceux de la compétition programmée (conditions proche de la compétition ou de l'entraînement concerné). Il est à noter que l'athlète doit être normo-hydraté lors de la séance consacrée à la détermination du taux de sudation (**Maughan & Shirreffs, 2010 ; Rawson & Volpe, 2016**).

Pour individualiser sa stratégie d'hydratation le sportif doit enregistrer sa masse corporelle immédiatement avant l'entraînement, effectuer un exercice d'une durée de 45-60 minutes avec une intensité similaire à celle de la compétition programmée, de même, les conditions climatiques (température de l'air et humidité) et la tenue sportive doivent être similaires à celles de la compétition, ne pas avoir un apport hydrique et ne pas uriner au cours de la séance d'entraînement mais s'il souhaite avoir un apport hydrique, le volume exact consommé doit être enregistré, immédiatement après avoir terminé la séance d'entraînement, la masse

corporelle doit être enregistrée de nouveau. Il doit essuyer la sueur avec une serviette avant la détermination de la masse corporelle.

1.6.10. Le calcul du taux de sudation :

Le taux de sudation d'un athlète doit être réévalué chaque fois qu'il y a un changement important dans l'un des facteurs qui peuvent l'influencer tout au long de la saison tels que (exemple., compétition se déroulant en été ou en hiver) (**Rawson & Volpe, 2016**).

Une fois que le taux de sudation est déterminé, un athlète devra déterminer la quantité de liquide à absorber pendant la compétition ou l'entraînement. Si l'athlète a un accès illimité en apport hydrique, la consommation d'un volume approprié de liquide est relativement facile. Toutefois, dans le cas du marathon, l'accès à l'apport hydrique est limité (selon le nombre de station de ravitaillement).

Dans ce cas, l'athlète doit prédire la quantité exacte des pertes liquidiennes ainsi que le volume d'apport hydrique à consommer à chaque station de ravitaillement. Par exemple, le taux de sudation d'un marathonien, dont l'objectif est de terminer la course en 3 h, est de 1,25 L·h⁻¹. Cet athlète perdra 3,75 L au cours du marathon. S'il existe une station de ravitaillement à chaque 1,6 km où l'athlète consommera 0,12 L de liquide, il remplacera 3,12 L d'eau tout en ayant un déficit hydrique de 0,63 L.

Pour un sportif ayant une masse corporelle de 55 kg, 0,63 L correspondrait à une déshydratation de 1,1%, lui permettant d'éviter les effets néfastes associés à des niveaux supérieurs à 2% de déshydratation. Cependant, s'il existe des stations de ravitaillement tous les 3,2 km, l'athlète doit consommer deux fois plus de liquide à chaque station pour éviter une déshydratation sup à 2%.

Par ailleurs, la vidange gastrique., qui est la durée que met le liquide pour passer de l'estomac jusqu'aux intestins, est un facteur à prendre en compte lors de l'individualisation des stratégies d'hydratation. La vitesse de la vidange gastrique est influencée par le volume de boisson ingéré, la composition des boissons, la température des boissons, l'intensité de l'exercice et les conditions environnementales (**Rawson & Volpe, 2016**). Pour éviter les

troubles gastriques liés à l'ingestion de grands volumes de liquide, l'ingestion répétée de 150 mL de boisson toutes les 20 minutes au cours de l'exercice est recommandée selon **(Guezennec, 2011)**. Cependant, l'ingestion de volumes plus importants (300 à 350 mL toutes les 20 minutes) va mettre en jeu la tolérance digestive des sujets **(Guezennec, 2011)**. Il existe cependant de très grandes différences interindividuelles dans les vitesses de vidange gastrique **(Rawson & Volpe, 2016)** et certains sujets peuvent s'adapter à ingérer une quantité plus importante de liquides (Lambert et al., 2008). Pour cela, il est très important pour les sportifs de tester pour connaître leur tolérance aux pesanteurs gastriques liées à l'ingestion de différents volumes de boissons.

L'osmolarité de la boisson ingérée joue un rôle déterminant aussi dans la vitesse de vidange de l'estomac. Pour favoriser la vidange gastrique, l'**American College of Sports Medicine (ACSM, 2009)** recommande une concentration entre 6 et 8% du soluté glucidique. Il est important de noter qu'il faut varier la concentration en soluté des boissons de l'effort en fonction des conditions climatiques. En ambiance froide, le besoin d'énergie est prépondérant et une concentration en glucides de 60 g·L⁻¹ est recommandée **(Guezennec, 2011)**. Cependant, lorsque la température augmente, il faut privilégier l'apport d'eau **(Guezennec, 2011)**. La température de la boisson, facteur de contrôle de la vidange gastrique, doit être comprise entre 10 et 15°C. Des températures supérieures à 15°C ou inférieures à 10°C peuvent ralentir la vitesse de la vidange gastrique selon **(Shirreffs & Maughan, 2008)**. Enfin, une intensité élevée de l'exercice (>70% de la capacité aérobie) peut diminuer la vitesse de la vidange gastrique **(Reher et al., 1989)** et selon **(Neufer et al., 1989)** lorsque l'exercice est réalisé en ambiance thermique chaude (i.e., 49°C), la vitesse de vidange gastrique est moindre comparativement à un exercice de même intensité réalisé en ambiance thermique neutre (18°C).

Exemple de calcul du taux de sudation d'un athlète

Entrez votre poids avant l'exercice en kilogrammes. Exemple : 60 kg
2 . Entrez votre poids post-exercice. Exemple : 58,5
3 . Soustraire # 2 de # 1 Exemple : 1,5 kg
4 . Enregistrez la durée de la séance d'entraînement (60 minutes = 1 h, 45 minutes = 0,75 h). Exemple : 0,75 h
5 . Si un apport hydrique a été consommé au cours de l'exercice, enregistrez le volume consommé (1 kg = 1000 mL). Exemple : 0,4 kg
6 . Ajoutez la quantité de liquide consommée (# 5) au poids perdu par sudation (# 3). Exemple : 1,9 kg
7 . Divisez # 6(ou # 3 si aucun apport hydrique n'a été consommé) par la durée de l'exercice (# 4). Exemple : $2,5 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} = 2,5 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$
Remarque : Le résultat de # 7 représente le taux de sudation de l'athlètes

Tableau 4 : Exemple de calcul du taux de sudation de l'athlète

1.7. Qualités physiques et pertes hydriques chez les basketteurs de haut niveau.

1.7.1 L'endurance en sport de haut niveau

1.7.2.Définitions:

(Weinek,1986) a défini l'endurance comme étant la capacité psychophysique ou psychomotrice du sportif à résister à la fatigue, et selon (Frey cité par Weinek), il existe une endurance physique qui est la capacité de tout ou une partie seulement de l'organisme à résister à la fatigue et une endurance psychique qui est la capacité du sportif qu'on oblige à supporter. Selon (Okiniak, 1985), l'endurance est une stabilité des qualités physiques et les aptitudes motrices contre les facteurs de la fatigue.

L'endurance selon (**Trounine, 1985**) est la faculté de fournir un travail d'une certaine intensité pendant une durée déterminée. C'est une aptitude qui permet à l'organisme de résister aux modifications de l'homéostasie générale et locale et même de les composer dans certains cas.

L'endurance est définie comme étant la capacité à soutenir un effort physique le plus longtemps possible dans une parfaite aisance cardiaque et respiratoire (**Garel, 1978**).

Elle est fortement corrélée à la consommation maximale d'oxygène qui s'est révélée être un excellent indicateur de l'endurance. La consommation maximale d'oxygène ou V_{O2max} est définie comme « la consommation maximale d'oxygène qu'un individu peut atteindre lors d'un exercice musculaire pratiqué au niveau de la mer en inhalant de l'air atmosphérique selon (**Astrand, 1980**).

Même dans les conditions de repos absolu la consommation maximale d'oxygène représente une valeur minimale, la dépense de fond ou métabolisme de base. Elle est de 0,25l environ chez l'adulte. Elle augmente ensuite proportionnellement à l'exercice jusqu'à une certaine valeur limitée qui représente à la fois la consommation maximale d'oxygène (V_{O2max}) et la puissance maximale aérobie (PMA). De ce fait la consommation maximale d'oxygène ou V_{O2max} est aussi définie comme le débit d'oxygène le plus élevé qu'un sujet peut prélever et utiliser lors d'un exercice musculaire généralisé et intense conduisant à l'épuisement en moins de 12 minutes. Elle est, en effet le reflet de possibilité optimale du système de transfert des substrats et des déchets entre les territoires de réserve ou les échangeurs (poumon, tube digestif...) et la cellule musculaire (**Pirnay, 1960**).

(**Astrand, 1957**) a considéré que, la consommation maximale d'oxygène est un bon indice de la possibilité qu'à un sportif d'effectuer un exercice musculaire de longue durée il a cité le football, le volleyball, 10000m, le marathon, la course de cyclisme et le basketball comme exemple). Le même auteur insistera sur un élément comme l'environnement, qui peut être un facteur pouvant diminuer le V_{O2max} et la sous nutrition, un facteur de détérioration de V_{O2max} .

Selon (**Huguet 1980**), l'endurance est la capacité permettant de prolonger très longtemps un effort d'intensité modérée, travail déterminant une fréquence cardiaque aux environs de 120/140 puls/minute. Celle-ci jouera un rôle permanent et durable dans l'entraînement car elle augmente la vascularisation du muscle cardiaque et les muscles squelettique, les dimensions des cavités cardiaques, du coefficient d'utilisation de l'O₂ au niveau du muscle, le glycogène musculaire et le taux d'ATP (**chignon, 1984**).

Pour les (**Astrand, 1957**), le V_{O2}max fournit chez les athlètes une indication précieuse dans la condition physique. Il n'y a pas de performance athlétique de durée prolongée sans une valeur très élevée de la V_{O2}max (**Huguet, 2000**). Donc, l'endurance est une qualité physique nécessaire pour tous les sportifs, elle permet de suivre le plus longtemps possible un effort d'intensité faible ou modéré. On peut la résumer comme étant la capacité de l'organisme, ou une partie seulement, à soutenir ou à résister à un effort statique ou dynamique d'une certaine intensité pendant une durée déterminée.

Selon (**Huguet, 1980**), toujours pour améliorer l'endurance, un travail de trop faible intensité ne suffit pas. Il faut, tout en demeurant en équilibre d'O₂, une certaine intensité d'effort pendant un laps de temps suffisamment long, effort effectué avec aisance cardiaque, respiratoire et musculaire (à une fréquence cardiaque ≤ à 140 puls /minute. Donc l'endurance permet aux basketteurs une bonne tolérance des charges pendant l'entraînement, une élimination plus rapide des toxines d'où une meilleur récupération et une réduction des risques de lésions et blessures

1.7.3 .Notion d'endurance et de résistance :

On parle aujourd'hui de processus aérobie et anaérobie et pour comprendre ces concepts, sachant que l'endurance est l'aptitude permettant de poursuivre un effort modéré continue et prolongé. il s'établie un équilibre des systèmes cardio-respiratoire et circulatoire, et tant que la durée de la compétition est longue son influence exercée sur les résultats des compétitions est plus grand, Quand à la résistance on peut la définir comme étant l'aptitude permettant de s'adapter à des efforts physiques intenses et discontinus. Au cours de ces efforts, le système cardio-respiratoire est en constant déséquilibre.

1.7.4. Les différentes formes d'endurance:

On trouve dans la littérature scientifique plusieurs classifications de l'endurance.

(Weineck, 2000), a élaboré un tableau qui regroupe la synthèse des différentes définitions de l'endurance selon le domaine d'intervention. Il considère aussi l'endurance du point de vue de l'effort basée sur le temps comme étant l'endurance courte, l'endurance moyenne et l'endurance de longue durée et du point de vue principales formes motrices on retrouve l'endurance force, l'endurance vitesse et l'endurance explosive.

1.7.4.1. L'endurance aérobie :

Désigne la capacité de l'athlète à résister à la fatigue lors d'un effort de longue durée avec l'utilisation des réserves glycogéniques ou lipidiques, d'une quantité d'O₂ suffisante et une sollicitation accrue de l'activité enzymatique du métabolisme aérobie.

1.7.4.2. L'endurance anaérobie :

C'est la capacité à résister à la fatigue lors d'un effort de courte durée.

1.7.4.3. L'endurance force :

Elle caractérise une haute capacité de performance de la force en même temps une bonne capacité en endurance et à une résistance locale à la fatigue. Elle est très importante pour l'ensemble des disciplines mais à des degrés variables.

1.7.4.4. L'endurance vitesse :

C'est la capacité de résistance à la fatigue en présence des charges d'une intensité de stimuli sous maximale et une production d'énergie principalement anaérobie.

1.7.4.5. L'endurance de courte durée (E.C.D) :

Elle est caractérisée par des efforts maximaux compris entre 45 secondes et 2 minutes, dont les besoins énergétiques sont couverts par des filières anaérobies.

1.7.4.6. L'endurance de moyenne durée (E.M.D) :

Elle est caractérisée par un effort qui varie entre 2 et 8 minutes et met à contribution les processus énergétiques et aérobie.

1.7.4.7. L'endurance de longue durée (E.L.D) :

On parle d'ELD lorsque l'effort dure plus de 8 minutes, et dont il est soutenu principalement par une production d'énergie aérobie selon (Keul, 1975, citée par Weineck)

1.7.4.8. L'endurance musculaire (EM) :

L'endurance musculaire locale (EM) implique moins de 14%- 16% de l'ensemble de la masse musculaire. Cette (EM) est divisée en endurance aérobie et endurance anaérobie locale du point de vue de la production d'énergie. Elle peut être également divisée en fonction de la forme de travail musculaire en endurance musculaire locale aérobie dynamique et statique tout comme l'endurance musculaire anaérobie statique et dynamique.

1.7.4.8.1. L'endurance musculaire aérobie dynamique (EMAD):

Selon (Hollmann et Hettinger, 1980) cité par (Weineck, 2000), elle est caractérisée par un effort qui active un groupe musculaire faible à moyen d'une manière aérobie.

1.7.4.8.2. L'endurance musculaire aérobie statique (EMASD) :

Elle est relative à la contraction d'un petit groupe musculaire en dessous de 15% de la force maximale isométrique (statique) dont les besoins énergétiques sont oxydatif.

1.7.4.8.3. L'endurance musculaire anaérobie dynamique (EMAND) :

Selon (**Hollmann et Hettinger, 1980**), elle est mise en jeu lorsque 14%- 16% de l'ensemble de la masse musculaire exerce une force appliquée contre une résistance de l'ordre de 50% à 70% (ou plus) de la force maximale isométrique.

1.7.4.8.4. L'endurance musculaire anaérobie statique (EMAS) :

Toujours selon les mêmes auteurs, (**Hollmann et Hettinger, 1980**), elle s'effectue de deux(2) façons différentes : En maintenant une charge nécessitant plus de 15% de la force isométrique maximale et par des contractions répétées de plus de 50% de la force isométrique maximale.

1.7.5. Type d'endurance :

On distingue deux types d'endurance : endurance générale et endurance spéciale.

1.7.5.1. L'endurance générale :

C'est la capacité de mobiliser au moins 1/6^{ème} de la musculature totale pendant un effort d'au moins 3'et une intensité minimale de 50% de la meilleurs performance individuelle. Elle est souvent assimilée à celle exigée en course de fond, au cyclisme ou dans tous les exercices à caractère aérobie.

1.5.7.2. L'endurance spéciale :

Selon (**Weineck, 1986**), c'est la capacité à résister à la fatigue déterminée par les charges qui mobilisent les ressources données. Elle se manifeste au cours de certains exercices d'entraînement (endurance spécifique à l'entraînement) et au cours des compétitions (endurance spécifique à la compétition).

1.7.6. Importance et objectif de l'endurance :

La capacité de performance de l'endurance joue un rôle très important en compétition comme en entraînement. Selon (**Weineck, 1983**), l'instruction d'endurance est dans le sport hygiénique d'une suprême importance dans la lutte contre les affections cardio-vasculaires ou la cadence motrice. C'est une qualité physique nécessaire pour tous les sportifs sans exception. Selon (**Huguet. J, 1977**), l'endurance joue un rôle permanent et durable dans l'entraînement.

Les objectifs de l'endurance sont multiples à savoir l'augmentation du taux d'ATP, du glycogène musculaire, de la vascularisation des muscles, des dimensions des cavités cardiaques et le taux d'utilisation de l'O₂ au niveau des muscles.

1.7.7. Tâches de l'endurance générale et spéciale :

1.7.7.1. Tache de l'endurance générale :

Parmi les tâches de l'endurance générale, on peut citer la création des conditions nécessaires et favorables pour le transfert aux charges élevées d'entraînement, la création des meilleures conditions pour l'acquisition de la forme sportive et l'élargissement des possibilités fonctionnelles de l'organisme déterminant la capacité générale du travail.

1.7.7.2. Tâche de l'endurance spéciale :

L'obtention d'un maximum de capacités d'endurance qui s'exprime par la stabilité des résultats en compétition, assurer un développement continu pour permettre d'utiliser de manière efficace les charges spécifiques d'entraînement (proche de la compétition).

1.7.8 . Particularités physiologiques de l'endurance :

Lors d'un travail, il y a des propriétés de l'organisme qui réagissent contre l'apparition de la fatigue, c'est la base de l'endurance de l'individu. L'importance particulière pour le développement de l'endurance est accordée aux propriétés de l'organisme qui déterminent la capacité métabolique des processus, d'approvisionnement énergétique ainsi que leur puissance.

Pour améliorer l'endurance sous toutes ces formes et pour mieux comprendre l'effet de diverses méthodes et moyens d'entraînement et pouvoir les mettre en pratique, il faut connaître les différentes sources et différents processus de production d'énergie et l'activité musculaire et le métabolisme qui s'en suit des composés chimiques.

Au début, c'est l'ATP (Adénosine Tri Phosphate) qui fournit l'énergie nécessaire à l'effort car en réponse à une stimulation, le muscle transforme cette énergie chimique en énergie mécanique. Sachant que l'ATP est présente en petite quantité dans le muscle et ne peut assurer que l'énergie nécessaire pour quelques secondes. D'autres systèmes de resynthèse de l'ATP existent, tels que, la resynthèse de l'ATP par des processus aérobies (oxydation) et anaérobies (PC et glycolyse, sans apport d'O₂). Donc, la diminution de la concentration de l'ATP déclenche deux autres processus à savoir la glycolyse anaérobie lactique et le processus aérobie. Au cours du processus anaérobie lactique, l'accumulation d'acide lactique entraîne une élévation du pH sanguin (facteur limitant). Les charges de travail en endurance amènent à un épuisement plus ou moins marqué des réserves d'énergie, selon leurs durées et leurs intensités.

Selon (**Weineck**), pendant les 20 premières minutes d'une intense charge de travail, les réserves intracellulaires de glycogène diminuent assez rapidement, tandis qu'au cours des 40 à 60 minutes suivantes, elles diminuent plus lentement pour assurer l'utilisation du glucose sanguin et des graisses du muscle. Selon (**Saltin, 1973**) le glucose métabolisé durant les charges de travail sous maximales et maximales (95% du VO₂max). Mais, lorsque les charges de travail sont faibles (entre 30% et 50% de la VO₂max), la part du glycogène monte à 40% - 50% et c'est seulement lors d'effort de très longue endurance que la participation des graisses

monte à 90% puisque l'épuisement des réserves de glycogène hépatique et musculaire conduit à une carence en sucres. (**Senger et Donath, 1977, cité par (Weineck).**)

La dette d'oxygène ou l'organisme est en déficit demande plusieurs minutes pour assurer l'équilibre. Sachant que la capacité aérobie de l'athlète permet de faire un travail de longue durée grâce à l'énergie du processus oxydatif. Ces facteurs déterminants sont caractérisés par la dégradation aérobie des cellules et des lipides, par l'activité enzymatique de la respiration cellulaire, par un contenu de myoglobine dans les muscles, l'irrigation des muscles par le sang, la quantité d'hémoglobine (capacité d'oxygène dans le sang), le rendement du cœur, l'efficacité de la respiration dans ce processus ou les efforts sont d'une intensité modérée et de longue durée (plus de 2 à 3 minutes) et l'énergie est produite en quantité suffisante par l'oxydation du glucose (dégradation). Au cours de la filière aérobie, la production de l'ATP est la plus économique et la production de l'acide lactique est quasi nulle.

Donc l'endurance permet aux basketteurs une bonne tolérance des charges pendant l'entraînement, une élimination plus rapide des toxines d'où une meilleur récupération et une réduction des risques de lésions et blessures.

1.7.9. Evaluation de l'endurance:

Elle se fait généralement par la mesure de la VO₂max. Cette mesure peut se faire soit directement ou indirectement au laboratoire soit sur le terrain.

1.7.9.1 Au laboratoire :

- Mesure directe:

(Test du Sac de Douglas d'après (Arichaux et Medelli, 1990))

On utilise une bicyclette ou un tapis roulant, le sujet pédale ou court, un masque posé sur le visage ce qui permet de mesurer par comparaison la quantité d'oxygène absorbée et la quantité de (CO₂) gaz carbonique rejetée. Cette méthode est fiable et nécessite un appareillage lourd en milieu hospitalier.

