

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



**INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR DE L'EDUCATION POPULAIRE ET DU SPORT
(INSEPS)**

**DEPARTEMENT DE L'EDUCATION PHYSIQUE ET DU SPORT
MEMOIRE DE MAÎTRISE ES-SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'ACTIVITE
PHYSIQUE ET DU SPORT
(STAPS)**

THEME :

**LES VARIATIONS DE POIDS LORS D'UNE COURSE DE FOND
EN CLIMAT CHAUD ; LE CAS DU SEMI-MARATHON
INTERNATIONAL DE DAKAR
EDITION 2007**



Présenté et soutenu par:

Monsieur Augustin WATHIE

Sous la direction de :

Monsieur Lansana BADJI

Professeur à l'INSEPS, Maître assistant en S.T.A.P.S

Année universitaire : 2006 – 2007

DEDICACES

Gloire à ALLA le Tout Puissant, Clément et miséricordieux

Prière sur son Humble Prophète MOUHAMAD (PSL).

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ Mes parents que j'aime tellement et que je dois reconnaissance infinie pour m'avoir donné une bonne éducation ;
- ❖ Mon défunt Père feu Pathé WATHIE, que la Terre lui soit légère et qu'ALLAH l'accueille à son Paradis ;
- ❖ Ma mère Ndiaye NDIOR, bénie soit tu par le Clément et qu'il t'accorde longue vie et le bonheur de vivre le triomphe de tes enfants ;
- ❖ Mon oncle Ousmane NDIOR pour son soutien affectif, matériel et toutes les valeurs qu'il n'a jamais cessé de m'inculquer, dont : l'Amour du Travail, l'Honnêteté et le Sens de la Responsabilité ; merci d'avoir été là quand j'ai toujours eu besoin de vous ;
- ❖ Mon oncle Mamecor GUEYE également, pour son soutien à toute la famille ;
- ❖ Mon Père adoptif Bassirou WAHIE, pour tout ce qu'il a fait pour la famille ;
- ❖ Mes frères et sœurs : Jean Pierre, Dieynaba, Marie, et Ndeye WATHIE ;
- ❖ Ma tante Daba GAYE pour tout ce qu'elle a pu faire pour moi et le reste de la famille ;
- ❖ Mes cousins et cousines : Mamadou, Seydina, Baye Pathé, Mouhameh, Fatou Kiné, Coumba et Aïcha NDIOR ;

- ❖ Mes Neveux et Nièces : Nafi THIAM, Souado et Mor WADE ;

- ❖ Mes amis et voisins de chambre : Papa Demba NDIAYE, Wali SENE, Mamadou DIOP ;

- ❖ Notre ami et frère Ass Moussa SAMB qui a beaucoup contribué à la confection de ce document, ta disponibilité est été sans prix ;

- ❖ Des amies comme Ndeye Maguatte DIOP, Seynabou PAYE, Gislaine Marie E. DIATTA, Amsatou SAKHO ;

- ❖ Mes camarades de promotion avec qui j'ai cheminé arduement et partagé des années d'expérience inoubliables à l'Université ;

- ❖ Tous les coaches et athlètes du DUC (AHLETISME) ;

- ❖ Mes amis du camp Leclerc ;

- ❖ Mes amis d'enfance de Boof, Mbellecadio, Thiouthioune, Diakhao Sine.

- ❖ A tous ceux qui me sont chers, retrouvez ici l'expression de mes sentiments les plus sincères.

REMERCIEMENTS

ALHAMDOULILLAH !!!!

L'occasion m'est enfin donnée d'exprimer mes vifs remerciements à ALLAH, pour Tout.

Mes remerciements vont à l'endroit de :

✚ Monsieur **Lansana BADJI**, mon professeur et directeur de mémoire, qui m'a beaucoup soutenu et n'a ménagé aucun effort pour l'élaboration de ce document.

Votre sens de la responsabilité, votre rigueur et votre sérieux nous ont poussé à travailler avec vous. Que DIEU vous accorde longue vie, santé de fer et plus d'avancement dans tout ce que vous entreprenez ;

✚ Monsieur **Fallou CISSE** qui nous a aidé au choix du thème et à l'orientation de l'Etude ;

✚ Monsieur **Jean FAYE**, pour toute sa contribution à cette étude, que DIEU vous accorde longue vie, santé et avancement professionnelle ;

✚ Tous les professeurs de l'INSEPS : messieurs **FALL, SEYE, DIOP, DIOUF, SOW, DIA, THIOUNE, THIAM, CAMARA, SANE, MAR, NDIAYE, SANO, GUEYE, SAMB** ;

✚ Monsieur **Jean GOMIS** Directeur administratif de la Fédération Sénégalaise, d'Athlétisme ;

✚ Tous les coureurs de club « les caïmans de Dakar » qui ont bien voulu s'investir dans cette Etude en tant que « sujets » et particulièrement à leur responsable : **Michel THERON** ;

✚ Tous les coureurs de l'Association Sportive des Forces Armées dont **Cheikh NDIAYE, Ibrahima GNINGUE** ;