- **Mesure indirect:**

(**Test d'Astrand et Ryhming, 1954**).

Cette épreuve consiste donc à faire pédaler le sujet pendant six minutes à une puissance constante, la fréquence cardiaque est mesurée pendant la dernière minute quand l'état est considéré comme stable. Elle doit être au minimum de 130 battements par minute.

Un monogramme **d'Astrand** dispense l'utilisateur des calculs de dépense énergétique et de pourcentage de VO₂max.

1.7.9.2. Sur le terrain

Les tests du VO₂max sur le terrain sont possibles grâce à la proportionnalité qui existe entre la fréquence cardiaque et le VO₂max. On cite par exemple, le test de Luc Leger ou le test de Cooper décrit par (**Arichaux et Medelli, 1990**). Ce Dernier test (**de Cooper**), consiste à parcourir la distance la plus longue en 12 minutes. Les sujets peuvent courir ou marcher pendant l'épreuve, seul compte la distance maximale parcourue. La valeur du VO₂max relative (en ml. kg⁻¹. mn) prédite à partir de la distance (en mètre) est donnée par l'équation suivante :

$$VO_{2max} = 0,022 \times \text{distance} - 10,39.$$

1.8. LA FORCE

1.8.1. Définitions et généralités :

La force est une qualité complexe, transversale aux autres qualités (endurance, vitesse, coordination, souplesse et apparaît souvent sous forme combinée (endurance de force, puissance ou force-vitesse, force maximale). Elle est aussi fonction du type de contraction musculaire(isométrique, concentrique, excentrique...).

Elle se mesure en newton. 1newton augmente la vitesse d'une masse de1kg de1mètre à chaque seconde. C'est la faculté de vaincre une résistance extérieure ou d'y résister grâce à des efforts musculaires selon (**Zatsiorski, 1966**).

(Letzelter,1990) définit la force musculaire comme étant « la tension qu'un muscle ou plus exactement qu'un groupe musculaire peut opposer à une résistance en un seul effort maximal».

(Gilles Cometti, 1999) retient plusieurs dimensions et considère que la force est une « aptitude propre à développer un effort contre une résistance ce terme en une seule contraction d'une durée non limitée ».

Toute contraction musculaire est productrice de force, cette force peut être employée pour maîtriser ou compenser des résistances.

Pour réaliser une action motrice, il s'avère nécessaire de déplacer au moins un segment du corps ayant un petit ou un grand poids. le mouvement implique la modification de l'inertie du segment respectif, ce qui ne peut pas se réaliser qu'à travers une force déterminée par la contraction ou l'extension d'un ou plusieurs muscles(**lassoued,1984**).

C'est la capacité du muscle à générer une tension interne suite à une stimulation nerveuse qui s'exprime par rapport à un segment corporel et/ou à une charge additionnelle externe selon **(Prévost, 2013)**.

C'est la tension qu'un muscle ou qu'un groupe musculaire peut opposer à une résistance en un seul effort maximal selon **(Fox et Matthews, 1984)**.

De point de vue biomécanique, la force est la source de toutes les modifications ou déformations des mouvements et elle est définie comme le produit d'une masse par sa vitesse

$$\mathbf{F} = \mathbf{M} \times \mathbf{V}.$$

La force permet de produire du mouvement ou un travail dépendant de la grandeur du déplacement ou encore des tensions et des pressions.

Avant d'énumérer plus spécifiquement les modalités de la force, il faut noter les deux majeurs aspects qui sont : la force générale et la force spécifique

1.8.1.1. La force générale :

C'est la manifestation de tous les groupes musculaires indépendamment de la discipline sportive

1.8.1.2. La force spécifique :

C'est la manifestation des groupes musculaires qui sont directement concernés dans la discipline sportive. La force n'apparaît jamais, dans les divers sports, sous une (forme pure) abstraite, mais constamment comme une combinaison, ou plus ou moins comme un mélange des facteurs physiques conditionnels de la performance selon (**Weinek, 1992**)

En se référant à l'aspect musculaire on peut parler distinctement de :

1.8.1.3. La force statique :

Lorsqu'il s'agit de la force que peuvent exercer les muscles sans qu'il y ait modification de leurs longueurs.

1.8.1.4. La force dynamique :

Lorsqu'il s'agit de la force que les muscles exercent au moment où la longueur de ceux ci est modifiée.

1.8.2. Types de force :

On distingue trois types de forces selon l'importance et la durée de l'intervention

1.8.2.1. La Force maximale

Dans la force maximale, on distingue une force maximale statique et une force Maximale dynamique. la force maximale statique est selon (**Frey,1977**) la force la plus grande que le système neuromusculaire peut exercer par contraction volontaire contre une résistance insurmontable ; la force maximale dynamique est la force la plus grande que le système neuro-musculaire peut réaliser par contraction volontaire au sein d'un développement gestuel. La force maximale statique est toujours plus grande que la dynamique, car une force maximale ne peut intervenir que si la charge (charge limite) et la force de contraction du muscle s'équilibrent (**Ungerer, 1970**).La force maximale dépend des facteurs suivants :

- section physiologique transversale du muscle,
- coordination intermusculaire (entre les muscles qui coopèrent à un mouvement donné).
- coordination intra-musculaire (au sein du muscle).

1.8.2.2. La force vitesse :

C'est la force nécessaire pour déplacer le corps, des parties du corps ou des objets à la vitesse la plus grande possible. Elle est surtout fonction de la coordination intramusculaire.

On la définit comme étant « la force maximale pouvant être développer pendant une limite de temps », (**weinek 1992**). · La force vitesse pour (**Helgo et letzelter, 1990**) est caractérisée par la capacité qu'à le système neuromusculaire de surmonter des résistances avec la plus grande vitesse de contraction possible (**weinek 1990**).

· La force- vitesse recouvre la capacité qu'a le système neuromusculaire de surmonter des résistances avec la plus grande vitesse de contraction possible selon (**Harre 1976, Frey 1977**).

1.8.2.3. L'endurance - force:

L'endurance- force est selon (**Harre, 1976**) la capacité de résistance à la fatigue de l'organisme en cas de performances de force de longue durée. (Les critères de L'endurance- force sont l'intensité du stimulus « en % de la force maximale de contraction » et l'amplitude du stimulus « somme des répétitions ». La modalité de la mobilisation d'énergie résulte alors de l'intensité de la force, de l'amplitude du stimulus, ou de la durée du stimulus.)

Pour (**cometti & coll. 89**) c'est la capacité de résistance de la musculation à la fatigue lors d'un effort prolongé ou répétitif (statique et dynamique).

1.9. La vitesse :

Sur le plan mécanique, la vitesse est le rapport d'un mouvement dans l'espace et dans le temps, et s'exprime par la relation qui se caractérise par La distance parcourue (L) par unité de temps (T)

$$V \text{ (m /s)} = L \text{ (m)} / T \text{ (s)}$$

La vitesse est la capacité qui permet d'accomplir des actions motrices avec la plus grande rapidité possible, sur le fonctionnement des processus du système neuromusculaire et de la force (**Dellal, 2008**)

1.9.1. Définition de la vitesse :

La vitesse est un ensemble de capacités extraordinairement diverse et complexes qui se présente dans les différentes disciplines de façon tout à fait différente. Les lutteurs, les boxeurs, ceux qui font l'athlétisme et les sportifs des sports collectifs se distinguent certes tous par une capacité de vitesse très développée, mais la forme que prend cette capacité diffère à bien des égards selon la discipline (**Turpin, 1990**), elle n'est pas seulement la capacité de courir vite, elle joue un rôle important dans les mouvements acycliques (saut, lancer) et dans d'autres types de mouvements cycliques (course sur glace, course à vélo) (**weineck, 4eme édition**)

La vitesse en basketball est différente de la vitesse en athlétisme. Cette nuance peut paraître évidente mais elle n'est pas appliquée par tout le monde. En effet, un match de basketball exige des qualités de vitesse différentes d'un sprinter de cent (100) mètres :

- le centre de gravité est plus bas pour permettre aux joueurs de changer plus facilement d'appuis et de directions, le joueur exécute des courses de différentes longueurs, des courses intenses avec des changements de direction etc.....Le déplacement improvisé du ballon engendre des adaptations comportementales de l'acte moteur. Les courses sont caractérisées par des déséquilibres permanents, avec des changements de direction, des freinages, des blocages, donc indirectement des contractions excentriques.

Selon **WEINECK**, la vitesse du sportif est une capacité très diverse. Elle implique non seulement la capacité d'action et de réaction rapide, la rapidité de départ et de course, celle du maniement de la balle, du sprint et de l'arrêt, mais aussi la rapidité d'analyse et d'exploitation de la situation du moment

Elle est aussi l'aptitude à effectuer des actions dans le plus court espace de temps.

C'est une qualité importante dans beaucoup de sports collectifs comme le basketball dans laquelle nous distinguons trois (3) paramètres de la vitesse que sont :

- Le temps de réaction qui est une durée qui sépare une réponse à un stimulus
- La vitesse gestuelle c'est-à-dire l'amplitude, le degré d'efficacité du geste
- La fréquence gestuelle qui consiste à faire un mouvement en temps minimum, selon (**koulibaly, 2005**).

La vitesse selon (**Frey, 1977**) est considéré comme étant basée sur des processus du système neuromusculaire et de la faculté inhérente à la musculature de développer la force, d'accomplir des actions motrices dans un segment de temps situé en dessous des conditions minimales données. Pour (**Drubigny et Lunzenfitcher, 1992**) , la vitesse peut être définie comme «la faculté d'effectuer des actions motrices dans un espace de temps minimal .

Selon (**Hebert, 2004**) la vitesse est la faculté permettant aussi bien de se déplacer rapidement que d'accomplir des gestes, des détente, des départs quasi instantanés à un signal donné .Elle est aussi l'aptitude à effectuer des actions dans le plus court espace de temps. Elle dépend de la nature du muscle, de l'influx nerveux, du relâchement musculaire et de la maîtrise technique, d'après (**Monod H, Flandrois S, 1994**).

1.9.2. Les composantes de la vitesse :

1.9.2.1. La vitesse de réaction :

C'est la capacité à réagir à un stimulus dans le temps le plus court (**Zatsiorski, 1996**). La vitesse de réaction est surtout exigée dans les sports collectifs et les sports de combats. Elle est la précision de la réaction dans ces sports.

C'est le temps qui s'écoule entre un signal et la réaction du sujet : l'exemple le plus simple est celui d'un sprinter qui réagit au coup de pistolet. Le temps de réaction dans ce cas est simple, car l'athlète sait ce qu'il doit faire au signal, on donne des chiffres de l'ordre de 110 à 130 millièmes de secondes pour les sprinters mondiaux.

(**Zatsiorski, 1996**) a montré que ce temps de réaction simple ne peut pas s'améliorer de façon importante (il parle d'un progrès de 18% au maximum). Quand un joueur doit réagir à un signal (une feinte par exemple) par un comportement véritable (démarrer à droite, à gauche) le temps de réaction est plus complexe. Ce temps de réaction complexe s'améliore beaucoup plus par l'entraînement, grâce surtout au travail spécifique (en jouant au basketball évidemment) et également grâce à des exercices proposés par les entraîneurs.

Selon (**Jordan f, Martin J, 1995**), il faut savoir que le temps de réaction peut apporter des gains de l'ordre de 5%. La vitesse de réaction détermine l'efficacité de l'exécution en diminuant le temps de réponse au stimulus provoquant la réponse motrice selon (**Le Guyader j, 1990**)

1.9.2.2. Vitesse de démarrage

La modélisation des efforts en basketball fait apparaître différents types de courses (arrière, pas chassés, blocage, changement de directions). Il est indispensable de travailler tous ces types de courses ainsi que les différents starters pouvant déclencher le sprint. Elle englobe des distances courtes directement influencées par la capacité de réaction, d'anticipation et d'action.

La qualité des appuis est essentielle au même titre que la fréquence gestuelle. Elle correspond au démarrage et aux changements de direction. Or ces actions sont omniprésentes lors de la pratique du basketball. Selon (**Romanova, 1990**),

Lors d'un entraînement intégrant des exercices de vitesse courte, le délai de récupération est de vingt quatre (24) heures. Le principal substrat énergétique, les phosphocréatines, régénère rapidement. Toutefois, nous devons faire attention au nombre de séries de répétitions pouvant induire une élévation importante de la lactatémie.

1.9.2.3. Vitesse d'exécution :

La vitesse d'exécution coïncide avec la vitesse de contraction maximale d'un muscle ou d'une chaîne musculaire au cours d'un seul geste technique (au tir, au rebond, au dribble, saut...) selon (**Zatsiorski, 1996**). Elle est la condition préalable de la maîtrise de la situation motrice nécessitant une action ciblée et rapide en relation avec les notions de vitesse d'exécution et de précision. Les sportifs ont souvent du mal à agir vite avec une grande précision, d'où l'expression courante : «il faut agir sans précipitation. » (**Turpin, 1990**).

D'ailleurs, une des principales différences entre le très haut niveau et le haut niveau concerne cette notion de vitesse d'exécution. De même, dans le système pyramidal des différents niveaux de compétitions, plus le niveau est élevé, plus cette vitesse gestuelle est importante. «Agir vite» dépend également de la capacité d'anticipation, Ces facteurs endogènes et exogènes sont à la fois contrôlés et non contrôlés. Anticiper les mouvements des adversaires, les mouvements de ses partenaires, la balle, tenir compte des différentes dimensions spatio-temporelles nécessitent une prise d'information perpétuelle et une anticipation de tous les instants selon (**Turpin, 1990**).

Selon lui toujours (**Turpin, 1990**), vite agir c'est anticiper, bien analyser les différents facteurs endogènes et exogènes, apprécier une trajectoire, et maîtriser le temps et l'espace. Cette vitesse d'exécution directement liée à la technique individuelle, constitue la coordination ainsi que tous les termes auxquels elle peut renvoyer (apprentissage moteur, anticipation, compréhension, analyse, feedback) selon (**Le Guyader J, 1990**).

1.9.2.4. Vitesse d'accélération :

C'est la vitesse maximale que peut atteindre un athlète. Elle varie en fonction des individus et peut être atteinte à des distances qui varient selon les postes, selon (**Turpin, 1990**).

Le travail d'accélération consiste à faire courir ses joueurs à une vitesse plus importante que leurs vitesses maximales afin de les habituer à de nouvelles fréquences gestuelles et autres éléments de la technique de vitesse. On veut alors surprendre le muscle. Ces exercices sont en général effectués sur une pente inclinée au maximum de 3% à 5% selon (**Macdougall J et coll, 1998**). Au-delà de cette inclinaison, la qualité de course est détériorée.

Enfin, nous devons savoir que le travail d'accélération augmente la sollicitation des groupes musculaires des ischio-jambiers.

1.9.5.5. Endurance vitesse

Selon (**Coulibaly G, 2005**) «c'est une capacité de résistance à la fatigue en présence de charges d'une intensité de stimulus sous maximale à maximale et une production d'énergie principalement anaérobie». Dans les exercices cycliques, cela signifie que la vitesse de déplacement obtenue sur de courtes distances ne doit pas être exagérément amoindrie par des phénomènes de fatigue ou d'inhibition. Dans les exercices acycliques comme les sports collectifs, cela signifie que malgré une longue durée de compétition, il faut pouvoir répéter continuellement des mouvements rapides.

C'est la capacité du joueur à effectuer des répétitions de sprints courts ou longs sans perte de vitesse (retour à un meilleur état de fraîcheur entre chaque sprint).

Ce travail permet de répéter des sprints et de maintenir le plus longtemps possible la vitesse maximale, d'augmenter les réserves de phosphagènes, d'être protégé contre l'acidification lactique (baisse du pH, sprints longs) et un retour à un meilleur état de fraîcheur avant chaque début de sprint.

Le délai de récupération approche soixante douze (72) heures car les joueurs accumulent des lactates et d'autres déchets métaboliques.

1.10. Définition du basket-ball :

Créé en 1891 par le professeur canadien d'EPS **James Naismith** à Springfield (Massachusetts, USA), Le basket-ball a connu une ascension fulgurante au point où il est devenu le 2eme sport collectif le plus pratiqué et le plus populaire au monde après le football avec 450 millions de pratiquants dont 100 millions de licenciés à travers le monde (**FIBA**).

Cette discipline a connue une incroyable évolution car les pratiquants sont tributaires à tout moment, à différentes contraintes dans le temps, dans l'action et dans l'espace.

C'est une rencontre entre 2 équipes composés de 5 joueurs (sur le terrain) chacune, et 5 remplaçants. L'objectif est de marquer dans le panier de l'adversaire (attaque) et d'empêcher celui-ci de marquer (défense) et l'équipe gagnante est celle qui marque le plus nombre de points à l'expiration du temps de jeu. (4x10 minutes). (**FIBA**)

1.10.1. Les exigences et les caractéristiques physiques du basketball moderne.

Selon (**Cometti, 2002**) le basketball comme tous les sports collectifs est constitué par une série d'efforts intermittents, une alternance de sprints courts et de sauts », pourtant ces efforts sont entrecoupés de périodes de récupération (active ou passive) relativement longues ; donc, on peu qualifier le basketball comme étant un sport rapide, intense et explosif.

Selon (**Mimouni Said et coll . 2007**), le basketteur doit être capable de courir à des rythmes souvent variables pour parcourir différentes distances avec de continuel changements de direction. On doit être capable donc de répéter ces efforts un grand nombre de fois, sous la pression d'un ou plusieurs adversaires dans un espace de jeu limité, sous le contrôle d'arbitres avec des temps de repos limités et brefs.

Sachant que le basketball se caractérise par des périodes de jeu très intense, une excellente condition physique est parfois insuffisante pour évoluer aisément tout au long d'un match, si

l'on n'est pas accoutumé à ce type d'effort. L'amélioration de la capacité de performance s'obtient par l'utilisation de stimuli d'entraînement.

Dans son livre «mieux s'entraîner» (**Crevecoeur G. 1988**), a donné une liste des différentes qualités physiques nécessaires aux basketteurs ; le basketteur moderne doit être capable de courir à des rythmes souvent variables pour parcourir des distances relativement longues avec de continuel changements de directions.

« IL faut que le basketteur ait une condition physique irréprochable. Pour cela, il doit développer plusieurs qualités physiques entre autres l'endurance, la vitesse et la détente »(**Crevecoeur, Lechien et Redoute, 1989**).

Selon le (**Dr Marc Cohen cité par (Cometti, 1999)**) et d'après sa thèse de doctorat en Médecine intitulée : « contribution à l'étude physiologique du basket-ball », il affirme que les ressources énergétiques essentiellement mobilisées en basket-ball seraient aérobies (à un régime proche de la puissance aérobie ou VO2 max) et anaérobie alactiques. Cependant cette hypothèse avancée il y a quelques années, selon laquelle l'effort chez le basketteur entraîné était de type « anaérobie lactique » n'est donc pas valide, car le modèle d'effort du basketteur n'est pas celui du coureur des 400 mètres (athlétisme).

Et aussi le changement de la réglementation en basketball en 2001 a changé carrément les types d'efforts et par conséquent les filières énergétiques qui interviennent aujourd'hui dans un match de basketball.

Donc on peut dire que le basket-ball est un sport de vitesse de réaction , d'enchaînement d'actions à très haute vitesse ou les joueurs doivent réagir, anticiper, freiner, éviter, pousser tout en gardant la plus grande lucidité possible pour choisir la bonne action au bon moment ainsi que garder la plus grande adresse possible c'est un sport multidirectionnel ou toutes les qualités ont un rôle à jouer plus ou moins important.

1.10.2. Types d'efforts en basketball :

Jusqu'en 1999, on pensait que le basketball était plutôt un sport à caractère aérobie et après l'étude sur la structure du jeu du championnat d'Europe en 1999, on penchait plutôt sur l'anaérobie lactique (**Sence, 2004**). Ceci est concordant avec l'étude de (**Travaillant et coll., 2003**) qui a montré une prépondérance pour les qualités anaérobie, (efforts courts et intenses) suivi d'une récupération plutôt longue.

Cet aspect intermittent du basketball, a été encore accentué par le changement du règlement de la discipline en 2001 à savoir, la règle des 24 secondes, des 4 périodes de jeu de 10 minutes et des 5 temps morts par équipe (**Laroche et coll., 2001**).

D'après les travaux de (**Cometti, 2002**), un match de basketball dure 63 minutes, pendant 63 minutes du temps, le joueur est en situation de repos (banc, arrêt ou marche). Sur les 37% restant, il produit pendant 27% du temps des actions physiquement modérées à allure moyenne et 10% du temps pour les actions rapides et intenses. Il faut noter que, cette étude a été réalisée lors de l'ancien format (2X20 minutes) avant le changement de la réglementation en 2001 qui était différente de celle de (**Travaillant et coll. 2003**) en (format 4X10minutes) ou la durée moyenne du match est montée à 81 minutes, soit 55% (45 minutes) d'arrêt de jeu et 45% (36 minutes) de jeu réel.

En regardant la littérature, nous pouvons constater qu'à l'intérieur de ces 36 mn on répertorie environ une centaine de sauts (grosse incertitude selon les auteurs qui montre que les observations sont encore insuffisantes à ce niveau) et une soixantaine de courses de 5 s maximum (données approximative également). On parle d'une course toutes les 60 s.