✚ Tout le personnel administratif de l'INSEPS

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I : ASPECTS HISTORIQUE ET TECHNIQUE	3
I-1- Aspect historique.....	4
I-2- Aspect technique.....	7
CHAPITRE II: QUELQUES ASPECTS PHYSIOLOGIQUES RELATIFS AU SEMI-MARATHON.....	11
II-1- Relation courses de fond système cardio-respiratoire.....	12
II-2- Thermorégulation au cours du marathon	17
II-3- Composition corporelle et endurance.....	25
II-4- Suivi et gestion du poids par le coureur au semi marathon.....	34
CHAPITRE III : MATRERIELS ET METHODE.....	37
III-1- Les sujets	38
III-2- Conditions climatiques	38
III-3- Niveau d'entraînement	39
III-4- Matériels utilisés	39
III-5- Protocole	39
III-6- Calculs statistiques	40
CHAPITRE IV : PRESENTATION DES RESULTATS.....	41
CHAPITRE V : COMMENTAIRE DES RESULTATS.....	48
V-1- Comparaison des pourcentages de graisse et des indices de masse corporelle...	49
V-2- Relation entre la VO ₂ max et la performance.....	49
V-3- Comparaison des températures.....	49
V-4- Comparaison des poids.....	50
CHAPITRE VI : DISCUSSION.....	52

VI-1- Estimation de la capacité de thermolyse des sujets.....	53
VI-2- La production aérobie d'ATP à partir des glucides.....	57
VI-3- La production aérobie d'ATP à partir des lipides.....	58
CONCLUSION	62
SUGGESTION.....	63
BIBLIOGRAPHIE.....	64

RESUME

Actuellement, nous assistons à une prolifération des « courses sur route » à travers la planète. Et si ces courses de fond ont depuis la Grèce antique revêtu successivement un caractère sacré, un entraînement militaire et les défis de l'homme face à la nature et à lui-même, aujourd'hui, leur caractère populaire leur donne une nouvelle dimension.

Elles ne sont plus seulement l'apanage d'une élite quelconque mais un phénomène de société où les masses populaires trouvent de l'intérêt physiologique dans la pratique.

Dans un contexte socio-économique marqué par beaucoup de cas de « surpoids » dans la population pouvant engendrer des maladies cardio-circulatoires, nous avons voulu voir si une épreuve comme le semi marathon occasionne la perte de poids et comment.

Ainsi, après avoir parcouru la littérature physiologique dans ce domaine nous avons procédé à des séries de mesures lors du Semi Marathon International de Dakar le 17 mars 2007.

Nous avons pris les températures corporelles et les poids d'une vingtaine de sujets (parmi les participants), avant le départ de la course et à l'arrivée avec la même tenue sans oublier de relever les conditions d'ambiance climatique.

Nos résultats ont révélé une hausse générale des températures corporelles avec une moyenne de 2°C de variation ; mais également une diminution des poids corporels d'une moyenne de 2 kg à la suite de l'épreuve. On s'est alors évertué à étudier ces phénomènes.

Pour ce qui est des hausses de température, nous avons cherché les origines dans l'estimation de la capacité de thermolyse des sujets à partir de certains facteurs qui conditionnent le refroidissement de l'athlète en cas d'activité physique, en l'occurrence : le degré d'entraînement des sujets, la nature de l'épreuve, et les conditions climatiques ; qui en outre ont également déterminé le niveau de perte de poids à la fois globalement et selon les individus.

Toutefois, le processus de la perte de poids corporel étant un phénomène physiologique intéressant et plus que jamais d'actualité, nous avons jugé nécessaire d'identifier les composantes de cette perte, afin de détailler les procédés par lesquels l'organisme y parvient au cours du semi marathon ou épreuve de même nature.

!

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La course à pieds a été l'une des activités les plus simples, les plus naturelles que l'homme a toujours pratiquées tant au plan utilitaire que pour le plaisir.

Aujourd'hui, elle est devenue un véritable phénomène des temps modernes et fait l'objet d'un engouement particulier. Elle entre dans les habitudes d'une très grande partie des populations des cinq continents devenant ainsi le sport le plus répandu de la planète.

Ayant pris aujourd'hui une autre orientation, de nouvelles dimensions avec l'entrée du gain financier, la « course sur route » demeure dans ses premières manifestations un moyen privilégié d'amélioration de la santé physique et morale. En effet le monde des affaires s'est emparé de la course à pieds « sur route » qui voit se développer tout autour d'elle une véritable économie qui fait l'objet d'une attention particulière de la part des organisateurs.

Le semi marathon, discipline non olympique, est une forme organisée de la course à pieds hors piste. Il a la particularité de se courir sur une distance moyenne de 21 km, pendant un temps relativement long. On note actuellement une prolifération de marathons et semi marathons à travers le monde. Et le Sénégal n'est pas en reste en organisant le Semi Marathon International de Dakar (SMID) suivant un calendrier de la Confédération Africaine d'Athlétisme (CAA).

Les conditions d'organisation d'un marathon proprement dit n'étant pas à la portée de tout le monde, certaines fédérations et villes comme Dakar s'en tiennent à des semi marathons de niveau international. Ce type d'épreuve ayant la particularité d'être populaire, partout les participants continuent de massifier les départs. Et parallèlement, les pourcentages d'arrivants s'améliorent d'année en année. Le semi marathon de Dakar a subi aussi la même évolution. En effet, le nombre de participants ne cesse de croître tant chez les étrangers que chez les masses populaires nationales.

La situation géographique du Sénégal mérite une attention particulière concernant la pratique des activités physiques en général et celle des courses de fond en particulier. Car même si Dakar qui abrite notre champ d'étude, a un climat plus clément que la

majeur partie de l'intérieur du pays où les températures peuvent atteindre 45°C (Matam, Tambacounda, Diourbel), il est à noter que les températures des après midi peuvent être au dessus de la zone de neutralité thermique (entre 18° et 25° C).

Les contraintes sur l'organisme, relatives à la nature de l'épreuve exposent ce dernier à des dangers suite à une mauvaise préparation ou à une organisation défectueuse.

Par ailleurs on sait que la pratique d'activités physiques en climat chaud expose le sujet à une double contrainte :

- une contrainte exogène qui est représentée par une température ambiante et un degré d'hygrométrie élevés,
- une contrainte endogène due aux modifications hémodynamiques induites par l'exercice musculaire [1].