Le basketteur traverse au cours d'un match de basket-ball une moyenne situant entre 4 et 6 km pour 36 minutes de jeu réel, ce kilométrage varie avec le niveau de jeu, du poste de jeu ainsi que le nombre et les durées des attaques effectuées en compétition.

On constate, donc, la grande qualité des efforts et les récupérations relativement longues entre les courses. En conclusion, le basketteur doit courir à différentes allures, agir vite sans précipitation ou perte de contrôle, sauter haut et reproduire ces actes athlétiques des centaines

de fois dans un espace restreint, au milieu d'adversaires en respectant les règles du jeu selon **(Bosc et Grosgeorge, 1985)**.

1.10.3. Profil morphologique du basketteur de haut niveau

La structure et le poids sont deux facteurs importants pour la réussite sportive en basketball. **(Bosc G., 1996)** déclare que, les responsables du basketball sont persuadés que sans individus de grande taille. Il n'est pas possible d'obtenir les succès internationaux qu'ils espèrent. Les travaux de **(Volkova N. et Danilaora, 1973)**, ont prouvé que la moyenne des indices de la taille et du poids des basketteurs s'accroît au fur et à mesure que la qualification sportive s'élève. Le poids et la taille constituent les deux paramètres totaux qui suscitent le plus de curiosité de la part des différents chercheurs ; car à partir de ces deux indices, il est facile de calculer plusieurs autres indices, comme celui de **Schreider, de Quetelet, de Kamp, de Sheldon** et l'indice de la dépense énergétique.

1.10.4. Les contraintes énergétiques en basketball

Selon **(Crevecoeur, Lechien et redoute, 1989)**, les basketteurs sont amenés à une dépense élevée et de courte durée à cause des limites du terrain, mais aussi, par rapport au placement des coéquipiers et des adversaires, car le basket-ball nécessite une dépense d'énergie importante pour exécuter les nombreux changements de directions, d'anticipation de passes, de démarquage, d'aller vers l'attaque, de repli défensif.

D'autres contraintes sont à considérer tel que le ballon car il faut le dribbler, le passer, le contrôler, le tirer... et les fautes qui diminuent l'ardeur défensive et offensive du joueur

Donc le Basketball exige des qualités de vitesse, de force explosive et des qualités aérobies **(PMA)** ; car, elles sont très sollicitées lors d'un match et c'est pourquoi l'entraînement devrait comprendre des situations de jeu sollicitant la filière aérobie pour obliger le joueur à résister à la fatigue de certaines phases de jeu surtout la fin du match (niveau énergétique très sollicité) Le but de telle approche est d'entraîner les joueurs à passer d'un système énergétique à un autre, pour pouvoir répondre aux besoins de la compétition.

L'énergie d'origine anaérobie alactique joue un rôle important dans les accélérations brutales, les changements de directions, les démarrages rapides et les freinages...

D'après (**Bordignon, 1984**) cité par (**Grosgeorge et Buteau, 1996**), la puissance et la capacité de ce système sont décisives pour l'emporter sur l'adversaire. La durée des efforts à intensité modérée qui constituent des périodes de récupération sont généralement consécutifs à des séquences à intensité maximale. Ainsi, le joueur redescend de façon répétée à un régime aérobie lui permettant de reconstituer les réserves de ce système. Le basketteur traverse au cours d'un match de basketball une moyenne situant entre 4 km et 6 km pour 36 minutes de jeu réel, ce kilométrage varie avec le niveau de jeu et du poste de jeu, ainsi que le nombre et les durées des attaques effectuées en compétition.

Selon (**Hernandez, 1987**), 91% des actions de jeu en basketball durent moins de 60 secondes, dont 41% des actions sont comprises entre 0 et 20 secondes. Dans ce cas, on n'est pas informé sur l'intensité de l'effort mais sur la durée, car il faut savoir à quelle vitesse de déplacement s'effectuent ces actions, d'après lui l'intensité est mesurée par la vitesse de course comme suit :

Intensité	Vitesse de course
Forte intensité	Course >à 18Km/h
Moyenne intensité	Course entre 11 et 18 Km/h
Basse intensité	Course entre 3,6 et 11 Km/h
Récupération	Course >à 3,6 Km/h

Tableau N° 5 : Mesure de l'intensité par la vitesse de course (**Hernandez, galiano, 1987**)

Selon le (**Dr Marc Cohen cité par Cometti 1999**), et d'après sa thèse de doctorat en médecine intitulée : « Contribution à l'étude physiologique du basketball », il affirme que les ressources énergétiques essentiellement mobilisées en basketball seraient aérobies (à un régime assez proche de la puissance aérobie ou VO2max) et anaérobies alactiques.

Cependant, l'hypothèse avancée il y a quelques années, selon laquelle l'effort chez les basketteurs entraînés était de type « anaérobie lactique » n'est donc pas valide, car le modèle d'effort du basketteur n'est pas celui du coureur du 400 mètres. Selon (**Grosgeorge 1995**),

l'effort du joueur se caractérise par la variabilité de l'intensité, de la durée et des répétitions et c'est le développement couplé et la capacité à mobiliser les filières anaérobie alactique et aérobie qui constituent un facteur déterminant de la performance en Basketball. La lactatémie excède rarement 6 à 8 mM.l-1, selon **(Colli, Buteau, Benelli et coll.)**, elle est même souvent inférieure en fin de partie qu'après 10 minutes.

Une analyse de la répartition des temps d'effort et des temps de récupération a été menée. Ces données objectives combinées à des investigations biologiques (fréquence cardiaque et taux de lactate sanguin), ont permis de caractériser le type d'effort spécifique et de cibler la filière énergétique que l'entraîneur doit développer prioritairement. Il est alors, possible de proposer un modèle d'entraînement qui prend en compte à la fois les aspects physiques et techniques, selon **(Buteau et coll. Cité par El ghissassi, 1999)**.

1.10.5. Qualités physiques des basketteurs

Selon **(Carzola et dudal ,1986)**, les qualités physiques constituent l'ensemble des facteurs morphologiques, biomécaniques et psychologiques, dont l'interaction réciproque avec le milieu détermine l'action motrice. Réclamant de ses pratiquants une somme de qualités athlétiques telles que la détente, la vitesse et l'endurance. Le basket comme tous les sports collectifs est constitué par une série d'efforts, une alternance de sprints courts, de sauts et de repos actifs ou passifs. Le basketteur doit donc être capable de courir à des rythmes souvent variables pour parcourir des distances de longueurs différentes avec de continuels changements de direction. Il doit être physiquement capable de répéter ces efforts un grand nombre de fois, sous la pression d'un ou de plusieurs adversaires dans un espace de jeu limité, sous le contrôle d'arbitres avec des temps de repos courts et peu nombreux. Pour cela, il faut que le basketteur possède une condition physique irréprochable donc il doit développer plusieurs qualités physiques entre autres l'endurance, la vitesse et la détente selon **(Crevecoeur et coll., 1994)**.

1.10.5.1. L'endurance spécifique du basketteur :

Les matchs s'enchaînent à raison d'un ou deux par semaine durant toute la saison sportive, et sachant que le basketball se caractérise par des périodes de jeu très intenses, à cet effet, l'endurance spéciale des basketteurs constitue un paramètre essentiel à développer au cours des entraînements. Comme on vient de voir à propos des exigences de la discipline, le basketball demande de gros efforts pour maintenir le rythme du jeu, effectuer des actions explosives, résister à la fatigue... Cela, nous mène à accorder une grande importance au développement des capacités d'endurance générale et spéciale du basketteur. Cette capacité de performance en endurance joue un rôle déterminant en compétition ainsi que pour la faculté de résister à la fatigue.

1.10.5.2. La vitesse chez le basketteur :

La vitesse est une qualité très importante en basketball, cependant le jeu rapide est une véritable arme de l'attaque car il donne naissance à des mouvements offensifs fins et enchaînés comme des systèmes qui ont pour but de déplacer les joueurs dans des zones de haut pourcentage de réussite, ils se terminent souvent par un tir à proximité de la zone réservée ou par un tir en course, selon (**Grosgeorge et Bosc, 1985**). Nous distinguons la vitesse de réaction jusqu'à 2 à 3 secondes (une passe, un saut...), la vitesse du mouvement jusqu'à 6 à 7 secondes (un sprint, un repli défensif...) et l'endurance vitesse jusqu'à 20 secondes (une attaque suivie d'un repli et d'un rebond, par exemple) (**Crevcoeur et coll., 1988**).

1.10.5.3. La détente chez le basketteur

Posséder une bonne détente en basketball est primordiale, car il ne faut pas oublier que lors d'un match un joueur effectue en moyenne 150 à 300 sauts selon (**Crevcoeur et coll., 1994**). Cette qualité, qui se concrétise dans l'action au niveau de l'attaque et de la défense, influence le jeu. Un shoot à distance ou un Lay up pris avec plus de détente permet de s'écarter du défenseur. Sauter haut, signifie augmenter ses chances au rebond tant offensif que défensif selon le même auteur, Quand on sait que : «contrôler les panneaux en attaque et en défense,

c'est contrôler le match», on mesurera avec exactitude ce paramètre physique. Différents systèmes d'entraînement sont utilisés pour développer la détente (**Crevcoeur et all. 1994**).

Au cours de la pratique en basketball, le joueur est exposé à recevoir des coups ou à subir des chocs dus aux réceptions, sauts, aux chutes et au contact avec les adversaires. Pour cela, les basketteurs doivent développer leur force et leur puissance musculaire. Selon (**Huget, 1980**), la préparation du muscle exige un entraînement de longue haleine, fastidieux et douloureux, que les jeunes pratiquants ont tendance à refuser.

L'entraînement musculaire devra répondre au besoin de développer le volume et le nombre de fibres musculaires, d'augmenter la force et la puissance. Ainsi, le travail rapide avec des charges moyennes (40% à 60%) de la charge maximale paraît mieux adapté aux basketteurs.

1.11. L'hydratation chez le sportif de haut niveau

1.11.1. Rôle de l'exercice musculaire

L'exercice physique s'il est prolongé ou réalisé en ambiance chaude peut s'accompagner, pour des raisons de thermolyse sudorale, d'importantes pertes en eau et en sels minéraux. Ce déséquilibre hydrominéral peut avoir des conséquences défavorables sur la capacité physique et la santé des athlètes. Selon (**L. Kenney**) de l'université de Pennsylvanie aux USA, les besoins en liquide consommé par les athlètes pendant et surtout après l'exercice devrait être fondé sur le volume du liquide perdu par la transpiration.

L'apport recommandé de fluide peut être estimé comme étant la différence entre le poids corporel de l'athlète avant et après l'activité. Selon le même auteur, les besoins en liquide par jour pour les athlètes sont grands, car une déshydratation est déjà installée une fois l'athlète à soif. Donc pour le sportif, les besoins en liquide sont accrus de part les pertes plus ou moins excessives en eau, ils sont liés à la durée de l'effort, à son intensité et la température ambiante.

Les besoins spécifiques du sportif relèvent largement des pertes hydro électrolytiques sudorales. En effet, lors des efforts de longue durée avec forte sudation, les pertes hydro électrolytiques doivent être compensées au plus près.

(Sawka et coll. 2007) ont élaborés un tableau concernant les pertes sudorales lors de certaines activités sportives.

Sports	Conditions	débit sudoral l/h
Waterpolo	Entrainement (M)	0,29
	Compétition (M)	0,79
Natation	Entrainement (F) et (M)	0,37
Aviron	Entrainement été (M)	1,98
	Entrainement été (F)	1,39
Basketball	Entrainement été (M)	1,37
	Compétition été (M)	1,60
Football	Entrainement été (M)	1,46
	Entrainement hiver (M)	1,13
Football américain	Entrainement été (M)	2,14
Semi marathon	Compétition hiver (M)	1,49
Cross country	Entrainement été (M)	1,77
Tennis	Compétition été (M)	1,60
Squash	Compétition été (M)	2,37

Tableau n°6 : de pertes sudorales en sport de (Sawka et coll., 2007):

l'Institut de médecine de Washington en 2004 a élaboré un tableau pour les besoins en eau

Distance parcourue	Pertes en (litre)	
	Minimum	maximum
5 KM	0,5	0,7
8 KM	0,6	0,9
10 KM	0,8	1
15 KM	1,1	1,2
30 KM	1,2	2
50 KM	2,5	3,5

Tableau N° 7 : les besoins en eau selon la distance parcourue selon l’Institute of Medecine, Washington DC, N.A.P, 2004)

1.11.2. L’hyperhydratation chez le sportif de haut niveau :

L’hyperhydratation ou la surhydratation (consommation excessive d’eau) engendre une hyponatrémie (baisse du taux de sodium dans le sang). Chaque année la surhydratation provoque la mort de marathoniens... Cela fait bien longtemps, que l'on ne conseille plus aux coureurs de boire en très grande quantité. Des études publiées ces dernières années, ont montré combien cette recommandation pouvait être dangereuse. Une étude réalisée par l'expert en la matière (**Tim Noakes, 2002**), sur près de 500 coureurs ayant terminé le marathon de Boston 2002 a montré que 13% des coureurs présentaient une hyponatrémie à l'arrivée de l'épreuve. L'hyponatrémie est la baisse du taux de sodium dans le sang (<135 mmol/l). Elle peut provenir d'une fuite du sel contenu dans le corps (par transpiration...), mais surtout, par un apport important d'eau. Quand la baisse du taux de sodium atteint des niveaux critiques, elle peut avoir des conséquences graves sur l'organisme (œdème cérébral...).

Chapitre 3

Organisation de la recherche

Organisation de la recherche

2.1 Apport bibliographique

Cet apport nous a donné le moyen, à travers le passage en revue du champ théorique relatif à notre étude, de recueillir le maximum d'informations qui nous ont aidé à cerner le plus possible de données sur la déshydratation en général et sa particularité en basket-ball ainsi que les protocoles d'évaluation les plus récents.

L'analyse bibliographique nous a permis de consulter 121 titres et ouvrages :

- 24 Livres
- 04 Revues
- 80 Articles scientifiques
- 5 Thèses de doctorat
- 22 Sites internet

Les auteurs de différentes nationalités (Français, Américain, Espagnol, Serbe, Algériens, Tunisiens, Belges, Anglais), dont les langues essentielles sont (Arabe, Français et Anglais,).

2.2 Moyens et méthodes de la recherche :

2.2.1. Échantillon d'étude :

Lors de notre étude une pré-enquête a été réalisée sur dix (10) équipes de 1^{ère} division du championnat d'Algérie de basket-ball garçon ont été destinataires d'un questionnaire sur 100 basketteurs de haut niveau et leurs entraîneurs respectifs (10 entraîneurs) ont été interrogés . La première étude a été réalisée sur 20 joueurs de l'équipe masculine du lycée sportif national de Draria pour la 1^{ère} manche avec des caractéristiques suivantes :

Age (ans)	18 ± 0,94
Poids (kg)	73.62± 4.82
Stature (cm)	184,55 ± 6.46

Tableau N° 8 : caractéristiques de l'échantillon, équipe du lycée sportif national de Draria

La deuxième manche de l'étude a été réalisée sur l'équipe masculine Sénior du GSP (Groupement Pétrolier d'Alger) ex MCAlger qui se compose de 20 joueurs avec des caractéristiques suivantes :

Age (ans)	23 ± 0,62
Poids (kg)	80.21 ± 8.80
Stature (cm)	189 ± 6.46

Tableau N° 9 : caractéristiques de l'échantillon GSP

Ces joueurs participent aux Championnats national et internationaux (Championnat d'Afrique et Championnat arabe) ainsi qu'aux éliminatoires de la coupe d'Algérie, coupe d'Afrique et coupe Arabe. 9 joueurs participent aux regroupements de l'équipe nationale Algérienne.

L'équipe s'entraîne en moyenne entre 7 h 30 et 8 h 30 heures par semaine (5 entraînements d'une durée moyenne de 1 h 30) plus une compétition par semaine.

2.5.2. Matériel :

Durant la réalisation de nos tests, nous avons utilisé le matériel suivant :

- La balance médicale :

Pèse personne, elle est utilisée pour la pesée du poids du corps avec une précision de 50g.



Figure N°4 : Balance médicale

- **L'ergotest pour réaliser les tests de la détente verticale :**

Pour le matériel, nous avons choisi L'**Ergotest** pour plusieurs raisons :

- **Facilité d'utilisation** : Non seulement l'**Ergotest** est très facile à utiliser, mais aussi il peut être utilisé dans le laboratoire et sur le terrain de basket-ball.
- **Disponibilité** : L'**Ergotest** est disponible au niveau du laboratoire des adaptations et de la performance sportive (ES/STS).
- **Fidélité** : les mesures répétées, effectuées sur les mêmes sujets dans des conditions identiques, fournissent les mêmes résultats.
- **Validité** : les résultats fournis par l'**Ergotest** sont fiables et valides, cette validité est démontrée dans les recherches de (Morlier,2001), (Linthorne, 2001), (Babault et Cometti, 2004) et (Cometti 2002, 2006)

- **Tapis de Bosco ou Ergotest :**

Bosco a mis au point un tapis de contact qu'il a appelé " **Ergotest** " qui permet d'effectuer, de façon rapide, des tests de détente. L'**Ergotest** se compose de :

- un tapis composé de contacteurs qui déclenchent un chronomètre quand l'athlète est en contact avec le tapis ou quand il est en suspension.
- un chronomètre-calculateur de grande qualité qui permet l'enregistrement des temps de nombreux athlètes en même temps. Il peut ainsi être relié à des cellules photoélectriques.

Relié à un tapis de contact, il permet de mesurer la détente soit sur des sauts simples soit sur des multi sauts (réactivité ou puissance). Il est entièrement programmable et permet d'enregistrer le nombre de sauts sélectionnés, il enregistre aussi les temps de contact et de suspension de l'athlète et les transforme en centimètres d'élévation du centre de gravité. Les données peuvent ensuite être transférées sur un ordinateur.

Figure N°5 : Le tapis de Bosco



- **Cardiofréquence**mètre :

La fréquence cardiaque est mesurée grâce à une ceinture pectorale qu'on porte autour du buste. Celle-ci est composée de deux électrodes et d'un émetteur. Lorsque le cœur bat, il émet un très faible champ électrique. Celui-ci est capté par les électrodes puis transmis à la montre par l'émetteur de la ceinture.



Figure N° 6 : Cardiofréquence

Matériel divers :

Décamètre, Haies, chaises, craie, micro-ordinateur. bandes adhésives, calculatrice , chronomètre.....

2.6. Méthodes :

Notre protocole d'étude consiste à évaluer et à comparer la vitesse, la force et l'endurance spéciale du basketteur de haut niveau par rapport à deux états différents, normalement hydraté et déshydraté dans la 1ère manche de l'étude, on a observé 10 équipes, 100 joueurs et nous avons réalisé des tests de pesée (perte hydrique, test course navette 2x40 m et endurance tirs 2x50 secondes. Durant la 2ème manche et durant 3 périodes différentes de la saison, des tests ont été réalisés à deux jours de décalage, d'abord en état normal d'hydratation avec la possibilité de s'altérer durant le test à volonté et en second en état de déshydratation, (déshydratation volontaire, restriction de s'altérer 2heures avant les tests et pendant le test jusqu'à la fin de la séance.)

2.6.1.Méthode des tests :

Toute recherche scientifique, méthodiquement élaborée, repose sur les résultats réalisés. Ils représentent un moyen efficace de contrôle dans le processus d'étude et d'entraînement. Pour la réalisation des différents tests, nous avons utilisé les protocoles suivants (Cometti, 2002) :

Protocole 1 :

2.6.2. Protocole 1 (Squat Jump) : (SJ)



Figure N° 7: Squat jump

Nous avons effectué une mise en train (échauffement) de 15mn, plus quelques séries de mouvements de gainage suivi d'une pause de 3 min avant chaque test.

Objectifs du test : Mesurer la hauteur du saut de chaque athlète « la détente verticale »

Exécution : 3 répétitions en cherchant la hauteur maximale.

Déroulement : Départ debout, mains sur les hanches, regard droit devant, fléchir les genoux à 90° et rester immobile. Au bip court, sauter le plus haut possible sans élan, en gardant les mains au contact de la taille. La réception se fait de manière souple et amortie

2.6.3. Protocole 2 : Le demi cooper ou le test de 6 minutes :

Le test de Demi cooper a été utilisé pour calculer la VMA de chaque athlète, il indique la vitesse qui est témoin de la capacité de chaque athlète à oxygéner ses muscles pendant l'effort, elle est essentielle pour établir les intensités d'effort du programme d'entraînement.

Il est préférable de réaliser ce test sur une piste d'athlétisme, nous l'avons réalisé autour du terrain de basketball , ou nous avons placé des plots à chaque coin du terrain de jeu.

Le but est simple, c'est d'essayer de réaliser ou de couvrir la plus grande distance en 6 minutes,

Après un échauffement de 10 à 15 minutes en course lente suivi de 2 courses rapides de 40 à 50 mètres avec retour trottiné sur la distance en guise de récupération, puis repos de 2 minutes avant de commencer le test.

La valeur de la VMA correspond à la distance parcourue en mètres divisée par cent (D/100)

2.6.4. Protocole 3 : Sprint sur 30 mètres

Ce test a été choisi pour évaluer la vitesse simple (V-S) des sujets. Ce test a été élaboré

par **Maximienko GN** en **1980** , auteur de l'ouvrage « évaluation de la valeur physique », à l'INSEP de Paris pour la détection des talents en course de vitesse. Ce test a été utilisé lors d'une évaluation des performances de la vitesse maximale et des qualités vitesse-force chez les coureurs de vitesse.

On trace avec des bandes adhésives une ligne d'arrivée sur une distance de 30 mètres à partir de la ligne de fond, après un échauffement de 10 à 15 minutes l'athlète se prépare à la course et se met sur la ligne de fond. Le départ est lancé sur l'initiative du joueur, dès qu'il entame la course, on déclenche le chronomètre.

Le chronométrateur bloque son chrono une fois que la tête du joueur franchit la ligne d'arrivée. 3 essais sont enregistrés, le meilleur essai est retenu pour chaque sujet.

2.6.5. Protocole 4 : Test d'agilité T :

Le changement de direction d'un sportif peut se faire avec un test de terrain qui s'appelle le « T-test ». Il s'agit de mettre en place une course en faisant un « T ». Il s'agit alors d'effectuer le trajet de 36,4 mètres le plus rapidement possible en passant par les points : A B C D B A .

Cependant nous pouvons effectuer également, le trajet en effectuant : A B D C B A comme indiqué sur la figure N° 9.

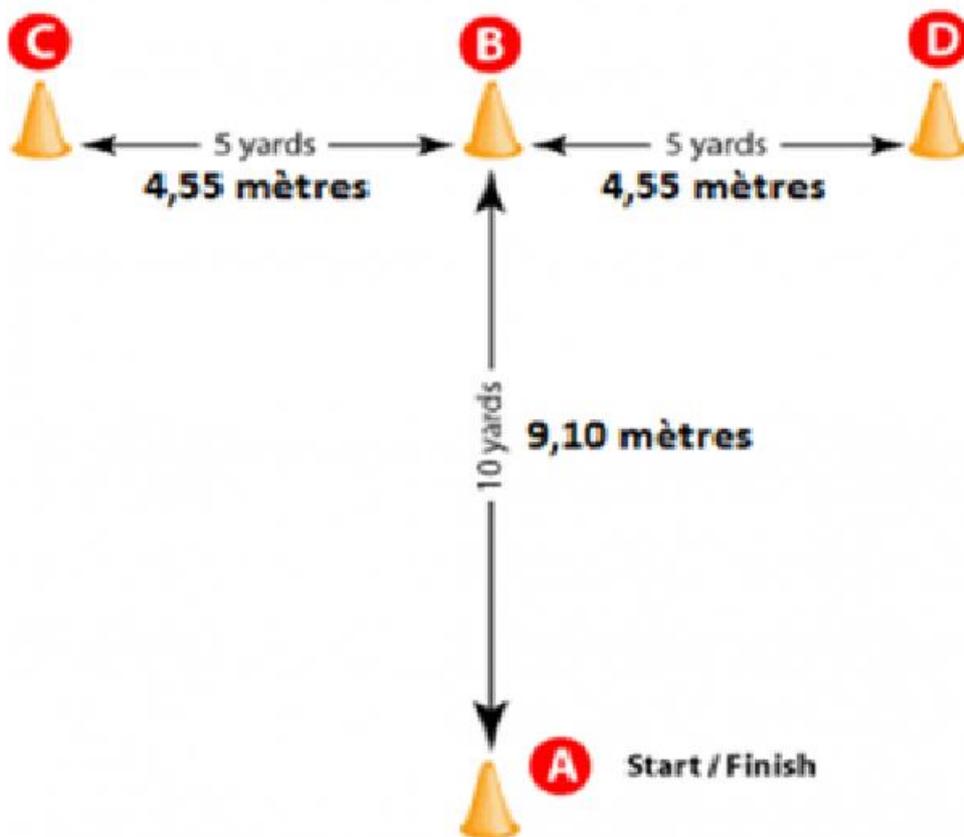


Figure N°8 : Test d'agilité « T test »

En fonction du temps effectué, il suffit de se reporter sur le tableau suivant pour savoir si le joueur possède une bonne capacité de changement de direction.

	Homme	Femme
Excellent	< 9,5 s	< 10 S
Bon	9,5 – 10 s	10 - 11,5
A améliorer	10 – 11,5 s	11,5 – 12,5 s
Faible	>11,5 s	> 12,5 s

Tableau N° 10 : Résultats test T

2.6.6. Mesure de la masse corporelle :

Le sujet pieds nus, en tenue légère, est pesé à l'aide d'une balance étalonnée à 50g près, avant et après chaque séance test. L'unité de mesure est le kilogramme (kg).

Nous avons relevé le poids de chaque athlète avant et après chaque séance test pour les différents états (hydraté ou non hydraté) durant les 3 périodes indiquées sur le protocole, à savoir la période préparatoire, la période compétitive et la période transitoire, on a utilisé la moyenne de chaque mesure pour chaque période.

2.6.7. Mesure de la fréquence cardiaque :

Par manque de moyens dans notre cas le nombre insuffisant du cardiofréquencemètre et étant donné que le nombre d'athlètes de notre échantillon (20 athlètes) est assez conséquent , nous étions obligés de calculer la FC avec la méthode classique de la prise du pouls au niveau du poignet et qui reste tout de même une méthode toujours utilisée dans le milieu sportif.

Les mesures ont été prises après chaque test et, Nous avons relevé uniquement une moyenne pour chaque athlète, suivant les 2 états étudiés (normalement hydraté et déshydraté) et pour les 3 périodes afin qu'on puisse comparer les performances enregistrées par rapport aux données de la littérature.

2.6.8. Mesure de la perception de l'effort à travers l'échelle RPE de Borg.

Borg a développé un modèle permettant des évaluations absolues et des comparaisons interindividuelles, ce modèle suppose que l'écart entre la sensation minimale et la sensation maximale, est identique pour tous les sujets qui doivent être capables de situer de manière précise leurs sensations sur un étalonnage précis, cette étalonnage est basé sur des expressions verbales après avoir mis au point différentes échelles de perception de l'effort et des contraintes lors d'activités.

Nous avons utilisé une échelle bien précise appelée le **RPE (Rating of Perceived Exertion scale)**, qui est une échelle de perception globale de l'effort pour son évaluation subjective perçu à 15 niveaux. Les indices d'effort perçu ont été validés pour être parfaitement

applicables aux mesures psycho-physiologiques pour évaluer la tolérance à l'effort, prescrire et contrôler l'intensité de l'exercice physique et prédire les performances.

Il a été établi une relation entre le niveau de la perception globale de l'effort et la FC. La

$$\text{formule : } FC = RPE \times 10$$

Elle est valable pour des sujets jeunes actifs et sains, cela signifie qu'une sensation globale d'effort de 12 correspondrait à une fréquence cardiaque de 120 pulsations par minute

Perception de l'intensité de l'effort	Lien avec une séance type d'activité physique
6	Échauffement / retour au calme
7 Très très légère	
8	
9 Très légère	
10	
11 Moyenne	Zone cible (FCC)
12	
13 Un peu difficile	
14	
15 Pénible	
16	Zone d'effort très intense
17 Très pénible	
18	
19 Très très pénible	
20	

Tableau N° 11 : Echelle RPE de Borg

2.6.9. Méthode de calcul statistique :

- Partie descriptive

Pour le traitement des données recueillies, nous avons calculé la moyenne arithmétique, l'écart type, la variance et le coefficient de variation (**Champely, 2004**).

- a) La moyenne arithmétique : somme des valeurs mesurées divisées par leur nombre, elle détermine la valeur moyenne d'une série de calculs.
- b) L'écart type : Nous renseigne sur la dispersion des valeurs autour de la moyenne.

- c) Variance : en rapport direct avec l'écart type, elle nous renseigne sur la fluctuation des valeurs autour de la moyenne.
- d) Coefficient de variation : sans dimension et indépendant des unités choisies, il permet de comparer des séries statistiques exprimées dans des unités différentes. Exprimée en pourcentage, l'évaluation se fait comme suit :
- $CV \leq 10 \%$; grande homogénéité
 - CV compris entre 10 % et 20 % ; moyenne homogénéité
 - $CV \geq 20 \%$ grande hétérogénéité

Partie analytique

Comparaison de deux moyennes :

La question peut se poser si le résultat des moyennes est différent. Cette différence peut être le fait du hasard comme elle peut être un fait significatif. Pour évaluer la signification de la différence existante entre deux moyennes arithmétiques, on utilise le test de **Student** pour le calcul des moyennes de deux échantillons appariés (lorsqu'un groupe est testé deux fois). Le critère de Student calculé (T_c) est comparé au critère de Student tabulé (T_t) qui est indiqué sur plusieurs niveaux de significations.

Nous pouvons tirer des déductions suivantes :

Si $T_c > T_t \rightarrow$ la différence est significative

Si $T_c < T_t \rightarrow$ la différence est non significative

2.6.10. Méthode du questionnaire :

Deux questionnaires ont été distribués aux 100 joueurs de ligue 1 du championnat d'Algérie de basketball seniors garçons ainsi que leurs entraîneurs respectifs,

(Voir les questionnaires en annexes)

2.7. Déroulement de la recherche :

L'organisation de notre travail de recherche s'est étalée sur 6 ans où nous avons suivi les étapes et le cheminement suivant :

1er Etape : « Du 20 Septembre 2013 au 20 Juin 2015

- Identification de la question.
- Recueil des données bibliographiques.
- Mise au point des protocoles de tests
- Choix des mesures à réaliser pour l'étude.
- programmation des tests.

2eme Etapes : De septembre 2015 au juin 2016

- Finalisation des protocoles.
- Détermination d'un calendrier de réalisation des tests et les mesures indispensables à l'étude , (Poids , FC).
- Distribution et recueillement des questionnaires pour les 10 équipes du championnat , ou on a interrogé les 100 joueurs avec leurs 10 entraîneurs respectifs.
- Réalisation des tests de pesée, et des tests de tirs et de distance parcourue pour l'équipe du lycée sportif national de Draria.

3eme Etapes : Septembre 2016 au juin 2017

- Elaboration des tests. de la détente verticale, du test demi cooper et du test des sprints sur 30 mètres et du T test d'agilité.

Tests	Protocole	Lieu	Date	Heure	Equipe
Pliométrie+pesée+ test de borg	Test de la détente verticale	Salle OMS Hydra	08/10/2018 (H) 10/10/2018 (NH)	9h00- 11h00	GSP

Endurance+ pesée + test de borg	Demi cooper Test des 6 minutes	Terrain athlétisme Annexe 5 juillet	15/10/2018 (H) 17/10/2018 (NH)	9h00-11h	GSP
Vitesse+ pesée + test de borg	Sprint sur 30 mètres + T test	Salle OMS Hydra	23/10/2018 (H) 25/10/2018 (NH)	09h00-11h	GSP

Tableau N°12 : Tests de la 1ere période : (Période préparatoire)

Tests	Protocole	Lieu	Date	Heure	Equipe
Pliométrie+pesée+ test de borg	Test de la détente verticale	Salle de basket L'ENS/STS	14/01/2019 (H) 16/01/2019 (NH)	9h00-11h00	GSP
Pliométrie+pesée+ test de borg	Demi cooper Test des 6 minutes	Terrain athlétisme Annexe 5 juillet	22/01/2019 (H) 24/01/2019 (NH)	9h00-11h	GSP
Vitesse+ pesée + test de borg	Sprint sur 30 mètres+ T test	Salle de basket L'ENS/STS	30/01/2019 (H) 01/02/2019 (NH)	09h00-11h	GSP

Tableau N° 13 : Tests de la 2eme période : (Période compétitif)

Tests	Protocole	Lieu	Date	Heure	Equipe
Pliométrie+pesée+ test de borg	Test de la détente verticale	Salle OMS Hydra	07/05/2019 (H) 09/05/2019 (NH)	9h00-11h00	GSP
Endurance+ pesée+test de borg	Demi cooper Test des 6 minutes	Salle OMS Hydra	15/05/2019 (H) 17/05/2019 (NH)	9h00-11h	GSP
Vitesse+ pesée + test de borg	Sprint sur 30 mètres+T test	Salle OMS Hydra	22/05/2019 (H) 24/05/2019 (NH)	09h00-11h	GSP

Tableau N° 14 : Tests de la 3eme période : (Période transitoire)

4^{ème} Etape : « Du 10 Septembre 2017 au 20 Juin 2019 »

- Réalisation du programme des tests selon le calendrier mentionné au tableau N°
- Le traitement statistique des tests.
- Interprétations et discussions des résultats

5^{ème} Etape : « Du 20 Septembre 2019 au 10 Mars 2020 »

- Finalisation de la thèse.
- Préparation de la soutenance.

Chapitre 4

Présentation et analyse des résultats

Présentation et analyse des résultats

Dans le chapitre 3, Nos résultats seront présentés en 2 manches, la 1ere manche est présentée en 2 parties en premier lieu nous présenterons les résultats des questionnaires de la prés-enquête pour celui des 100 athlètes interrogés et celui des 10 entraîneurs, illustré par des tableaux, ainsi qu'une comparaison entre ces résultats.

Après, nous analysons les comparaisons entre les pertes hydriques avant et après les séances prévues dans les deux cas de figure (normalement hydraté et à jeun) et puis nous analysons les comparaisons dans les mêmes conditions les résultats des tests de course navette 2x40 secondes et le test d'endurance tirs 2x50 secondes.

Pour la 2eme manche de ce chapitre nous allons présenter, interpréter et analyser les tests de l'étude concernant le SJ , la course sur 30mètre, le test T d'agilité et le demi cooper à la fin nous aborderons les derniers tests qui concernent la masse corporelle , la FC et le test de la perception de l'effort RPE de Borg .

3.1. Résultats et Analyse de la 1ere manche :

3.1.1. Résultats et analyse de la 1^{ère} partie : « pré enquête »

Sur le tableau n°1, on constate que la valeur « importance moyenne » est prédominante chez les athlètes avec une moyenne de 36,7%, ce qui traduit que dans l'ensemble et pour la majorité de nos athlètes la question de l'hydratation est d'une importance moyenne contre 10,9% qui ont indiqués que le sujet est très important et 22,1% important.

Il y a lieu à signaler, quand même que 9,6% n'ont pas accordé de l'importance à l'hydratation et 20% pour la mention « peu important ». On constate que les résultats sont très différents d'une équipe à une autre, c'est très varié et au sein de la même équipe existe beaucoup de différences aussi dans les réponses.

Equipes	valeur(1)	valeur(2)	valeur (3)	valeur (4)	valeur (5)
Equipe 1	7	20	47	23	4
Equipe 2	13	26	34	20	6
Equipe 3	8	19	39	22	12
Equipe 4	11	17	36	22	14

Equipe 5	9	24	37	19	11
Equipe 6	12	23	32	23	10
Equipe 7	9	20	37	21	13
Equipe 8	11	20	34	24	11
Equipe 9	8	19	35	26	12
Equipe 10	8	18	36	21	16
Σ	96	206	367	221	109
%	9.6%	20.6%	36.7%	22.1%	10.9%

Tableau n°15 : Récapitulatif des résultats de l'ensemble des athlètes (100) pour les 10 équipes

Quand aux entraîneurs les résultats sont différents, car la grande majorité accorde la mention « Important » à l'hydratation avec une moyenne de 39%, et seulement 27% lui accordent une importance moyenne et 22% lui accordent la mention « très important ». Cependant, 2% seulement n'accordent aucune importance à ce sujet et 10% donne peu d'importance à l'hydratation

	Non important (1)	Peu important (2)	Importance moyenne (3)	Important (4)	Très important (5)
Question 1	/	/	1	8	1
Question 2	/	1	1	5	3
Question 3	/	1	3	4	2

Question 4	/	1	3	4	2
Question 5	/	1	2	4	3
Question 6	/	2	2	4	2
Question 7	1	1	5	2	1
Question 8	1	2	5	2	/
Question 9	/	1	4	2	3
Question 10	/	/	1	4	5
%	2 %	10%	27%	39%	22%

Tableau N° 16 : Résultats du questionnaire destiné aux entraîneurs

3.1.2. Résultats de la 2^{ème} partie: « observation »

3.1.2.1. Résultats 1^{ère} séance « pertes hydriques » :

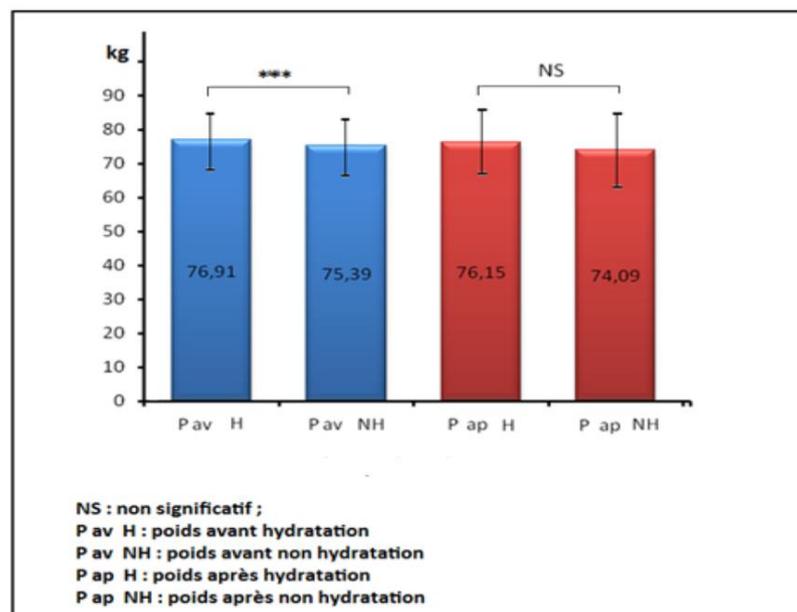
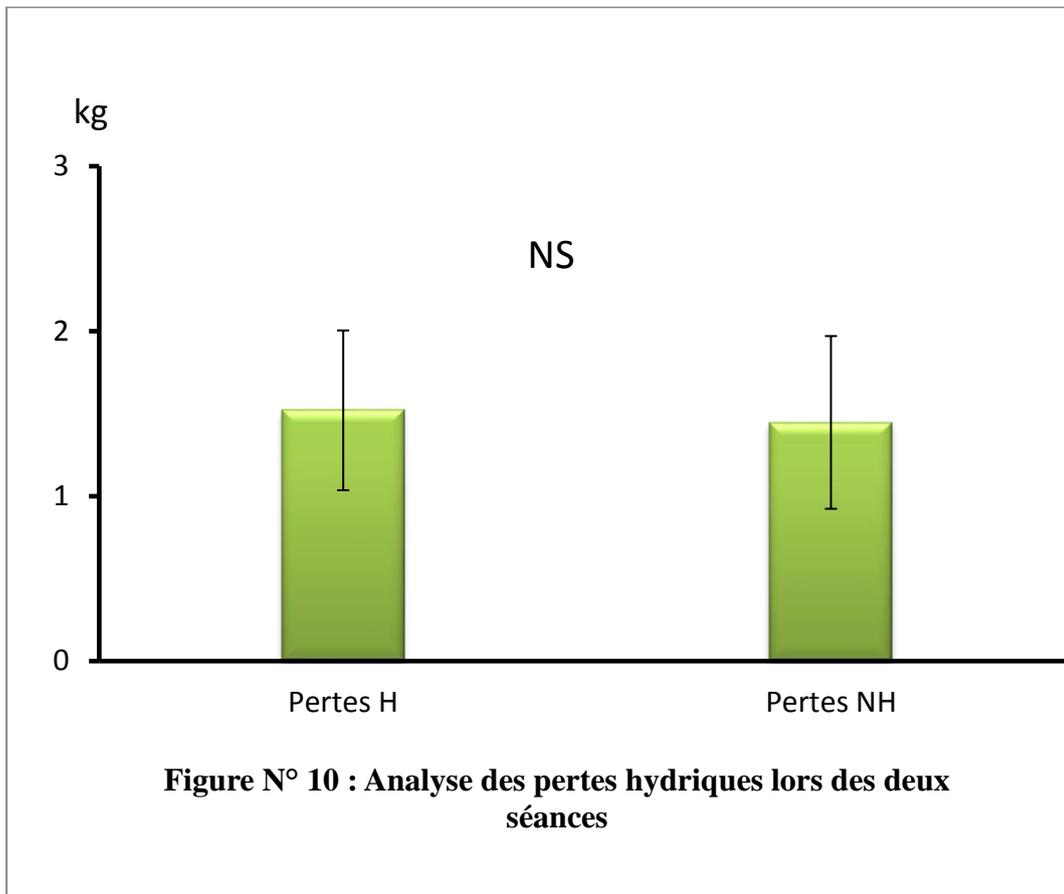


Figure N°9 : Analyse de la pesée hydrique lors des séances étudiées

Comme l'exprime les résultats enregistrés dans la figure n°1, il ya lieu de noter que, la moyenne du poids des athlètes avant la 1^{ère} séance (H) était de 76,91 kg avec un écart type de 8,06 kg. Et puis elle a baissé à 75,39 kg avant la 2^{ème} séance avec un même écart type, c'est-à-dire, 8,06 kg. Cette différence est statistiquement très significative au seuil de confiance choisi, ($p < 0,001$).