Ainsi, qu'en est-il réellement lorsqu'un semi marathon se déroule en climat chaud ?

Est-ce que la course de fond, pratiquée en climat chaud, entraîne une perte de poids ?

Si c'est le cas, quelle est la nature de cette perte, ou de quoi est-elle composée, et par quel processus elle se fait ?

Quand on sait qu'une perte de poids de 1% diminue la performance, quelles sont les dispositions à mettre en œuvre pour maîtriser les changements pondéraux et réaliser de bonnes performances lors des courses de fond ?

Pour autant d'interrogations, étant optionnaire d'Athlétisme et ayant le privilège de vivre dans une ville où sont organisées régulièrement des « courses sur route », dont un semi marathon international, nous nous sommes intéressés aux modifications du poids lors de ce type d'épreuve.

Ainsi, après un rappel de l'historique des courses de fond et du semi marathon international de Dakar, nous exposerons dans un premier temps, quelques aspects techniques et physiologiques des courses de fond ; puis nous mènerons notre étude en nous appuyant sur des mesures prises sur une vingtaine d'athlètes participants à l'édition 2007.

CHAPITRE I :

ASPECTS HISTORIQUE ET

TECHNIQUE

I°-1- ASPECT HISTORIQUE

I°-1-1- Des origines au cheminement légendaire

IL faudrait un ouvrage entier pour évoquer l'histoire des courses de fond. Elle se confond en effet avec la notion même d'Athlétisme dont elle fut certainement la première illustration [3]. Cependant, on ne peut s'empêcher de mentionner le caractère que les courses de fond ont revêtu des millénaires durant.

En effet comme les lancers, les sauts, et autres activités physiques, les courses de fond ont servi de moyens de survie depuis les premières civilisations. Pendant très longtemps elles auront constitué la base fondamentale des entraînements militaires de la PERSE à nos jours en passant par la GRECE antique et l'empire Romain.

Dans une Grèce antique par exemple où le soldat de Sparte devait être robuste et endurant pour l'idéal qui est de défendre la cité, les courses de longue distance demeuraient un miroir reflétant les capacités humaines.

Pour ce qui est de l'esprit de compétition d'antan, au-delà de l'honneur rendu aux dieux, réduire le temps et allonger la distance ont toujours été, en résumé l'ultime ambition des coureurs de fond.

Dans ce domaine, le charme qui a rendu éternel leur légende a toujours résidé dans la capacité à supporter la souffrance et à repousser les limites des capacités humaines, souvent au prix de leur vie. Voilà qui fait de ces épreuves les voix de base dans le concert athlétique. Les premières performances où la légende le dispute à la réalité, remontent à la première moitié du XVIIIe siècle. En 1740 Thomas Carlisle, sur un terrain militaire à Londres couvre 17,3 km dans l'heure. Il inaugure ainsi les palmarès des courses de longue distance qui s'étoffent bientôt d'autres résultats notables. Woolley Morris, réalise 54 minutes et demi sur 10 miles (16,09 km) en 1753, meurt une heure après son arrivée d'une rupture d'anévrisme ; Evant, 17,40 km à Newmarket en 1788...

Dès la fin du XVIIIe siècle, le 10 miles (16,09 km) devient une « classique » des compétitions professionnelles qui prolifèrent à partir de 1840, des deux cotés de

l'atlantique. En 1852 le britannique John Howitt est le premier à dépasser les 18 km dans l'heure - 18,112 km – au cours d'un 15 miles.

Avant les années 60 du XIXe siècle, nous entrons définitivement dans l'histoire d'un renouveau de la course longue. Nous disposons en effet, de récits et témoignages journalistiques suffisamment précis pour nous imaginer ce que sont alors les « matches » que se livrent les pionniers de la résistance et de l'endurance.

La fin de ce XIXe siècle coïncide avec un âge d'or de l'athlétisme professionnel de l'époque et est marqué par la réinstauration des Jeux Olympiques modernes par le Baron Pierre de Coubertin (Athènes 1896). C'est une nouvelle ère, où la légende des longues distances sera plus belle, plus vivante avec l'apparition de nouvelles gammes de compétitions modernisées [3]. A la même époque, naquit le marathon tel que nous le connaissons aujourd'hui.

I°-1-2- Les courses longues et les rendez-vous mondiaux

La réapparition des Jeux Olympiques offre un cadre merveilleux d'expression pour la première discipline olympique : l'Athlétisme.

Ainsi, du 5000 m au marathon en passant par le 10.000 m, les courses de fond rebondissent au grand jour, non plus pour honorer des Dieux grecques ou préparer des soldats mais juste pour le bel esprit de compétition. On retrouvera alors ces courses, à l'instar des autres, dans de nouveaux rendez-vous internationaux comme les Jeux Olympiques, les championnats du monde d'Athlétisme, la coupe du monde d'Athlétisme, les championnats continentaux ainsi qu'à travers les multiples marathons, semi marathons, cross countries, organisés partout au grand bonheur des peuples sans distinction de race, d'ethnie, de classe sociale, d'âge...

I°-1-3- Les courses de fond en Afrique et au Sénégal

L'histoire de l'Egypte antique nous montre et nous assure que les sujets des pharaons avaient le culte du mouvement dont la course et notamment dans la préparation à la guerre pour se défendre des tributs noires. Cependant, comment évoquer les courses de

fond en Afrique sans se référer à l'Afrique de l'Est, en l'occurrence l'Ethiopie et le Kenya ?

Deux nations qui, depuis que les africains participent aux joutes internationales, produisent d'excellents coureurs de fond. En raison des facteurs induits par la haute altitude, dont les effets sont physiologiquement prouvés, leurs athlètes ont toujours réalisé d'excellentes performances en Afrique et dans le monde.

Déjà vers les années 1950, apparaît sur la scène internationale, le phénomène Abébé BIKILA, le marathonien aux pieds nus. Ce sergent éthiopien s'est fait une légende du marathon entre 1958 et 1973, date de sa mort suite à un accident de voiture.

A l'ombre de BIKILA, ont émergé plusieurs grands noms comme : Miruts YFTER, GEBRESELASSIE (Ethiopie), Samson KIMOBWA, Henry RONO, Yobes ONDIEKI... (Kenya). Aujourd'hui la meilleure performance du marathon est détenue par le kenyan Paul TERGAT en 2h 04min au marathon de New York en 2005.

Pour ce qui est du Sénégal, où l'athlétisme est entré en 1920, les courses de fond ont toujours été dominées par des militaires spécialisés en cette pratique.

I°-1-4- Historique du Semi Marathon International de Dakar

Bien que le Sénégal a commencé d'organiser les championnats nationaux d'athlétisme sur piste depuis 1960 et des championnats de cross, il faudra attendre 1986 pour que Dakar reçoive son premier marathon avec l'appui du directeur des Grands Moulins de Dakar de l'époque et du ministère du sport et de la jeunesse d'alors. Petit à petit, et au fil des années, on en arrive à la première édition du 20 kilomètres de Dakar en 1994. Il faut noter cependant que ces deux types de courses sur route étaient justes des épreuves nationales.

Chemin faisant, c'est donc avec le Semi Marathon International de Dakar (SMID) dont la première édition a eu lieu en 2000 que l'épreuve est devenue internationale avec principalement la participation des africains de l'ouest. Cette course populaire gagne plus de notoriété d'année en année, et les effectifs ont varié de 400 à 750 coureurs pour l'épreuve des 21,1 km.

Cette notoriété internationale croissante a fait du SMID le semi marathon officiel d'Afrique de l'ouest inscrit au calendrier de la Confédération Africaine d'Athlétisme (CAA). Elle nous a valu l'agrément de la Fédération International des Associations d'Athlétisme (FIAA) en 2006, date à laquelle la tutelle internationale a commencé à nous envoyer des experts pour homologuer le parcours et officialiser tout record [4].

I°-2- L'ASPECT TECHNIQUE DU SEMI MARATHON

Selon le docteur Jean Pierre de MONDENARD dans le magazine « jogging international » [7], l'organisation du marathon doit respecter certains commandements pour le bon déroulement de l'épreuve. Le règlement de la FIAA concernant les courses « sur route » exige la mise en place d'une bonne organisation générale surtout pour la sécurité physiologique des coureurs.

I°-2-1- Les conditions climatiques

Pour donner le départ de la course il faut s'assurer des valeurs de la température et de l'humidité de l'air. Les courses de longue distance (16km et plus) ne doivent pas avoir lieu lorsque la température mesurée au thermomètre humide dépasse 28°C ; si non ça devient un facteur de risque pour les athlètes [1].

En effet une température ambiante et un degré d'humidité de l'air, tous les deux élevés, gênent les possibilités d'évaporation de la sueur, donc l'élimination de la chaleur produite par l'organisme. Ainsi, au cours des périodes de l'année durant lesquelles la température excède 28° C, ces courses de distance devraient avoir lieu avant 9 heures ou après 16 heures. Ce fut le cas ici puisque le départ de cette édition a été donné à 16 h 30 min.

Pour ce qui est de Dakar, la situation géographique de cette ville en zone intertropicale mérite une attention particulière. En effet, l'humidité relative de l'air, du fait de la proximité de la mer, est plus forte qu'à l'intérieur du continent, alors que les températures des après-midi connaissent des élévations modérées.

Ainsi, on retiendra comme barrière à ne pas franchir sous peine de s'exposer à des accidents liés aux troubles de la thermorégulation, les chiffres de la température ambiante et de l'humidité relative indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau n° I : Barrière des combinaisons de températures et humidités à ne pas franchir [1]

Température ambiante (°C)	Humidité relative (%)
28	40
26	50
24	60
22	70
20	80
18	90
16	100

II°-2-2- L'aspect technique de l'organisation

Toujours dans le souci de mettre les athlètes dans de bonnes conditions de participation et de performance, l'organisation de l'épreuve ne peut se faire sans le respect de certains points techniques qui ont une base physiologique vérifiée. Ainsi, sur le parcours où l'épreuve se déroule, il devra nécessairement exister selon la réglementation en vigueur :

- **des postes de ravitaillement**

Ils seront placés à tous les 5 km. Au semi marathon, ils se situeront aux postes suivants :

km 5 ; km 10 et au km 15. Ils devront fournir aux athlètes des boissons faiblement sucrées (moins de 25 grammes par litre d'eau) et minéralisées (moins de 10 meq de chlorure de sodium et 5 meq de potassium par litre d'eau) ;

- **des zones d'épongement**

Ils sont trois au niveau du semi marathon, et sont placés aux postes suivants : km 7,5 ; km 12,5 et au km 17,5. Ils offrent la possibilité aux concurrents de se rafraîchir en s'aspergeant le visage et les membres. Il faut des éponges en quantité suffisante et de l'eau potable ;

- **un personnel médical**

Il devra être suffisamment nombreux et compétent pour traiter les éventuels accidents. Pour le Semi Marathon International de Dakar, il y a une commission soutenue par le Groupement National des Sapeurs Pompiers, la Croix Rouge et l'Armée Française ;

- **un jury**, ainsi composé :

- un directeur de réunion ;
- un directeur technique ;
- un jury arrivé ;
- un jury de chronométreurs qui notent les temps réalisés ;
- un speaker chargé d'informer les spectateurs et les athlètes ;
- des commissaires de course qui supervisent l'ensemble de l'épreuve ;
- des jalonneurs qui guident les athlètes dans la reconnaissance du parcours ;
- des officiels aux postes de ravitaillement et d'épongement.