Pour la pesée après la 1^{ère} séance la moyenne était de 76,15 kg pour un écart type de 8,38kg, elle a chuté jusqu'à 74,09 kg avec un écart type de 9,22 kg ; malgré cette diminution constatée, elle reste statistiquement non significative.



pour en ce qui concerne les pertes, la moyenne était de 1,52 kg pour un écart type de 0,48 kg pour la 1^{ère} séance, elle était de 1,45 kg pour un écart type de 0,52 kg. Concernant les pertes, l'analyse statistique n'a relevé aucune différence significative.

3.1.2.2. Résultats et interprétation du 1er test :

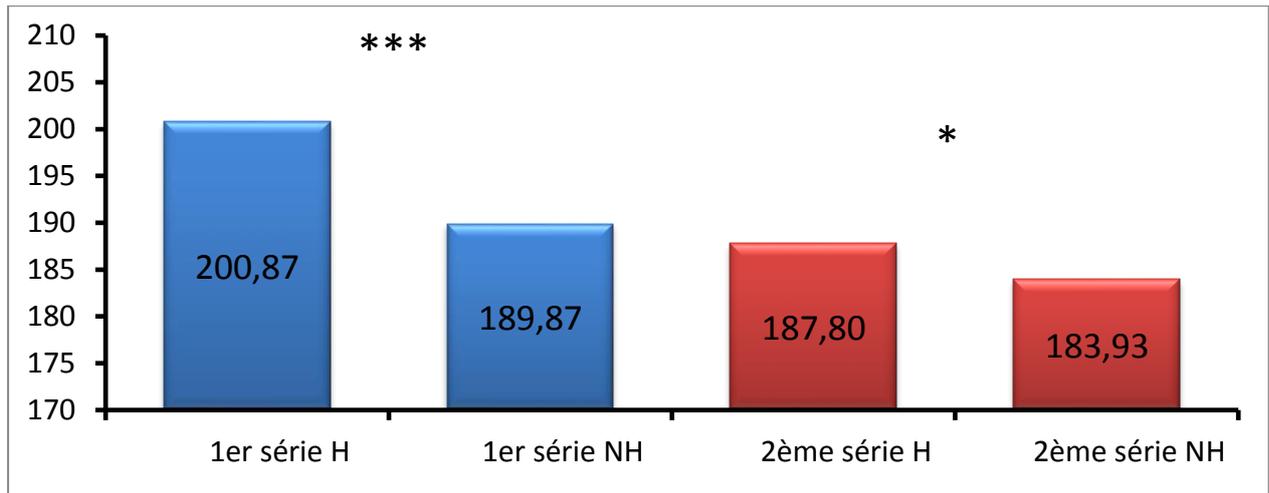


Figure N° 11: Analyse des distances effectuées lors du 1^{er} test au cours des deux séries

Sur la figure n°3, on constate que lors de la 1^{ère} série, la moyenne de la distance au cours de la 1^{ère} séance était de 200,87 m avec un écart type de 5,99 m, celle-ci descend à 189,87 m avec un écart type de 6,17 m. Cette différence est statistiquement très significative ($p < 0,001$).

Pour la 2^{ème} série, la moyenne de la distance lors de la 1^{ère} séance était de 187,80 m \pm 7,00 m, alors que lors la 2^{ème} séance, elle n'était que de 183,93 m \pm 6,98 m. L'analyse statistique révèle une légère significativité entre les deux séances au seuil de confiance de ($p < 0,5$).

3.1.2.3. Résultats et interprétation du 2^{ème} test :

- 1^{ère} série :

Comme le montre la figure n°4 on constate que pour la 1^{ère} série du 2^{ème} test, la moyenne du nombre de tirs lors de la 1^{ère} séance était de $14,93 \pm 1,53$; elle était lors de la 2^{ème} séance à $12,80 \pm 1,61$. L'analyse statistique du test de student révèle une différence hautement significative à $p < 0,001$.

Pour la distance parcourue au cours de la 1^{ère} série, la moyenne était de $94,73 \pm 6,54$ au cours de la 2^{ème} séance, elle était à $79 \pm 8,48$ m. cette différence dans les distances parcourues est très significative entre les 2 séances ($p < 0,001$).

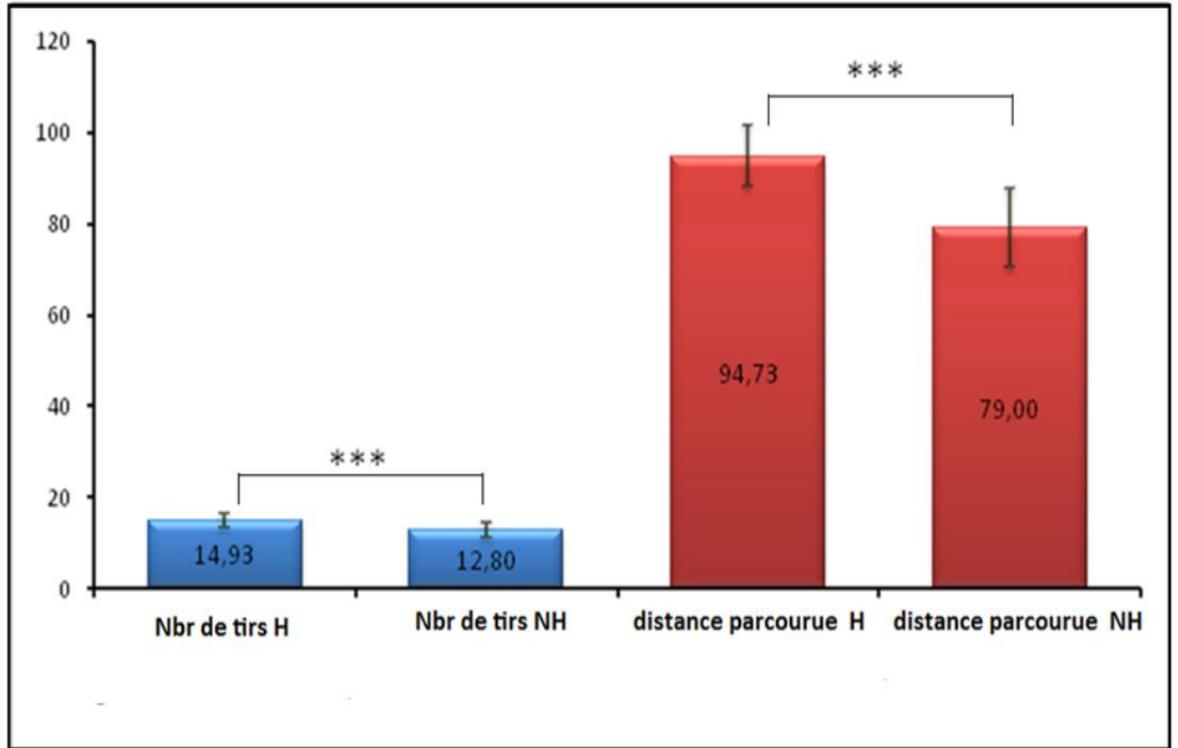


Figure N° 12 : Analyse du nombre de tirs et de la distance parcourue du test 2, série 1 .

Sur la figure n°5 et pour le nombre de tirs marqués, la moyenne était de $3,13 \pm 1,41$ pour la 1^{ère} séance et également la même moyenne pour la deuxième séance, c'est-à-dire, $3,13 \pm 0,92$. La différence était statistiquement non significative selon le test de student.

Enfin pour le pourcentage de réussite la moyenne était de $20,76 \pm 9,13$ pour la 1^{ère} séance et $24,46 \pm 6,36$. La différence était également non significative selon le test de student.

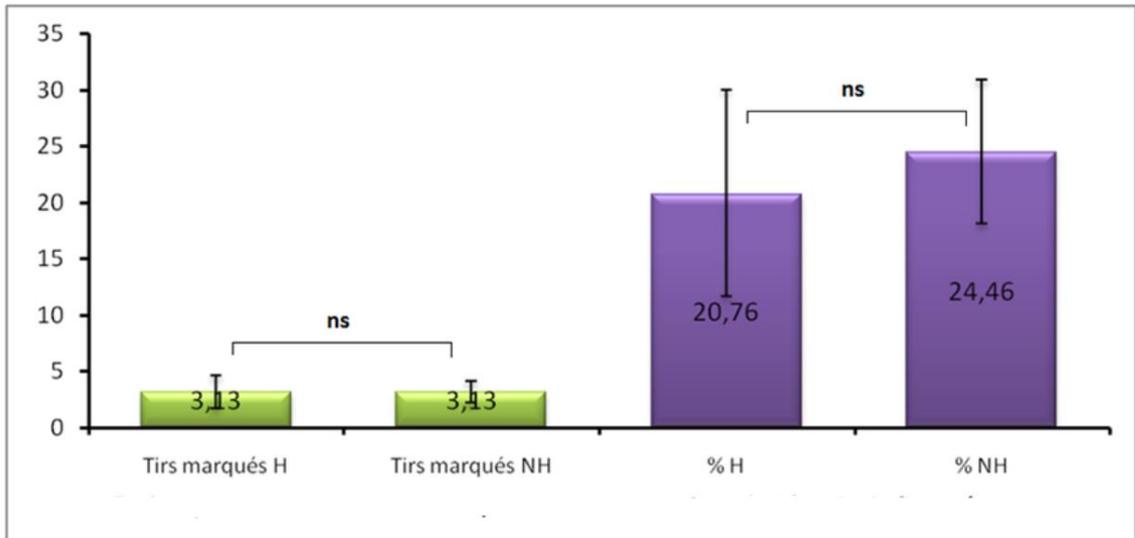


Figure N° 13 : Analyse du nombre de tirs marqués et leur pourcentage du test 2, série 1

- 2^{ème} série :

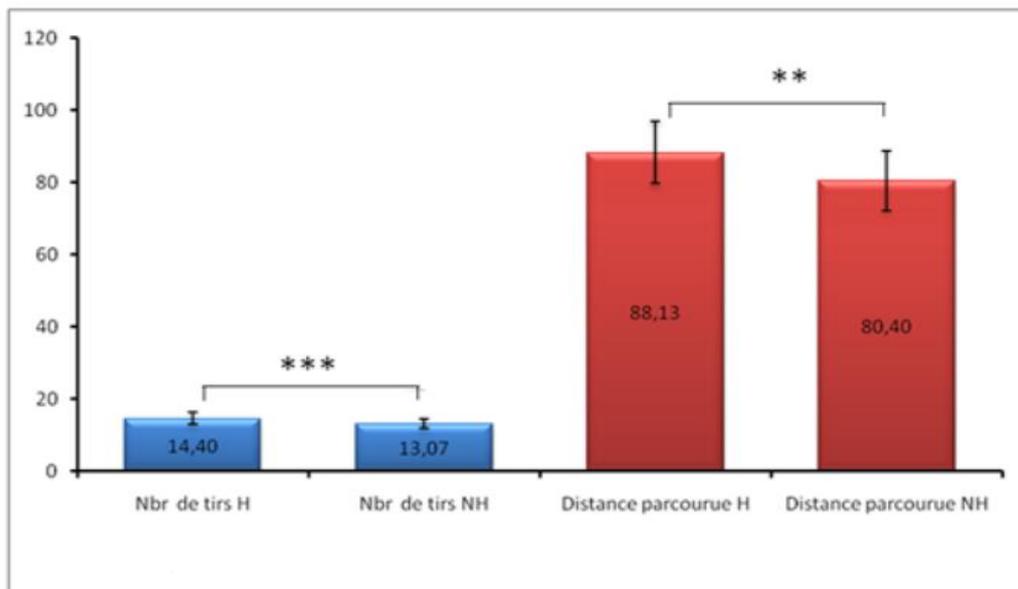


Figure N° 14 : Analyse du nombre de tirs et de la distance parcourue, test 2, série 2.

Sur la figure n°6, on a enregistré que, pour la 2^{ème} série du 2^{ème} test, la moyenne du nombre de tirs lors de la 1^{ère} séance était de $14,40 \pm 1,61$; elle était lors de la 2^{ème} séance à $13,07 \pm 1,28$. L'analyse statistique du test de student, nous a indiquée une différence très significative au seuil de confiance étudié, ($p < 0,001$).

Pour la distance parcourue au cours de la 1^{ère} série, la moyenne était de $88,13 \text{ m} \pm 8,48 \text{ m}$ au cours de la 1^{ère} séance, elle était à $80,40 \text{ m} \pm 8,18 \text{ m}$ au cours de la 2^{ème} séance. Comme pour le nombre de tirs, il y a également une différence très significative de l'ordre de $p < 0,01$.

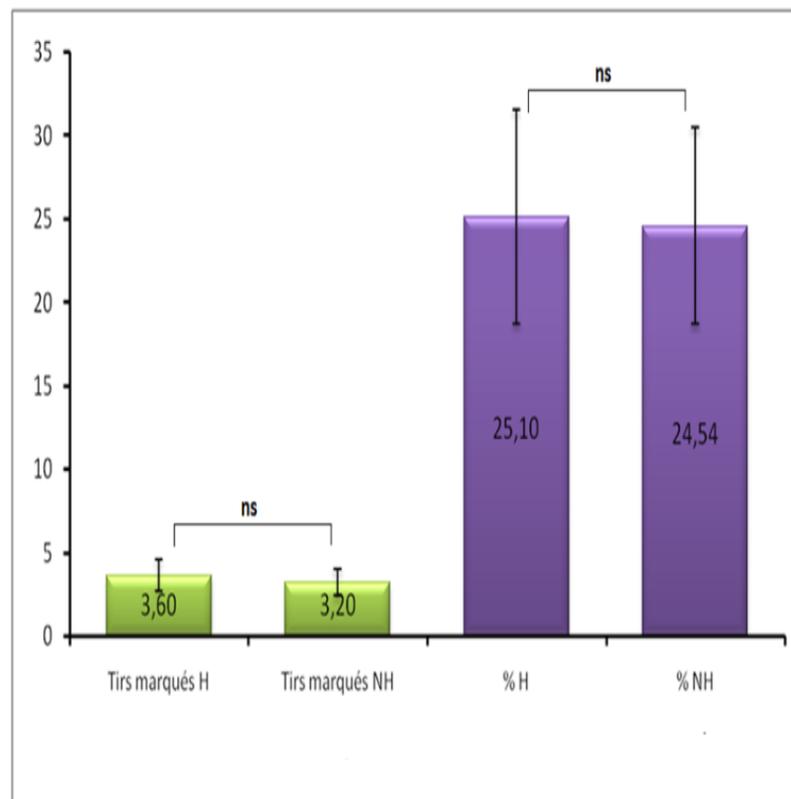


Figure N° 15 : Analyse du nombre de tirs marqués et leurs pourcentages test 2, série 2.

Sur la figure n°16 , En ce qui concerne le nombre de tirs marqués, la moyenne était de $3,60 \pm 0,92$ durant la 1^{ère} séance et elle était à $3,20$ lors de la deuxième séance avec un écart type de $0,77$; ainsi que pour le pourcentage de réussite $25,10 \pm 6,36$ (1^{ère} séance) et $24,54 \pm 5,87$ (2^{ème} séance), les différences étaient statistiquement non significatives.

Pour la 2^{ème} manche de l'étude nous allons présenter, interpréter et analyser les résultats des tests de détente (SJ), sprint sur 30 m, test T d'agilité et le demi cooper (6 minutes) avant de conclure par présenter des données réalisées lors des tests en parallèle de la variation de la masse corporelle, de la FC et du test de la perception de l'effort RPE de Borget voir leurs rapports avec les résultats Par rapport aux résultats des différents tests physiques étudiés (endurance, force, vitesse).

3.2. Résultats des tests de la 2^{ème} manche :

3.2.1. Les tests du SJ (évaluation de la détente) :

- Résultats du test de SJ Période1 :

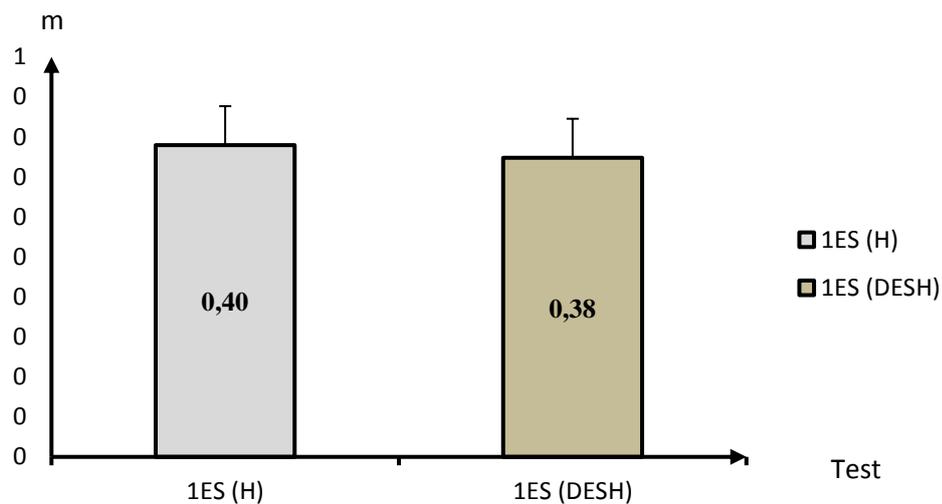


Figure N°16 : Les résultats du test de SJ période 1

Nous avons enregistré une légère différence entre les tests pour les 2 états d'hydratation cependant on a enregistré une moyenne de 40 cm étant normalement hydraté et 0,38 cm étant déshydraté, la différence est très significative ($p < 0.001$ ***)

- **Résultats du test de SJ Période 2 :**

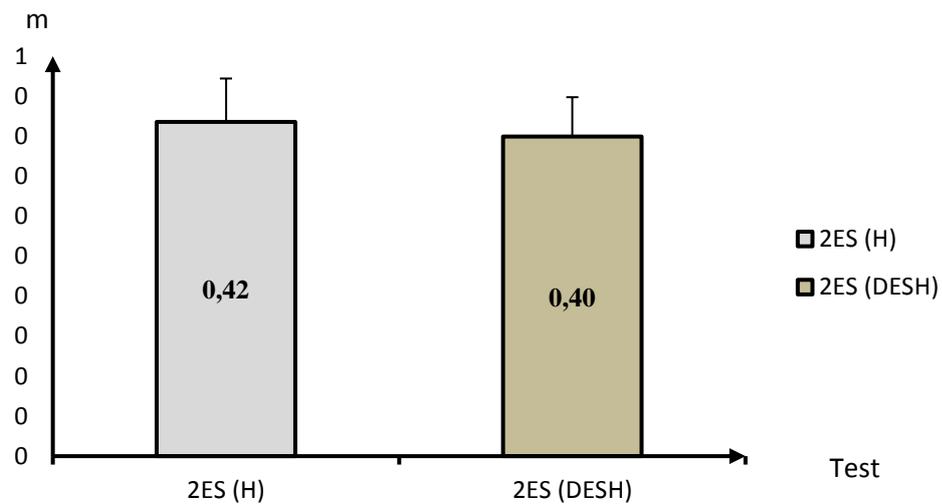


Figure N°17 : Les résultats du test de SJ période 2

Nous avons enregistré une légère différence entre les tests pour les 2 états d'hydratation lors de la 2eme période car on a enregistré une moyenne de 42 cm étant normalement hydraté et 0,40 cm étant déshydraté ,la différence très significative. ($p < 0.001$ ***).

- **Résultats du test de SJ Période 3 :**

Nous avons enregistré une petite différence entre les tests pour les 2 états d'hydratation lors de la 3eme période car on a enregistré une moyenne de 40 cm étant normalement hydraté et 0,39 cm étant déshydraté, la différence est très significative également.

($p < 0.001$ ***)

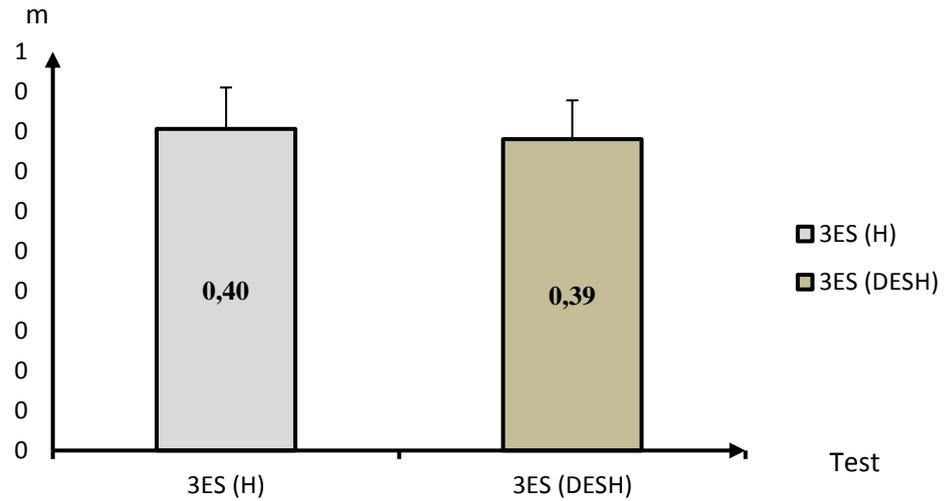


Figure N°18 : Les résultats du test de SJ période 3

3.2.2. Résultats des Tests de sprints sur 30 mètres :

- Résultats des Tests de sprints sur 30 mètres période 1

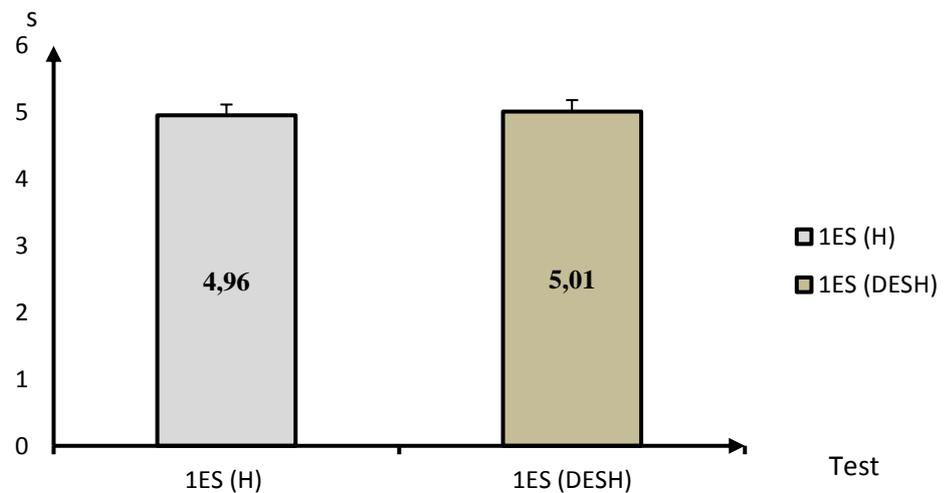


Figure N° 19 : Résultats du Test de sprint sur 30 mètres période 1

Nous avons enregistré une différence entre les résultats du test de sprint sur 30 mètres pour les 2 états d'hydratation lors de la 1ere période car on a enregistré une moyenne de 4,96 s , étant normalement hydraté et 5,01s ,étant déshydraté, la différence est significative ($p < 0.01$ **).

- **Résultats des Tests de sprints sur 30 mètre période 2**

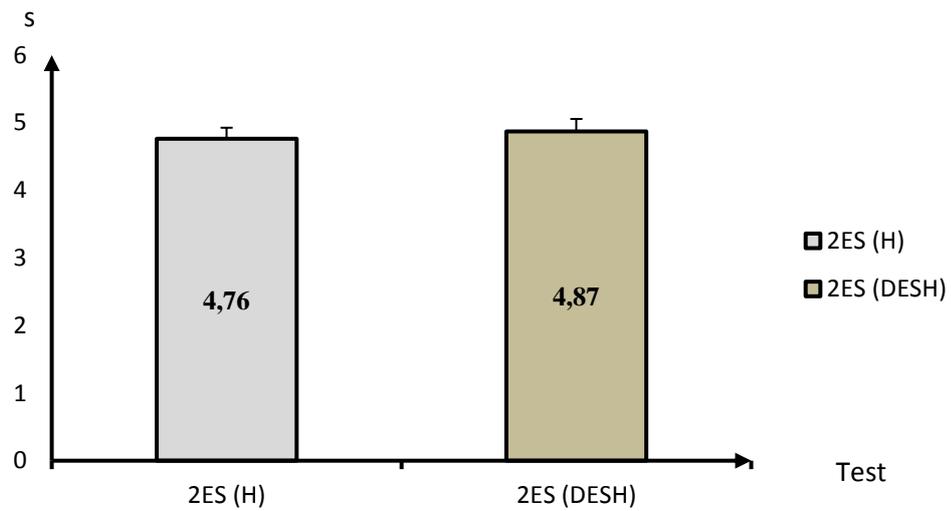


Figure N° 20: du Test de sprint sur 30 mètres période 2

Nous avons enregistré une différence entre les résultats du test de sprint sur 30 mètres pour les 2 états d'hydratation lors de la 2ème période car on a enregistré une moyenne de 4,76 s , étant normalement hydraté et 4,87s ,étant déshydraté, la différence est très significative ($p < 0.001^{***}$)

- **Résultats des Tests de sprints sur 30 mètre période 3**

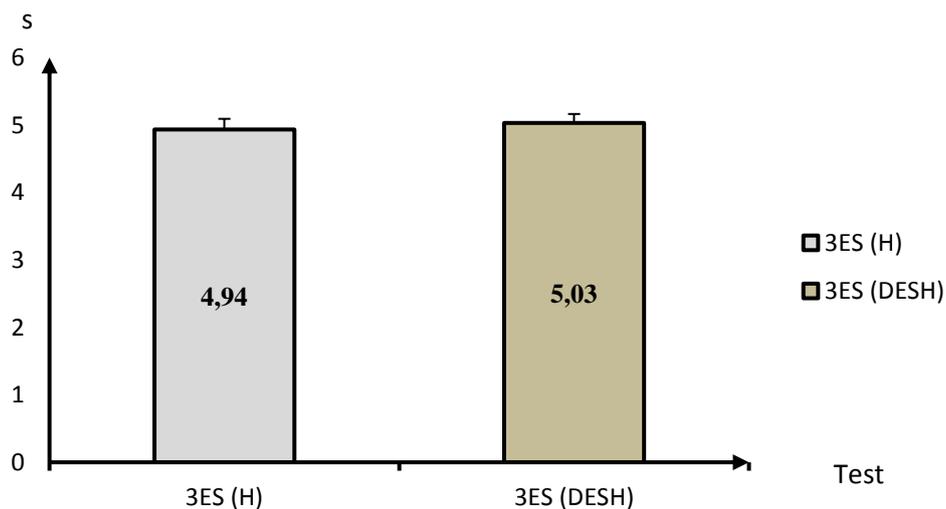


Figure N° 21 : du Test de sprint sur 30 mètres période 3

Nous avons enregistré une différence entre les résultats du test de sprint sur 30 mètres pour les 2 états d'hydratation lors de la 3eme période car on a enregistré une moyenne de 4,94 s , étant normalement hydraté et 5,03s ,étant déshydraté, la différence est très significative ($p < 0.001***$).

3.2.3. Résultats des tests du demi cooper (6 minutes) :

- Résultats des tests du demi cooper, période 1 :

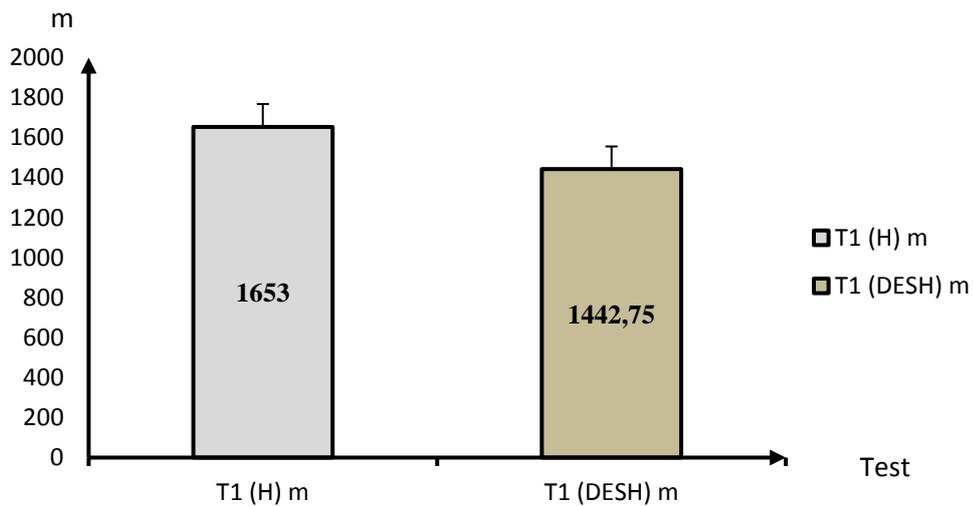


Figure N° 22 : Résultats du Test du demi cooper (6 minutes) période 1

Nous avons enregistré une différence entre les résultats du test du demi cooper (6 minutes) pour les 2 états d'hydratation lors de la 1ere période car on a enregistré une moyenne de 1653 m , étant normalement hydraté et 1442,75 étant déshydraté, la différence est très significative ($p < 0.001***$).

- Résultats des tests du demi cooper, période 2 :

Nous avons enregistré une différence entre les résultats du test du demi cooper (6minutes) pour les 2 états d'hydratation lors de la 2eme période car on a enregistré une moyenne de 1686 m , étant normalement hydraté et 1479,75m étant déshydraté, la différence est très significative ($p < 0.001***$) également.

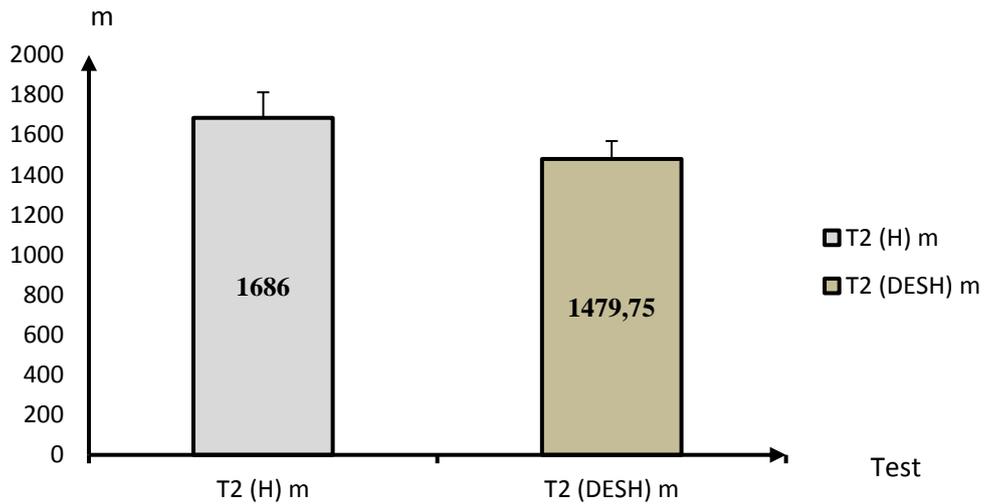


Figure N° 23 : du Test du demi cooper (6 minutes) période 2

- **Résultats des tests du demi cooper période 3 :**

-

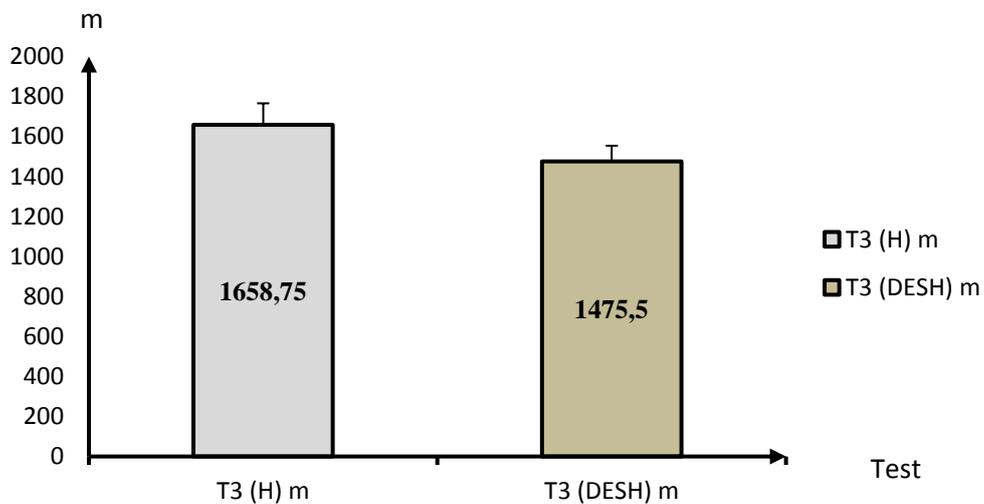


Figure N° 24 : du Test du demi cooper (6 minutes) période 3

On a enregistré une différence entre les résultats du test du demi cooper (6 minutes) pour les 2 états d'hydratation lors de la 3eme période car on a enregistré une moyenne de 1658,75 m , étant normalement hydraté et 1475,5m étant déshydraté, la différence est très significative ($p < 0.001^{***}$) également.

3.2.4. Résultats des tests d'agilité (test T) :

- Résultats des tests d'agilité (test T) période 1 :

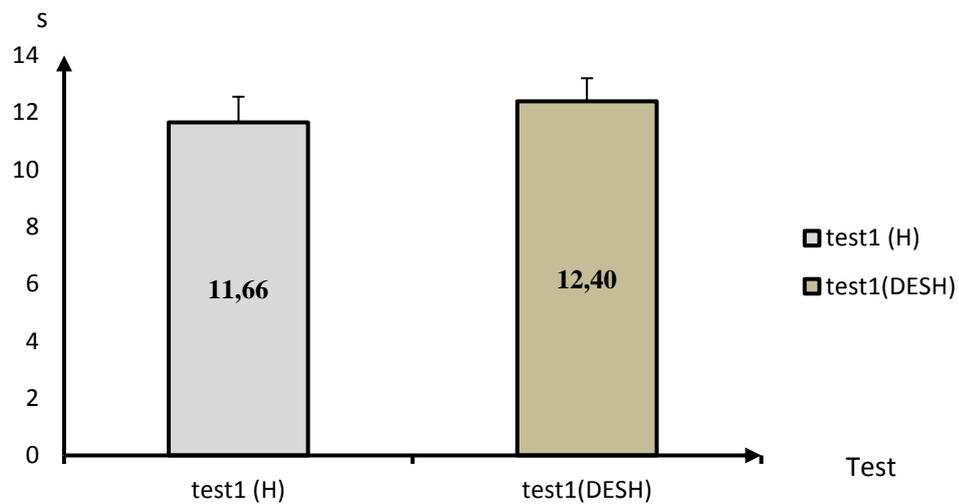


Figure N° 25 : Résultats du test d'agilité (T test) période 1

On a enregistré une différence entre les résultats du test d'agilité (T test) pour les 2 états d'hydratation lors de la 1ere période car on a enregistré une moyenne de 11,66 s étant normalement hydraté et 12,40 étant déshydraté, la différence est très significative ($p < 0.001^{***}$)

- Résultats des tests d'agilité (test T), période 2 :

Les résultats du test d'agilité (T test) pour les 2 états d'hydratation lors de la 2eme période on indiqué qu'il ya une différence très significative ($p < 0.001^{***}$) ou on a enregistré une moyenne de 11,02 s étant normalement hydraté et 11,66 étant déshydraté .

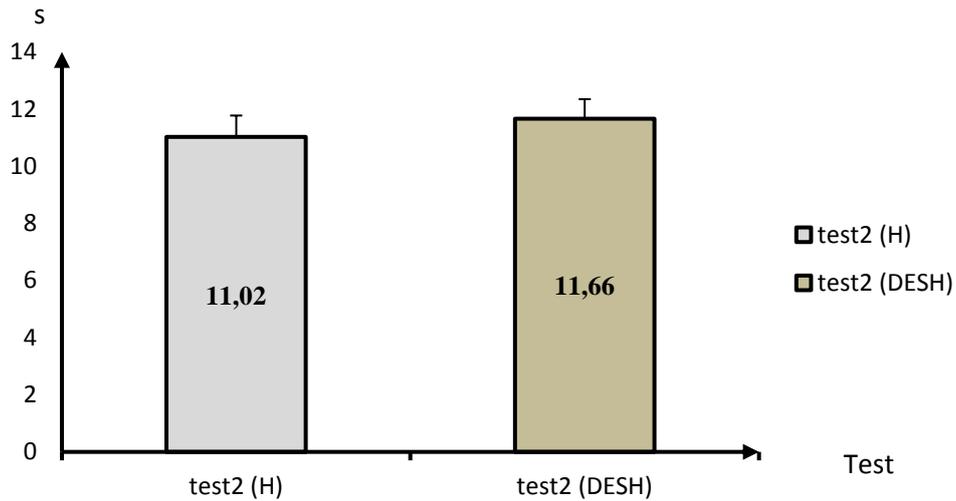


Figure N° 26 : Résultats du test d'agilité (T test) période 2

- Résultats des tests d'agilité (test T), période 3 :

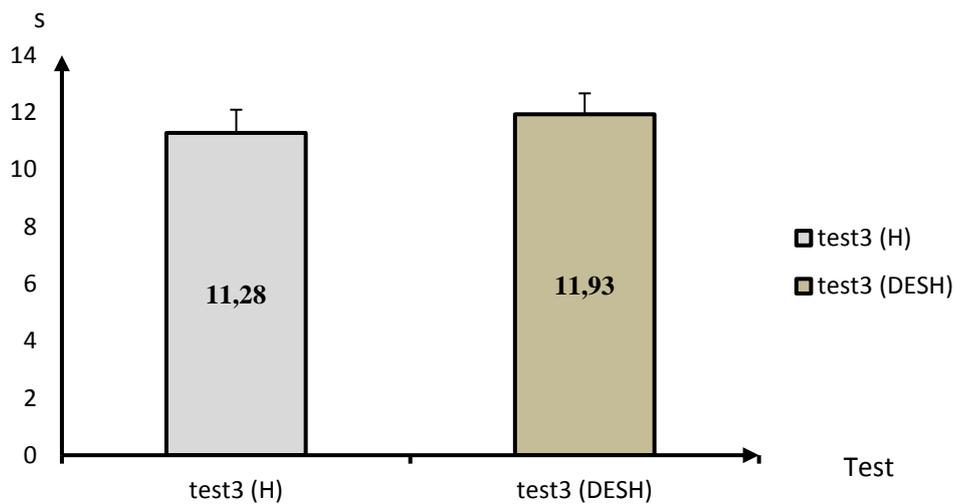


Figure N° 27: Résultats du test d'agilité (T test) période 3

On a enregistré une différence entre les résultats du test d'agilité (T test) pour les 2 états d'hydratation lors de la 3eme période car on a enregistré une moyenne de 11,28 s étant normalement hydraté et 11,93 étant déshydraté, la différence est très significative ($p < 0.001^{***}$)

3.2.5. Résultats de la variation de la masse corporelle (poids) :

Poids moyens des 3 périodes.

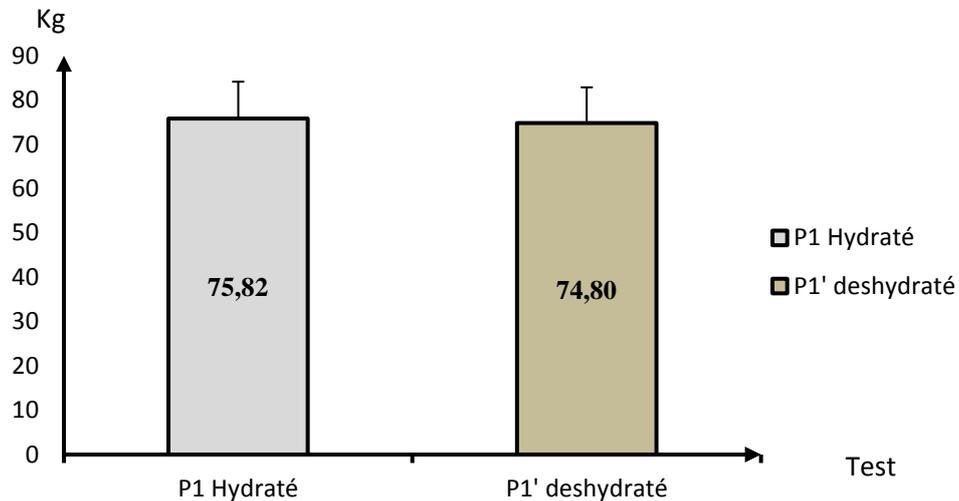


Figure N° 28 : Résultats de la variation moyenne du Poids des 3 périodes
D'après les résultats de la pesée durant les 3 périodes , on a enregistré une différence très significative ($p < 0.001^{***}$) avec un poids moyens de 75,82 kg étant normalement hydraté et 74,80 kg étant déshydraté.