Aujourd'hui il est admis par l'I.A.A.F. qu'une compétition agréée et internationale doit forcément compter un minimum de soixante officiels techniques.

- **la sécurité**

C'est une commission avec laquelle les organisateurs travaillent en étroite collaboration. En effet, il y a 21 km à sécuriser dont les zones de départ, les carrefours routiers et l'arrivée. Au total, 250 policiers et 150 gendarmes ont été mobilisés lors du dernier SMID.

SEMI-MARATHON INTERNATIONAL DE DAKAR



Boulevard du président ABIB BOURGUIBA

15 km R3

Boulevard DIAL DIOP

12.5 km E2

Rue 12

Avenue CHEIKH AHMADOU BAMBA

17.5 km E3

Av Blaise Diagne

10 km R2

Boulevard du Général DE GAULLE

SOUMBEDIOUNE

ARRIVEE SEMI
Au stade Iba mar diop

ARRIVEE 10KM

ALLEES PAPA GUEYE FALL

Av FAIDHERBE

Av LAMINE GUEYE

5 km R1

Av POMPIDOU

Av SARRALT

PORT

CORNICHE OUEST

Bd république

Av ROOSEVELT

CORNICHE EST

DEPART
DEVANT LA PRESIDENCE
DE LA REPUBLIQUE

Av des DIAMBARS

Île des Madeleines
(Île aux Serpents)

Île Louane

Pointe Bernard

CHAPITRE II :

QUELQUES ASPECTS PHYSIOLOGIQUES RELATIFS AU SEMI MARATHON

II°-1- RELATION COURSES DE FOND SYSTEME CARDIO-RESPIRATOIRE

Le système cardio-respiratoire est l'ensemble du transport de l'oxygène, du combustible et des substances nutritives aux muscles qui travaillent. Il sert également à débarrasser les muscles de tout déchet. Il est constitué des poumons, du cœur, des vaisseaux sanguins, et du sang. Ce système est indispensable au bon fonctionnement de tous les autres systèmes de l'organisme. Il joue un rôle fondamental dans les adaptations générales de l'organisme à l'activité physique et particulièrement les courses de fond, par ailleurs utilisatrices d'oxygène (système aérobie) [5].

II°-1-1 Le cœur, la pompe de la vie

II°-1-1-1 Le trajet du sang

Il faut d'abord noter que le déplacement du sang se fait d'une zone de forte pression vers des zones de basses pressions. Les valves cardiaques et valvules veineuses assurent la circulation unidirectionnelle du sang dans le système cardio-vasculaire. L'oreillette droite reçoit la totalité du « sang noir » (qui est riche en CO₂ et pauvre en O₂) par l'intermédiaire de deux gros troncs veineux : la veine cave supérieure et la veine cave inférieure [6].

De l'oreillette droite, le « sang noir » gagne le ventricule droit à travers la valve tricuspide ouverte. Le ventricule droit éjecte ensuite ce « sang noir » dans un gros vaisseau adjacent : l'artère pulmonaire à travers la valve pulmonaire ouverte. L'artère pulmonaire transporte le « sang noir » aux poumons. Dans les poumons le sang s'enrichit en O₂ et se débarrasse du CO₂ et devient rouge. Il revient à l'oreillette gauche du cœur par les veines pulmonaires. L'oreillette gauche déverse le sang « rouge » dans le ventricule gauche à travers la valve mitrale ouverte. En fin, le ventricule gauche éjecte le sang « rouge » riche en O₂ dans un gros vaisseau adjacent qui est l'aorte.

L'aorte, par les artères systémiques, distribue le sang riche en oxygène et en nutriments à tous les tissus de l'organisme. Les échanges avec les cellules se font au

niveau des capillaires tissulaires. Les cellules consomment l'oxygène et rejettent dans le sang capillaire le gaz carbonique. Ce sang devenu « noir » car appauvri en O₂ et enrichi en CO₂ quitte les tissus par les veines. Les veines de l'organisme de la moitié inférieure déversent le sang dans la veine cave supérieure. Puis les veines caves déversent le sang dans l'oreillette droite.

II°-1-1-2- Le rôle du sang

Le sang transporte des substances chimiques et autres à travers tout le corps. C'est pourquoi le sang et les vaisseaux dans lesquels il coule sont appelés un système de transport. Le sang est important car il transporte :

- l'oxygène des poumons et la nourriture du système digestif aux cellules du corps
- le gaz carbonique des cellules vers les poumons où il est éliminé et expiré
- les déchets des tissus du corps jusqu'aux reins où ils sont excrétés
- la chaleur des sites de production vers les zones de dissipation [5].

II°-1-2 Description de l'évolution du débit cardiaque et de ses facteurs au cours d'une course de fond

II°-1-2-1 Le rythme cardiaque

Le rythme cardiaque est le nombre de systoles ventriculaires en une minute et est exprimé en battements par minute (b/min). Lorsque le corps est au repos, le cœur bat entre 40 et 80 voire 100b/min.

Cependant on peut noter au-delà de cette fourchette deux phénomènes : la tachycardie et la bradycardie. On parle de tachycardie lorsque la fréquence cardiaque au repos (FC) est supérieure à 100b/min, et de bradycardie lorsque cette FC est inférieure à 60b/min sauf pour les sportifs endurants.

En course de longue distance comme le semi marathon (effort rectangulaire), l'évolution de la FC se fait en trois phases :

- une phase d'adaptation caractérisée par une augmentation de la FC au début de la course,
- une phase de régime stable caractérisée par un plateau durant le reste de l'épreuve,
- et une phase de récupération marquée par une diminution de la FC dès l'arrêt de l'effort [6].

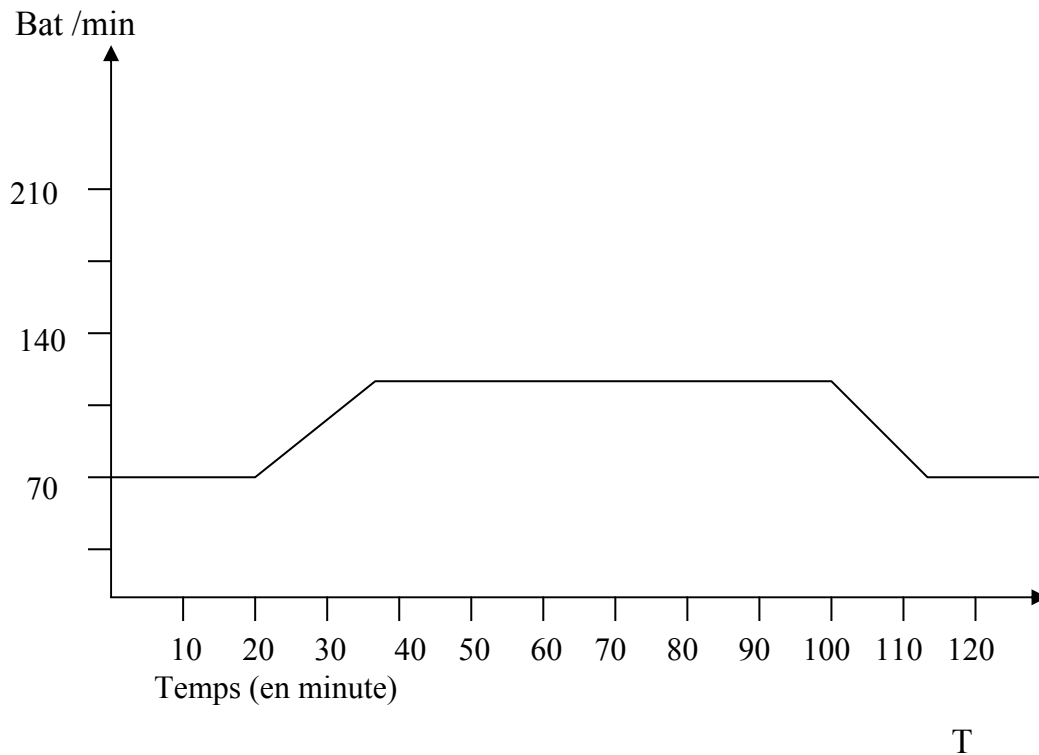


Figure I : Evolution du débit cardiaque lors d'une course de fond

II°-1-2-2- Le volume d'éjection systolique

C'est le volume de sang qui est refoulé à chaque battement cardiaque du ventricule gauche dans la grande circulation. Au repos il est en moyenne de 60 à 80 ml alors qu'à l'effort rectangulaire comme le semi marathon, l'évolution se fait en trois phases :

- une phase d'adaptation (comme celle du rythme cardiaque),
- une phase de régime stable (dont le plafonnement est fonction du rythme de course et du degré d'entraînement du sujet),
- et une phase de récupération dès l'arrêt de l'effort.

II°1-2-3 Le débit cardiaque

C'est la quantité totale de sang éjectée par chaque ventricule en une minute. Il constitue un facteur tout aussi important, quand il s'agit de la réponse du corps à l'exercice. Il est le produit du volume systolique et du rythme cardiaque et il est exprimé en litre par minute (l/min).

$$\text{QC} = \text{Volume systolique} \times \text{Rythme Cardiaque}$$

Au repos, ce débit est de 4 à 6 litres par minute. Le cœur est capable d'augmenter le débit cardiaque pour satisfaire les exigences de l'entraînement à travers une augmentation du rythme cardiaque et du volume systolique. A L'effort rectangulaire comme le semi marathon, l'évolution du débit cardiaque se fait en trois phases :

- une phase d'adaptation, quelques minutes après le début de l'exercice et caractérisée par une augmentation du débit cardiaque. Cette augmentation ou adaptation du débit cardiaque est engendrée par le changement dans la composition du milieu intérieur. En effet au cours d'une course de fond, il y a une production considérable de gaz carbonique, et une demande accrue en oxygène pour répondre à l'équilibre du milieu intérieur (homéostasie). Et puisque le sang est le transporteur de l'oxygène des poumons jusqu'aux muscles utilisateurs, il est nécessaire que l'organisme sollicite auprès du cœur une augmentation du débit cardiaque.
- une phase de régime stationnaire caractérisée par une certaine constance du débit cardiaque en fonction de l'intensité de la course (le rythme de l'athlète). Cette stabilisation est due au fait que la demande en oxygène et en nutriments est devenue égale à l'apport engendré par la phase d'adaptation.
- et en fin une phase de récupération dès l'arrêt de l'effort, caractérisée par une baisse du débit cardiaque jusqu'aux valeurs de repos quelques minutes après.

II°1-3- Les effets de la course longue sur le système cardiorespiratoire

II°1-3-1 Sur le cœur

L'entraînement d'endurance a pour effet non seulement de faire battre le cœur plus rapidement mais encore d'augmenter sa taille pour lui permettre de pomper davantage de sang à chaque battement cardiaque. Les effets cumulatifs d'un entraînement aérobie consistent à augmenter la taille, l'épaisseur, la force du muscle cardiaque (hypertension ventriculaire gauche) et la taille des cavités à l'intérieur du cœur, de sorte que le cœur entier devienne plus gros, plus fort et plus efficace.