3.2.6. Résultats de la fréquence cardiaque moyenne des 3 périodes :

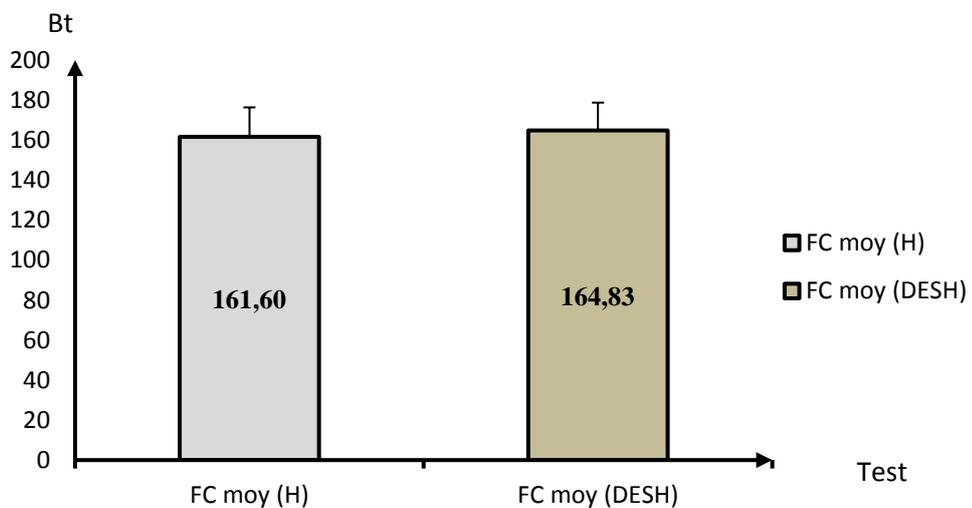


Figure N° 29 : Résultats de la FC moyenne des 3 périodes

On a enregistré une différence entre les résultats du test d'agilité (T test) pour les 2 états d'hydratation lors de la 3eme période car on a enregistré une moyenne de 161,60 Bt/ min étant normalement hydraté et 164,83 étant déshydraté, la différence est non significative avec un ($p < 0.05 *$)

3.2.7. Résultats du test RPE de Borg pour les 3 périodes

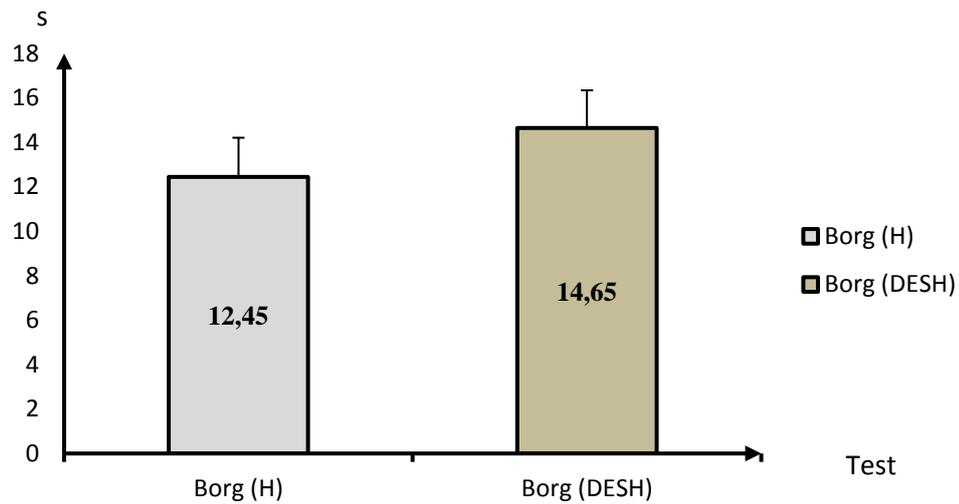


Figure N° 30: Résultats du test RPE de Borg pour les 3 périodes

D'après les résultats du test RPE de Borg durant les 3 périodes, on a enregistré une différence très significative ($p < 0.001 ***$) avec une moyenne de 12,45 étant normalement hydraté et 14,65 étant déshydraté.

Chapitre 5 :

Discussion

Discussion :

Lors de ce chapitre, nous allons essayer de faire une analyse des résultats obtenus de façon à mettre en relation les pertes hydriques et les performances de la capacité d'endurance, de force et de vitesse chez les basketteurs Algériens de haut niveau. Nous ferons un rapprochement de la présente et modeste étude avec certains autres travaux qui jugent de la place accordée à l'hydratation et son effet sur le développement des qualités physiques spécifiques au basketball.

Tout d'abord et d'après la pré enquête réalisée avec les 100 athlètes et leurs 10 entraîneurs respectifs des 10 équipes de 1^{ère} division du championnat national, on peut constater une vérité, c'est que les résultats obtenus confirment notre hypothèse, que nos entraîneurs et athlètes ne sont pas conscients de l'importance de l'hydratation. Cependant, pour les athlètes la majorité donne une importance moyenne à cet aspect et c'est possible que ça explique certaines perturbations et par là une probable contre performance incompréhensible.

Un certain pourcentage d'athlètes presque 10% n'accorde aucune importance à l'hydratation et crois qu'elle n'a rien avoir avec la performance, c'est un chiffre conséquent quand même et qui suscite une inquiétude par rapport à la formation et à l'information nutritionnelle qui devait être inculquée comme notions de base aux athlètes, ou tout simplement, comme de bonnes habitudes de leur hygiène de vie.

Quand aux entraîneurs, ils accordent, en grande majorité, une importance sans plus, et ça explique peut être, que pour la majorité c'est important le fait d'être bien hydraté mais ça ne peut pas être une priorité absolue Pourtant la majorité des auteurs et chercheurs indique que la déshydratation a une influence négative sur la performance physique et intellectuelle. Dans ce contexte , (**Hawley et coll., 1994**) indiquent, que dès 2% de perte d'eau de notre masse corporelle, notre corps ne fonctionne plus qu'à 80 % de ses capacités. On peut citer (**Armstrong et coll., 1985**).aussi qui indiquent que le fait d'être déshydraté à 2% du poids corporel ou plus, peut avoir un effet significatif sur la performance

On peut dire à cet effet et d'après la pré enquête réalisée en premier lieu, que nos athlètes et nos entraîneurs plus ou moins n'accordent pas l'importance méritée à l'hydratation par oubli, par négligence ou par méconnaissance.

Pour ce qui est de l'étude effectuée avec les athlètes du lycée sportif de Draria, on a constaté d'abord une différence très significative entre la pesée durant la séance étant normalement hydraté et la séance à jeun, ça nous paraît logique du moment que cette différence est dû au fait de n'avoir pas consommé des liquides ou des aliments (riche en eau) le long de la journée, ce qui se traduit par un déséquilibre de la balance hydrique sachant que les pertes doivent être compensées, comme on l'a vu dans la partie d'analyse bibliographique (balance hydrique) ; la pesée après les deux séances n'a pas indiqué de différences significatives des pertes hydriques, cela veut dire que les athlètes testés ont perdu pratiquement la même quantité de liquide étant hydratés ou déshydratés, cela veut dire que, l'effet n'était pas lié à l'effort fourni puisqu'il était similaire, mais à la déshydratation causée par le jeun, d'où l'importance de bien s'hydrater avant, pendant et après des efforts intenses et prolongés (entraînement ou compétition).

Pour le test de la pesée, nous avons constaté une différence très significative lors de la prise avant la séance, par contre elles sont insignifiantes après. Les moyennes tournent autour de 1,45 kg et 1,52kg donc un pourcentage moyen de 1,97 % qui est proche des 2%, dans ce contexte on peut citer les travaux de (**Broad E. M. 1996**), qui a indiqué que chez les basketteurs, il a remarqué une perte hydrique de l'ordre de 1,4 l/h à 1,6 l/h ; et ça concorde parfaitement avec notre étude car les pertes sont de l'ordre de (1,52 et 1,45) pour la 1ere séance et ainsi que les études de (**Sawka et coll. 2007**), où les pertes hydriques chez les basketteurs sont de l'ordre de 1,37 l/h durant l'entraînement en été et de 1,60 l/h durant la compétition

Ce qui attire notre attention lors de ces mesures, c'est le fait qu'il y a eu une baisse de la masse corporelle sans qu'il y ai une diminution très importante de la performance quand on observe lors de la 1ere série du test, les chiffres enregistrés pour la distance parcourue et pour le nombre de tirs réalisés, nous constatons que le nombre de tirs réalisés est très significatif entre l'état normal d'hydratation et l'état de déshydratation par contre le nombre de tirs marqués est non significatif, car il est presque le même, donc le taux de réussite n'a pas changé, là on peut déduire que l'état de déshydratation n'a pas affecté négativement la performance, on pense à ce moment à d'autres critères à savoir la concentration, et l'attention qui jouent un rôle primordial dans la réussite et qui influencent négativement la performance selon certains travaux, on peut citer : L'étude de (**Lieberman et coll, 1999**) qui

révèle qu'une déshydratation au alentour de 2% augmente de 10% le temps de réaction. Une autre étude en (2007 réalisée par Baker et coll.), confirme le lien direct entre la déshydratation et la diminution de la vigilance (augmentation du nombre d'erreurs et du temps de réaction).

Pour la distance parcourue, la différence est très significative entre les états hydriques confirmant la baisse nette de la performance sur la distance parcourue et cela est en concordance avec les données de la littérature. Pour la 2eme série, on a enregistré pratiquement les mêmes performances avec la seule différence enregistrée c'est qu'en 2eme série, la distance parcourue est significante cette fois ci après qu'elle était très significative, on peut penser et c'est possible au phénomène d'adaptation à l'effort puisqu'il s'agit de la 2eme série quand au chiffres enregistrés ils concordent également avec les données de la littérature qui révèlent généralement qu'une déshydratation supérieure ou égale à 2% est néfaste pour la performance, cependant Les recommandations actuelles mentionnent de boire suffisamment de liquide afin de limiter une perte de PC $\geq 2\%$, sinon les performances seront affectées négativement (Sawka et al. 2007; Shirreffs et Sawka, 2011).

On constate alors que les performances du nombre de tirs réalisés sont très affectées par la déshydratation lors des deux séries réalisées.

Lors de la 1ere manche des tests, nous avons abordé l'analyse de la variation du poids corporelle et de l'endurance tirs (un point de vue spécifique au basketball, car le basketteur doit tirer un maximum de tirs aux paniers des différentes positions et assurer son panier surtout pour plus d'efficacité, donc il doit travailler son endurance tir et c'est ce que cette étude nous a révélé d'intéressant c'est que le nombre de tirs marqués « assurés » a été identique pour les deux états hydriques testés et cela nous mène à dire que la performance n'a pas été affectée puisque et selon la littérature nous n'avons pas encore franchis la barre des 2% de déshydratation.

Pour la deuxième manche de notre étude, nous nous sommes intéressés à observer l'effet de la déshydratation pour différentes qualités d'abord la détente qui est très importante chez le basketteur, qualité essentielle dans le jeu puisqu'on analysant le jeu, on a constaté que durant

un match de basketball, les joueurs font une moyenne de 100 sauts , c'est un chiffre conséquent et demande une préparation athlétique adéquate.

Les résultats du test du squat jump ont révélé une différence très significatives entre les 2 états hydriques avec une baisse de la performance de la force, on pense que le basketteur est loin d'avoir toutes ses facultés physiques (musculaires et nerveuses) en cas de déshydratation lui permettant de performer de la même manière qu'en étant normalement hydraté si on s'intéresse sur le changement de la masse corporelle nous constatons à travers les résultats réalisés à 3 reprises que la moyenne de la perte du poids et en conséquent perte hydrique très signifiante

On vérifiant le calcul, on est à une moyenne de 1,34 % , cela nous mène a dire selon notre étude que la déshydratation à seulement 1,37 a affecté négativement la particularité de la détente chez nos basketteurs donc l'aspect physique force, malgré que les travaux de recherche récents se mettent d'accord en général sur la diminution de la performance à partir de 2% de la perte liquidienne (déshydratation) cela confirme notre hypothèse mais va à l'encontre des études antécédentes.

Pour le test de sprint sur 30 mètres , on a constaté également une différence significative entre les deux états hydriques lors de la 1ere période , et très significative lors de la période compétitive et transitoire , on peut supposer que lors de la période préparatoire, les athlètes ne sont pas encore prêts pour atteindre leur performance optimale, la différence est nettement visible durant les 3 périodes , si on compare les périodes , on constate que les meilleures performances ont été enregistrées lors de la période compétitive, on trouve ça très logique du moment que la forme des athlètes durant cette période est à son optimum , on peut déduire alors que la déshydratation affecte négativement l'aspect de la vitesse et cela confirme également notre hypothèse.

Pour le test de demi cooper ou nous avons voulu voir l'effet de la déshydratation sur les facultés d'endurance chez nos basketteurs, les résultats nous ont révélé une différence très significative lors des 3 périodes et cela confirme notre hypothèse sachant qu'on est à 1,37% de déshydratation seulement.

Dans ce contexte , le professeur **Goulet** de l'université **Sherbrook (canada)** estime qu'une déshydratation légère n'affecte pas la performance en endurance, il a démontré lors d'une méta-analyse que lors d'un protocole simulant une performance de type contre la montre , des niveaux de déshydratation allant jusqu'à 4,3% du PC n'affectent pas négativement la performance et que boire à sa soif optimiserait la performance chez des athlètes d'endurance. (les tests de Goulet ont été réalisés sur vélo)(**Goulet, 2013**).

Selon lui l'impact d'une légère déshydratation sur les performances en endurance en différenciant deux types de protocoles.

- 1- Protocole se rapprochant des vraies conditions de course "contre la montre".
- 2- Plus éloigné des conditions naturelles de compétition (maintenir le plus longtemps possible une intensité précise).

Dans les 2 protocoles étaient comparées les performances en endurance chez des sujets correctement hydratés et des sujets déshydratés par l'effort.

Les résultats de cette méta analyse montrent que dans des conditions proches de la réalité, une déshydratation consécutive à l'effort améliore les performances en endurance mais de façon non significative (+0,09%, P=0,9) alors qu'en cas de protocole plus éloigné de la réalité, la déshydratation diminue les performances de façon significative (1,91% P/0,05) (**Goulet, 2013**).

Une autre étude dirigée par (**Goulet, 2013**) a démontré que boire à sa soif optimise la performance à course à pied lors d'un contre la montre de 21,1km (Demi marathon) à 30C° auprès d'athlètes bien entraînés.

Il confirme également que la notion de boire selon la sensation de soif est de plus en plus populaire et conseillée afin d'optimiser les performances aérobies (**Goulet et al. 2012**), il explique que Les effets délétères de la déshydratation pendant l'exercice aérobie semblent perceptibles uniquement lorsque des protocoles comprenant des portions d'exercices à intensité fixe sont utilisés (**Goulet, 2012**), alors que ce n'est pas le cas de notre test, puisque l'allure de la course ne sera pas fixe et elle personnelle pour chaque athlète selon ses

sensations , ses capacités son niveau de tolérance à la fatigue et aussi son niveau de préparation.

Pour confirmer nos résultats , on a rajouter d'autres tests à notre étude dont le test d'agilité le test T qui est très utilisé dans el haut niveau pour tester l'agilité des athlètes les résultats ont montrés une différence très significative pour les 3 périodes également .

Pour le test de la FC nous avons constaté que durant les 3 périodes des tests la différence non significative a été enregistrée on peut citer les travaux de (**Montain et coyle. 2007**) qui soulignent que l'impact physiologique de la déshydratation est l'augmentation de la fréquence cardiaque et la baisse de la tension artérielle.

Pour finir nous avons réalisés le test de la perception de la fatigue pour conclure et , les résultats ont été prévisibles puisque la différence était très significative pour les 3 périodes de tests, nous laissant confirmer toutes nos hypothèses.

Conclusion

Conclusion :

L'hydratation est l'un des piliers de la réussite sportive et pour arriver au sommet, aux hauts résultats elle devrait occuper une place prépondérante chez nos sportifs de haut niveau, cependant, gérer son potentiel hydrique et l'optimiser, devrait être un souci majeur et une préoccupation pour tous les acteurs du monde sportif, à savoir athlètes, entraîneurs, médecins, préparateurs physique...ect.

Lors de notre étude, nous avons constaté à travers l'enquête menée auprès de 100 basketteurs de ligue 1 et d'une manière moindre leurs entraîneurs que la question d'hydratation et la gestion de la balance hydrique n'est pas une priorité on pense que cela soit possible par négligence, par oubli ou par ignorance de son rôle pour atteindre la haute performance et pour préserver la santé de l'athlète..

A travers cette étude, nous avons observé l'effet de la déshydratation sur les qualités physiques spécifiques chez nos basketteurs et on a constaté que la déshydratation affecte négativement le développement de leurs qualités physiques comme il a été mentionné parfois à travers la recherche sachant que les résultats des tests réalisés au cours de notre étude ne sont pas tous conformes aux données avancées par la littérature scientifique qui s'accordent sur l'idée qu'à partir d'une déshydratation de 2% que les capacités physiques d'un athlète soient altérées.

Nous avons constaté qu'une déshydratation, même minime, entre 1% et 2% chez nos basketteurs avait une influence négativement sur la performance physique et surtout les capacités d'endurance de nos athlètes et ça a provoqué chez eux une très grande fatigue contrairement à ce qu'on a pu savoir à travers les travaux de **(Cheung et coll.2015)** une légère déshydratation (entre 2% et 3%) n'altère pas la performance en endurance. Ces travaux sont généralement appliqués sur des marathonniens ou des cyclistes, or le basketball a ses spécificités et son caractère intermittent donc il nous paraît logique que les résultats seront différents.

En basketball, les contraintes du temps et de la pression sont déterminantes, surtout après le changement des lois en 2001, (lois des 5 temps morts, lois des 24 secondes, lois des 8 secondes ...) et qui ont rendu la compétition plus dure et les efforts plus intenses. les joueurs

sont amenés à boire durant les temps morts et les arrêts de jeu d'une façon optimale et intelligente sans qu'ils se trompent en buvant de grandes quantités par exemple qui va favoriser une gêne gastrique fatale induisant forcément une contre performance.

Pour que le rendement soit à son optimum, et pour réaliser de hautes performances, nos basketteurs doivent adopter une stratégie hydrique adéquate, optimale, personnalisée, et bien étudiée en sachant quantifier leurs taux de sudation pour connaître le volume d'eau ou de boisson nécessaire à consommer durant l'entraînement ou en compétition. Ils doivent arriver toujours bien hydratés en compétition comme en entraînement

L'individualisation des stratégies d'hydratation demeure à cet effet une priorité pour chaque athlète dans ce contexte, chacun est amené à connaître d'abord son taux de sudation pour calculer ses pertes en tenant compte des boissons ingérées pour connaître la quantité précise à ingérer, la fréquence, le moment pour arriver à l'entraînement ou en compétition correctement hydraté.

Recommendations

Recommandations :

Les recommandations actuelles mentionnent de boire suffisamment de liquide afin de limiter une perte de PC $\geq 2\%$, sinon les performances seront affectées négativement selon (**Sawka et al.2007; Shirreffs et Sawka, 2011**).

L'hydratation avant, pendant et après un entraînement ou une compétition doit être une priorité pour nos sportifs car boire le long de la journée, pour prévenir les déficits en eau. Les recommandations actuelles pour la réhydratation durant l'exercice sont de consommer une quantité de liquide égale ou plus que celle perdue par transpiration durant l'exercice.

La pesée avant et après une activité physique nous indique les pertes hydriques qui devraient être compensées le plutôt possible et sachant que la soif est un mauvais indicateur d'hydratation, donc boire avant d'avoir soif sinon on est déjà déshydraté. Le meilleur indicateur du niveau d'hydratation est la couleur de l'urine, plus elle est foncée et peu abondante, mauvais est notre état d'hydratation.

Les entraîneurs doivent prévenir leurs athlètes aux risques de blessures dues à la déshydratation en inculquant des séances d'informations dans leur planification, et éduquer les jeunes athlètes dès leur jeune âge à s'hydrater avant pendant et après les compétitions et les entraînements en été comme en hiver. Ils doivent, aussi, mettre de l'eau à la disposition des athlètes au cours des entraînements et compétitions ; car, ils peuvent oublier de s'hydrater en étant concentré sur le match. Boire avant un entraînement ou une compétition, une quantité suffisante et avec modération pour ne pas avoir un estomac plein et pour laisser le temps à la vidange gastrique. Par ex : Boire 500 ml de liquide 2heures avant une activité physique (laissera le temps au corps d'éliminer le surplus) sachant que l'absorption intestinale est favorisée par des solutions isotoniques ou hypotonique (peu salée et pas trop sucrée).

Boire pendant l'entraînement ou la compétition, en petites gorgées (en fractions) ; car, il faut savoir qu'idéalement, boire de 150 à 350 ml toutes les 15 – 20 min, puisque la meilleure absorption du corps, lorsqu'il doit gérer de petites quantités à la fois.

Boire de l'eau si l'effort ne dure pas plus d'une heure et de l'eau contenant des électrolytes et des glucides, s'il est supérieur d'une heure, il est recommandé de boire des boissons pas trop chaudes ni trop glacées à une température entre 15° et 20°.

Établir un plan d'hydratation, tout en sachant que, les pertes d'eau par la sueur peuvent atteindre 1 à 2 L à l'heure (voire même plus), que la capacité d'absorption de l'eau du corps est de l'ordre d'1 L à l'heure, que chaque kg perdu suite à un exercice correspond à 1 L d'eau perdu et le remplacer, il faut en consommer 1,5 L.