II°-1-3-2 Sur le volume d'éjection systolique

Le volume systolique est accru par le refoulement d'un plus gros volume de sang par le ventricule gauche à chaque contraction. Le volume systolique peut atteindre jusqu'à son double au fur et à mesure que l'intensité de l'exercice augmente. Et ceci grâce à une amélioration du remplissage ventriculaire et de la contractilité myocardique [6].

II°-1-3-3 Diminution de la fréquence cardiaque au repos

Des études ont montré que la fréquence cardiaque peut diminuer d'un battement par semaine, les premières semaines d'un entraînement aérobie [8].

Après dix semaines, la fréquence cardiaque peut passer de 80 à 70bat/min au repos. Les véritables spécialistes de l'endurance, en l'occurrence les marathoniens peuvent avoir jusqu'à 40bat/min au repos [6].

II°-1-3-4 Développement du lit capillaire dans les muscles actifs

Le lit capillaire est développé dans les muscles actifs par l'entraînement aérobie et ce processus de capillarisation augmente la densité et l'efficacité des capillaires, rendant aussi l'ensemble du transfert de matériaux à l'intérieur du muscle plus efficace [8].

Il s'accompagne d'une amélioration de la redistribution sanguine ou flux sanguin au cours de l'exercice.

II°-1-3-5 Sur le plan respiratoire

L'entraînement aérobie a pour effet d'augmenter le volume minute maximum qui peut être atteint et d'améliorer l'efficacité des échanges gazeux entre l'air et le sang dans les alvéoles. Le volume minute cependant ne fournit pas beaucoup d'information à l'entraîneur, vu qu'il indique seulement le volume d'air inspiré.

La plus grande partie de l'oxygène qui entre dans les poumons, en sort aussi par l'air expiré. La capacité aérobie de l'athlète présente un plus grand intérêt pour l'entraîneur ; c'est la vitesse maximum d'utilisation de l'oxygène par les tissus du corps (V_{O_2} max).

Les effets de l'entraînement aérobie sur le système respiratoire ne sont pas aussi importants que pour le système circulatoire. Le volume inspiré et expiré au repos est le même chez les sujets entraînés et non entraînés. La capacité des poumons n'augmente pas avec l'entraînement en raison de la plus grande élasticité des sacs à air et de la plus grande force des muscles impliqués dans la respiration. Celles-ci se combinent pour augmenter considérablement le volume minute maximum au cours de l'exercice.

L'amélioration obtenue par l'entraînement concerne principalement la manière dont les systèmes circulatoire et respiratoire se combinent pour transporter et libérer l'oxygène dans les zones où l'activité cellulaire est la plus importante.

II°-2- THERMOREGULATION AU COURS DU MARATHON

La thermorégulation est l'ensemble des facteurs qui interviennent pour le maintien de la température centrale à un niveau compatible avec le fonctionnement de l'organisme. Cette valeur est en moyenne de 37°C. Selon P. O. Astrand, et K. Rodahl, l'homme protégé par ses vêtements, peut tolérer des températures ambiantes comprises entre 50 et 100°C, grâce aux mécanismes de régulation thermique [1].

Par contre, il est incapable de supporter des variations de plus de 4°C de sa température centrale.

II°-2-1- La production de chaleur

Au cours d'un semi marathon, la chaleur produite provient essentiellement de trois sources :

- la combustion des carburants (glucoses, acides gras et acides aminés) ;
- la contraction musculaire elle-même ;
- la réception au sol qui provoque une conversion de l'énergie mécanique en chaleur [1].

A cet effet, Fox et Mathews ont montré qu'au cours de l'exercice musculaire, un athlète de 80 kilogrammes qui consomme deux litres d'oxygène par minute, produit une quantité de chaleur égale à 580 kilocalories. Toute cette chaleur produite provoque un surchauffement normal de l'organisme et la température corporelle peut prendre sans grand risque des valeurs entre 37°5 et 39°5C.

Si l'homme ne possédait aucun système de refroidissement, toute la chaleur produite s'accumulerait dans son organisme dont la température augmenterait considérablement. Devant cette contrainte thermique endogène, il est nécessaire que l'organisme perde de la chaleur pendant la course pour rester dans cet intervalle (37°5-39°5C) [7].

II°-2-2- Les facteurs conditionnant le refroidissement

Le refroidissement pendant la course dépend de trois conditions :

- l'ensoleillement,
- la température de l'air ambiant,
- l'humidité relative de l'air ambiant ou degré hygrométrique.

Avec la valeur de la température ambiante et celle de l'humidité relative de l'air, on définit les conditions de refroidissement facile, difficile ou impossible (figure II). La capacité de refroidissement d'un marathonien varie d'un sujet à un autre. Elle tient à différents facteurs parmi lesquels :

- les dimensions corporelles et le pourcentage de graisse dans le poids corporel,

- le volume de liquide extracellulaire, le volume de sang et la capacité du système circulatoire,
- le nombre de glandes sudoripares, leur capacité à produire de la sueur et le type de sueur qu'elles sécrètent [2].

II°-2-2-1- Les dimensions corporelles et le pourcentage de graisse dans le poids corporel

La surface corporelle augmente comme le carré des dimensions corporelles. Le « petit » coureur a donc plus de potentialité (en course de fond) que le « grand » coureur.

De même, l'athlète qui a un pourcentage de graisse bas, a plus de facilité pour lutter contre l'augmentation de sa température [8].