Bibliographie

Bibliographie :

1. **Anarson et al.** Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med. Sci. Sports Exercise.* 2004, 36: 278-285.
2. **Amadio Roberto et Steiner Camille, Mr Raphaël Reinert**, Diététicien ASDD, Chargé d'enseignement HES Membres du Jury, **Mme Valérie Ducommun**, Diététicienne ASDD, HES Genève, juillet 2017
3. **Adams, J. D., Kavouras, S. A., Johnson, E. C., Jansen, L. T., Capitan-Jimenez, C., Robillard, J. I., & Mauromoustakos, A.** (2016). The effect of storing temperature and duration on urinary hydration markers. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 27, 18-24.
4. **Babault N. et Cometti G.** Validité du myotest pour l'évaluation de la détente verticale : étude préliminaire, centre d'expertise de la performance, science de faculté des sports, Dijon, France. 2004.
5. **Beck, K. L., Thomson, J. S., Swift, R. J., & Von Hurst, P. R.** (2015). Role of nutrition in performance enhancement and postexercise recovery. *Open access journal of sports medicine*, 6, 259-267 .
6. **Benmansour A.** rôle du facteur alimentaire dans l'optimisation du statut métabolique et la Capacité de travail physique de l'organisme, thèse de Ph. D, Moscou, 1991.
7. **Benmansour A. Khelfaoui A., Lechik, Tkhorevsky V., Korovnikov K., et coll.** (2000) Impact de la charge physique intensive sur le statut métabolique des athlètes. P.U. Alger.
8. **Bompa T. O.** Périodisation de l'entraînement, éd. Vigot, Paris. 2003.
9. **Bouchard C, Brunelle J, Gotbout P** «les qualités physiques et entraînements», Edition du Pélican, Québec Canada, 1975

10. **Brocherie.F, et al.** Pre-season anaerobic performance of elite japonese soccer players.
In Reilly T, Cabri et Araujo D(eds), science and football V, 2005.
11. **Buteau P.** Approche bioénergétique de la préparation physique au basketball, mémoire, INSEP, 1987.
12. **Casajus.J.** Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. J. Sport Med. Pys. Fitness 2001, 41(4): 463-469
13. **Cazorla et coll.** Lactate et exercice... mythes et réalités. STAPS 2001,54 :63-76
14. **Clyo Mc.** Approche de l'évaluation de l'aptitude physique des enfants de 7 à 14ans
Evaluation de la valeur physique, Paris- INSEP- publications, 1954 .
15. **Cometti et al.** Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite, and amateur French soccer players. Int. J. Sports Med.2001.
16. **Cometti G.** La préparation physique en basketball, éd. Chiron, France. 2002.
17. **Cometti G.** Préparation Physique au football, Paris, Amphora, 1997
18. **Coulibaly G.** L'Endurance, l'équilibre et la détente indispensable aux sportifs du journal Horizons n°3965 du jeudi 28 Avril 2005 page 8.
19. **Craplet C., Craplet G.** Nutrition alimentaire et sport, ed. Maloine, Paris, 1992.
20. **Craplet C., Craplet P., Craplet-Meunier P. J.** Nutrition, alimentation et sport. 2ed. Vigot, Paris. 176 p. 1987.
21. **Creff, A.F. & Bérard, L.** Manuel pratique de l'alimentation du sportif. Paris: Masson. 1980
22. **Dellal A.** De l'entraînement à la performance en football, Bruxelles, De Boeck Université, 2008.
23. **Dellal A, Keller D.** Incidences physiologiques des changements de direction lors d'exercices intermittents en navette. 3^e journée internationale des sciences du sport, colloque de l'INSEP, Paris, novembre 2004.

- 24. Diallo et al.** Effect of plyometric training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 2001,41(3): 342-348
- 25. Dietitians of Canada.** Nutrition And Athletic Performance, American college of Sports medicine. **American Dietetic Association**, pp. 1 – 26, 2008
- 26. Douglas Casa, Priscilla M. Clarkson, William O Roberts** (2014), Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration, University of Minnesota Twin Cities Current Sports Medicine Reports 4(3):115-127
- 27. Dupont et al.** The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J. Strength cond. Res.* 2004, 18 (3): 584-589
- 28. Drubigni et lunzenfitcher.A.** La musculation pour tous les sportifs, Paris, éditions Robert Laffont, 1992
- 29. Ersoy, N., Ersoy, G., & Kutlu, M.** (2016). Assessment of hydration status of elite young male soccer players with different methods and new approach method of substitute urine strip. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 13(1), 34
- 30. Evans, G. H., James, L. J., Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J.** (2017). Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. *J. Appl. Physiol.* 122(4), 945-951.
- 31. Faina et al.** Definition of physiological profile of the soccer players. In. Reilly T, Lees A, Davids K et al. Eds. *Science and football I*, Londres: 1988.
- 32. Fox E. et Mathews D.** Bases physiologiques de l'activité physique, éd. Vigot, Paris. 1981.
- 33. Garganta et al.** A comparison study of explosive leg strength in elite and non elite young soccer players. *Sports Sci.* 1992, 10: 157
- 34. Gethin Hywel Evans, Lewis John James, Susan Margaret Shirreffs, Ronald J Maughan, (2017),**” L'hydratation, au cœur de la stratégie nutritionnelle du sportifHydration, at the heart of a sportsperson's nutritional strategy”, *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*

- 35. Garnier A.-B., Waysfel D.** « Alimentation et sport », éd. Maloine, France, 1992.
- 36. Gilbert Pérès et Jean-Michel Oppert.** Alimentation et activité physique. LET.SC.IFN. N° 105, 10 p. conférences ; AVRIL 2005.
- 37. Gorostiaga et al.** Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. Eur. J. Appl. Physiol. 2004.
- 38. Hausswirth Christophe.** Place des vitamines et minéraux dans la pratique sportive. Méd. du sport n°50, pp. 21 – 25, 2002.
- 39. Haymes EM, Clarkson PM.** Minerals and trace minerals. In: Berning JR, Steen SN, ed. Nutrition for sport and exercise. Gaithersburg, MD, 1998.
- 40. Hebert.** La méthode naturelle en éducation physique, virile et morale. Tome 1 doctrine et enseignement pratique, Paris, Vuibert
- 41. Heipertz W., D. Böhmer, Ch. Heipertz – Hengst** (1990). Médecine du sport. Ed. Vigot, 218 p.
- 42. Helgerud et al.** Aerobic endurance training improves soccer performance. Med. Sci. Sport Exerc. 2001, 33: 1925-1931.
- 43. Jordan F, Martin J.** Basket performance, Octobre 1995.
- 44. Kavouras, S. A., Johnson, E. C., Bougatsas, D., Arnaoutis, G., Panagiotakos, D. B., Perrier, E., & Klein, A.** (2016). Validation of a urine color scale for assessment of urine osmolality in healthy children. Eur. J. Nutr. 55(3), 907-915
- 45. Kollath E, Quade K.** Measurement of sprinting speed of professional and amateur soccer players. In: Reilly T, Clarys J, Stibbe I, eds. Science and football II, Londres: E&FN Spon, 1993: 31-36
- 46. Lacoste C., G. Alezra, J. P. Dugal, D. Richard.** LA PRATIQUE DU SPORT . biologie, entraînement, santé. Ed. Nathan, Paris, 160 p., 1996.

- 47. Le guyarder J.** Préparation physique du sportif, Editions Chiron, 1990
- 48. Macdougall. J D.** The anaerobic threshold-its significance to the endurance athlete. Can. J. Appl. Sports Sci. 2: 13-18 1979
- 49. Macdougall. J et coll.** Evaluation physiologique de l'athlète de haut niveau, Montréal, Decarie, Paris, Vigot 1998
- 50. Mac Milan et al.** Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. Br. J. Sports Sci. Med. 2004, 3:8-15
- 51. Marc. F.** L'alimentation du joueur de football. Conclusions d'une Conférence Internationale de Consensus tenue au siège de la FIFA à Zurich, en septembre 2005. Guide pratique de l'alimentation pour un corps sain et une performance optimale. FIFA à Zurich, en septembre 2005 ; PP. 19 – 21.
- 52. Matias, C. N., Santos, D. A., Júdice, P. B., Magalhães, J. P., Minderico, C. S., Fields, D. A., et al.,** (2016). Estimation of total body water and extracellular water with bioimpedance in athletes : A need for athlete-specific prediction models. Clin. Nutr. 35(2), 468-474.
- 53. Mathews D.K et Fox E.F:** The physiological basis of physical Education and Athletics. Philadelphia, W.B. Saunders, 2nd edition, 1976
- 54. Maximienko G.N.** Evaluation de la valeur physique, Paris- INSEP- publications, 1980 ; pages 25-30
- 55. McArdle .W, F. Katch et V.Katch.** Physiologie de l'activité physique, énergie, nutrition et performance. 4e éd. Maloine/Edisem, 2001.
- 56. Meyer, F., Szygula, Z., & Wilk, B. (Eds.).** (2016). Fluid Balance, Hydration, and Athletic Performance. CRC Press •
- 57. Melin B, Cure M, Jimenez C et al.** Déshydratation, réhydratation et exercice musculaire en ambiance chaude. Cah. Nutr. Diét. 25 : 383-388, 1990.
- 58. Melin B., Jimenez C.** Hydratation en pratique sportive. Rev. Cinésiol., XXXIII, n°157, pp. 133 – 140. 1994.

- 59. Monod.H, Flandrois.R.** Physiologie du sport, base physiologique des activités physiques et sportives. Paris, Masson, 1994
- 60. Nesli Ersoy, Gulcin Sahin Ersoy, Mehmet Kutlu, (2016)** “The Effect of Storing Temperature and Duration on Urinary Hydration Markers” International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism
- 61. Perreault-briere M, Beliveau J, Jeker D, et al (2019)** Effect of Thirst-Driven Fluid Intake on 1 H Cycling Time-Trial Performance in Trained Endurance Athletes.
- 62. Pierre Maillol.** Alimentation du nageur. éd. Chiron, 1992.
- 63. Poortmans J. R. et Boisseau N.** Biochimie des activités physiques, 2^{ème} éd. de Boeck Bruxelles, 480 p., 2003.
- 64. Robin Nouailletas, Oscar Loizeau.** Hydratation et performance : influence de l’hydratation sur la performance et la perception de l’effort après des matchs de badminton. Education. 2019.
- 65. Riché. D.** Equilibre alimentaire et sport d’endurance. Ed. Vigot, Paris, 312 p., 1990.
- 66. Riché. D.** "Guide nutritionnel des sports d'endurance", Ed. Vigot : 367 p., 1998.
- 67. ROMANOVA N.** The sprint: nontraditional means of training (review of scientific studies). Soviet Sport Rev. 1990,25:99-104
- 68. Sargent A.J.** Effect of muscle temperature on leg extension force and short terme power output in humans. Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.1981,
- 69. Schwartz D.** Méthodes statistiques à l’usage des médecinS et des biologistes. 15^{ème} Ed.Flammarion Médecine-sciences, 1992, 306 p.
- 70. Seery, S., & Jakeman, P. (2016).** A metered intake of milk following exercise and thermal dehydration restores whole-body net fluid balance better than a carbohydrate-electrolyte solution or water in healthy young men. Br. J. Nutr. 116(06), 1013-1021.
- 71. Turpin. B.** Préparation et entrainement du footballeur, Paris, Amphora, 1990.
- 72. Voet D. et J. G. Voet.** Biochimie. 2^{ème} Ed. de Boeck. Traduction de la 3^{ème} édition américaine par Guy Rousseau et Lionel Domenjoud. pp. 39 – 50, 2008.

- 73. Ungaro, C. T., Reimel, A. J., Nuccio, R. P., Barnes, K. A., Pahnke, M. D., & Baker, L. B.** (2015). Non-invasive estimation of hydration status changes through tear fluid osmolarity during exercise and post-exercise rehydration. *Eur. J. Appl. Physiol.* 115(5), 1165-1175
- 74. Weineck J.** *Biologie du sport*. Ed., Vigot, Paris. 788 p., 1992.
- 75. Weineck J.** *Manuel d'entraînement* » 3^{ème} Ed., Vigot. Paris, 1997.
- 76. Wisloff et al.** Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br. J. Sports Med.* 2004.
- 77. Woff, J, Helgerud, J.** Maximal strength training enhance running economy and aerobic endurance performance. In WOFF J, HEGERUD J-, editors. *Football (soccers)*.
- 78. Zatsiorski.** *Les Qualités physiques du sportif*, Edition Moscou 1996

Sites internet :

1 – www.leseauxmineralesnaturelles.com

2- <http://www.cieau.com/>

3- Site de l'Institut de l'eau (Nestlé) : <http://www.water-institute.com/>

4- <http://www.medecinedusportconseils.com/2009/11/03/soupe-nutrition-sport/>

5- www.afssaps.sante.fr

6- www.academie-medecine.fr

7- <http://www.nicolas-aubineau.com/comparatifs/boisson-energetique-comparatif-2015/>

Annexes :

RESULTAT DU POIDS MOYENS DURANT LES 3 PERIODES DE TESTS

JOUEURS	P1 Hydraté	P1' déshydraté	Différence kg	% Perdu
JOUEUR 1	69,5	68,7	0,8	1,151
JOUEUR 2	75	74,1	0,9	1,2
JOUEUR 3	82,45	81,55	0,9	1,091
JOUEUR 4	68	67,5	0,5	0,735
JOUEUR 5	67,2	66,3	0,9	1,339
JOUEUR 6	91,5	89,8	1,7	1,857
JOUEUR 7	74,4	73,8	0,6	0,806
JOUEUR 8	63	62,6	0,4	0,634
JOUEUR 9	77,8	76,6	1,2	1,542
JOUEUR 10	62,9	61,5	1,4	2,225
JOUEUR 11	74,6	73,8	0,8	1,072
JOUEUR 12	89,5	87,4	2,1	2,346
JOUEUR 13	79	78,1	0,9	1,139
JOUEUR 14	84,6	83,1	1,5	1,773
JOUEUR 15	72,65	71,55	1,1	1,514
JOUEUR 16	68,4	67,8	0,6	0,877
JOUEUR 17	76,5	75,8	0,7	0,915
JOUEUR 18	82	80,7	1,3	1,585
JOUEUR 19	86,35	85,45	0,9	1,042
JOUEUR 20	71	69,9	1,1	1,549
Moyenne	75,82	74,80	1,02	1,32
Ecartype	8,33	8,07	0,42	0,47

RESULTATS DES TESTS DE LA DETENTE VERTICALE

JOUEURS	1ES (H)	1ES (DESH)	2ES (H)	2ES (DESH)	3ES (H)	3ES (DESH)
JOUEUR 1	0,368	0,335	0,364	0,363	0,331	0,327
JOUEUR 2	0,377	0,355	0,408	0,399	0,404	0,396
JOUEUR 3	0,397	0,373	0,406	0,385	0,422	0,402
JOUEUR 4	0,444	0,401	0,474	0,422	0,468	0,429
JOUEUR 5	0,403	0,374	0,393	0,388	0,405	0,395
JOUEUR 6	0,337	0,337	0,425	0,399	0,362	0,361
JOUEUR 7	0,438	0,414	0,465	0,428	0,422	0,406
JOUEUR 8	0,411	0,411	0,415	0,402	0,385	0,381
JOUEUR 9	0,391	0,384	0,403	0,395	0,373	0,371
JOUEUR 10	0,347	0,324	0,368	0,358	0,355	0,351
JOUEUR 11	0,387	0,352	0,387	0,354	0,401	0,361
JOUEUR 12	0,338	0,325	0,321	0,315	0,322	0,311
JOUEUR 13	0,458	0,452	0,497	0,461	0,488	0,471
JOUEUR 14	0,376	0,363	0,378	0,368	0,369	0,355
JOUEUR 15	0,347	0,346	0,384	0,356	0,351	0,342
JOUEUR 16	0,459	0,451	0,466	0,449	0,431	0,427
JOUEUR 17	0,505	0,495	0,528	0,511	0,499	0,487
JOUEUR 18	0,346	0,341	0,363	0,348	0,384	0,362
JOUEUR 19	0,398	0,398	0,411	0,402	0,403	0,397
JOUEUR 20	0,469	0,448	0,502	0,488	0,491	0,476
Moyenne	0,40	0,38	0,42	0,40	0,40	0,39
Ecartype	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

RESULTATS DES TESTS DE LA VITESSE SUR 30 METRES

JOUEURS	1ES (H)	1ES (DESH)	2ES (H)	2ES (DESH)	3ES (H)	3ES (DESH)
JOUEUR 1	4,82	4,83	4,54	4,59	4,85	5,02
JOUEUR 2	5,26	5,42	4,98	5,06	5,41	5,45
JOUEUR 3	4,96	5,22	4,82	4,84	4,91	5,06
JOUEUR 4	4,65	4,71	4,58	4,59	4,69	4,88
JOUEUR 5	4,77	4,71	4,51	4,71	4,78	4,84
JOUEUR 6	5,04	5,03	4,93	5,02	4,99	5,06
JOUEUR 7	4,99	5,04	4,88	4,98	5,01	5,04
JOUEUR 8	5,14	5,11	4,96	5,08	4,99	5,07
JOUEUR 9	4,74	4,88	4,53	4,61	4,85	4,89
JOUEUR 10	4,85	4,88	4,77	4,78	4,93	5,02
JOUEUR 11	4,86	4,96	4,51	4,55	4,78	4,91
JOUEUR 12	5,07	5,06	4,78	4,96	5,01	5,06
JOUEUR 13	4,93	4,98	4,77	4,92	4,89	4,98
JOUEUR 14	4,96	4,99	4,63	4,92	4,74	4,94
JOUEUR 15	4,86	5,01	4,74	4,96	4,87	4,98
JOUEUR 16	5,13	5,11	4,88	5,06	4,94	4,99
JOUEUR 17	5,24	5,26	4,96	5,12	5,12	5,22
JOUEUR 18	4,97	4,95	4,92	4,99	5,01	5,09
JOUEUR 19	4,95	5,03	4,69	4,71	4,89	4,99
JOUEUR 20	5,02	5,11	4,87	4,98	5,04	5,11

RESULTATS DES TESTS DE DEMI COOPER

JOUEURS	T1 (H) m	T1 (DESH) m	T2 (H) m	T2 (DESH) m	T3 (H) m	T3 (DESH) m
JOUEUR 1	1785	1450	1965	1640	1650	1390
JOUEUR 2	1590	1385	1645	1455	1640	1425
JOUEUR 3	1680	1425	1695	1510	1690	1430
JOUEUR 4	1745	1420	1755	1545	1755	1560
JOUEUR 5	1665	1400	1710	1485	1695	1475
JOUEUR 6	1625	1390	1690	1455	1675	1455
JOUEUR 7	1485	1235	1530	1365	1525	1470
JOUEUR 8	1475	1220	1495	1325	1490	1460
JOUEUR 9	1555	1420	1610	1475	1600	1525
JOUEUR 10	1810	1655	1805	1585	1790	1585
JOUEUR 11	1795	1580	1815	1525	1795	1565
JOUEUR 12	1730	1610	1785	1560	1765	1550
JOUEUR 13	1465	1325	1475	1315	1460	1295
JOUEUR 14	1475	1335	1470	1325	1460	1310
JOUEUR 15	1645	1510	1645	1540	1630	1475
JOUEUR 16	1665	1495	1690	1515	1655	1480
JOUEUR 17	1760	1490	1775	1565	1770	1495
JOUEUR 18	1695	1480	1720	1485	1705	1535
JOUEUR 19	1625	1485	1650	1465	1645	1485
JOUEUR 20	1790	1545	1795	1460	1780	1545
Moyenne	1653,00	1442,75	1686,00	1479,75	1658,75	1475,50
Ecartype	115,11	112,99	127,17	89,64	107,21	78,34

RESULTATS DES TESTS D'AGILITE

JOUEURS	test1 (H)	test1(DESH)	test2 (H)	test2 (DESH)	test3 (H)	test3 (DESH)
JOUEUR 1	10,65	12,04	10,5	11,95	10,62	11,39
JOUEUR 2	11,92	12,03	11,65	11,96	10,99	12,22
JOUEUR 3	12,45	13,22	11,42	11,62	11,55	11,69
JOUEUR 4	11,85	11,91	10,65	11,06	10,96	11,52
JOUEUR 5	9,94	11,24	9,66	10,45	10,02	10,42
JOUEUR 6	10,65	11,23	9,96	10,86	9,99	11,13
JOUEUR 7	12,42	13,51	11,68	11,94	11,89	12,51
JOUEUR 8	11,96	13,04	11,22	11,29	11,54	11,94
JOUEUR 9	11,63	12,69	11,42	11,59	11,45	11,65
JOUEUR 10	10,58	11,52	10,12	11,03	10,61	10,93
JOUEUR 11	11,53	11,85	11,06	12,54	11,22	11,76
JOUEUR 12	12,65	12,69	11,82	12,63	12,28	12,39
JOUEUR 13	10,98	11,82	10,02	10,71	11,11	11,92
JOUEUR 14	13,22	13,88	12,51	12,96	12,96	13,45
JOUEUR 15	11,42	12,25	10,96	11,65	11,13	12,23
JOUEUR 16	12,69	13,53	11,74	12,45	12,65	12,88
JOUEUR 17	11,57	12,62	11,01	11,63	10,97	12,19
JOUEUR 18	10,66	11,47	10,42	11,06	10,41	11,23
JOUEUR 19	12,95	13,28	11,77	12,24	12,26	12,95
JOUEUR 20	11,45	12,08	10,88	11,62	11,05	12,28
Moyenne	11,66	12,40	11,02	11,66	11,28	11,93
Ecartype	0,90	0,81	0,75	0,68	0,81	0,73