II°-2-2-2- Le volume de liquide extracellulaire, le volume de sang et les capacités du système circulatoire

Dans l'organisme du coureur, la chaleur produite par les muscles est transportée par le sang vers la peau où elle est dissipée. Cela est rendu possible grâce à une augmentation du débit cardiaque distribué par les vaisseaux de la peau.

II°-2-2-3- Le nombre de glandes sudoripares, leur capacité à produire de la sueur et le type de sueur qu'elles sécrètent

La quantité totale de glandes sudoripares varie beaucoup d'un individu à un autre. Un sujet normal en possède deux à trois millions environ. Certains sujets en sont totalement dépourvus. Cela fait qu'ils sont vulnérables à la chaleur et ne sont pas aptes pour la course sur route. La sueur qui participe au refroidissement de l'organisme pendant la course est produite par les glandes sudoripares exocrines.

Elles sont plus nombreuses et leur densité est la plus forte au niveau de la paume des mains et de la plante des pieds. Les individus qui sont adaptés au climat chaud ont plus de glandes sudoripares que ceux ayant vécu dans les régions tempérées [7].

Cependant, il semble que le type de climat où l'individu a passé son enfance détermine également la densité de ses glandes sudoripares, indépendamment de sa race. Il est à noter qu'une trop grande production de sueur peut être un désavantage puisqu'elle s'accompagne d'une perte d'eau et de sels minéraux [7].

II°-2-2-4- Le refroidissement du coureur

Le refroidissement est consécutif à une déperdition de chaleur qui s'effectue tout au long de la course par :

- radiation,
- conduction,
- convection,
- évaporation.

L'évaporation à elle seule, dissipe une grande partie de la chaleur produite au cours de l'exercice. En effet, la transformation de la sueur produite à la surface de la peau en gaz, nécessite une certaine quantité d'énergie sous forme de chaleur qui, quand elle est utilisée, entraîne un refroidissement de l'organisme. Ainsi, pour chaque gramme de sueur évaporée, est associée une perte d'environ 0,580 kilocalorie de chaleur [1]. Ce refroidissement peut faire perdre à l'organisme des quantités d'eau non négligeables.

Toutefois, selon Kerslake, la sueur produite commence à ruisseler sur la peau lorsque la production dépasse un tiers de la capacité maximale d'évaporation [1]. Cependant P.O. Astrand et K. Rodahl ont montré que lors d'une course longue, l'ingestion de liquide modère l'élévation de la température centrale du coureur (figure III).

II°-2-2-5- Les modifications de l'équilibre hydroélectrolytique

Avant la course, le coureur possède une certaine quantité d'eau et d'électrolyte qui a tendance à se réduire au fur et à mesure que l'épreuve se déroule [7].

II°-2-2-6- La déperdition hydrique

Au cours du marathon, il a été mentionné plus haut que l'organisme perd de l'eau par sudation au niveau de la peau et par ventilation respiratoire. Les pertes d'eau par voie respiratoire sont fonction du débit ventilatoire. Cependant il faut noter l'action déterminante de la température et de l'humidité de l'air inspiré.

Selon P.O. Astrand et K. Rodahl, ces déperditions hydriques par voie respiratoire sont à peu de choses près compensées par l'eau produite lors des phénomènes oxydatifs.

II°-2-2-7- Des effets de la déshydratation

Lorsque l'on marche ou l'on court dans une atmosphère à la température, l'humidité et l'ensoleillement élevés, il y a augmentation du débit sanguin cutané, ce qui favorise une augmentation de la température cutanée et une perte de chaleur par convection (cette perte est d'autant plus élevée que l'est la différence de température entre l'air et la peau) et peut engendrer une vasodilatation des vaisseaux cutanés acheminant le sang, jusqu'à la peau, en même temps qu'augmente la production de sueur.

Toutefois quand le corps a perdu énormément de sueur (il y a différents stades de déshydratation qui sont supportables, surtout en cas d'acclimatation), il se produit une série de changements dans l'organisme. D'abord, la température corporelle s'élève ; en outre, quelques dizaines de minutes plus tard (encore moins en conditions extrêmes), la diminution d'eau dans le corps entraîne une réduction du volume sanguin total. A propos du sang, il faut ajouter que sa concentration en certains types d'électrolytes augmente à mesure que la sueur contient moins de sels que le plasma ; ce déséquilibre en électrolytes peut causer des crampes musculaires, surtout chez les athlètes prédisposés et / ou moins entraînés.

Mais ces conséquences peuvent concerner l'organisme dans son ensemble si l'athlète persiste à courir à un rythme soutenu ou s'il néglige la récupération de l'eau perdue. En effet, il arrive un moment où l'organisme diminue sa perte, sa production de sueur et réduit le débit sanguin cutané ; ces deux réactions ont pour but de limiter les pertes d'eau (pour la première) et de faire en sorte que le sang pompé au cœur puisse atteindre les organes vitaux (pour la deuxième) ; mais elles réduisent également la perte de chaleur corporelle.

En même temps, on peut assister à une diminution de la pression sanguine. Tout cela rend extrêmement difficile (et dangereux pour la santé) la poursuite de l'effort.

On recense de nombreux avantages pour l'athlète renouvelant l'eau perdue : la température augmente beaucoup moins, la diminution du volume sanguin est limitée, le cœur réussit à pomper beaucoup plus de sang à chaque battement et sa fréquence n'augmente que légèrement, le flux sanguin cutané reste élevé, etc....

L'acclimatation joue également un rôle déterminant. Grâce à elle les effets négatifs cités ci-dessus ne se déclarent pas tant que les pertes de sueur n'augmentent pas [8].

Humidité de l'air (%)

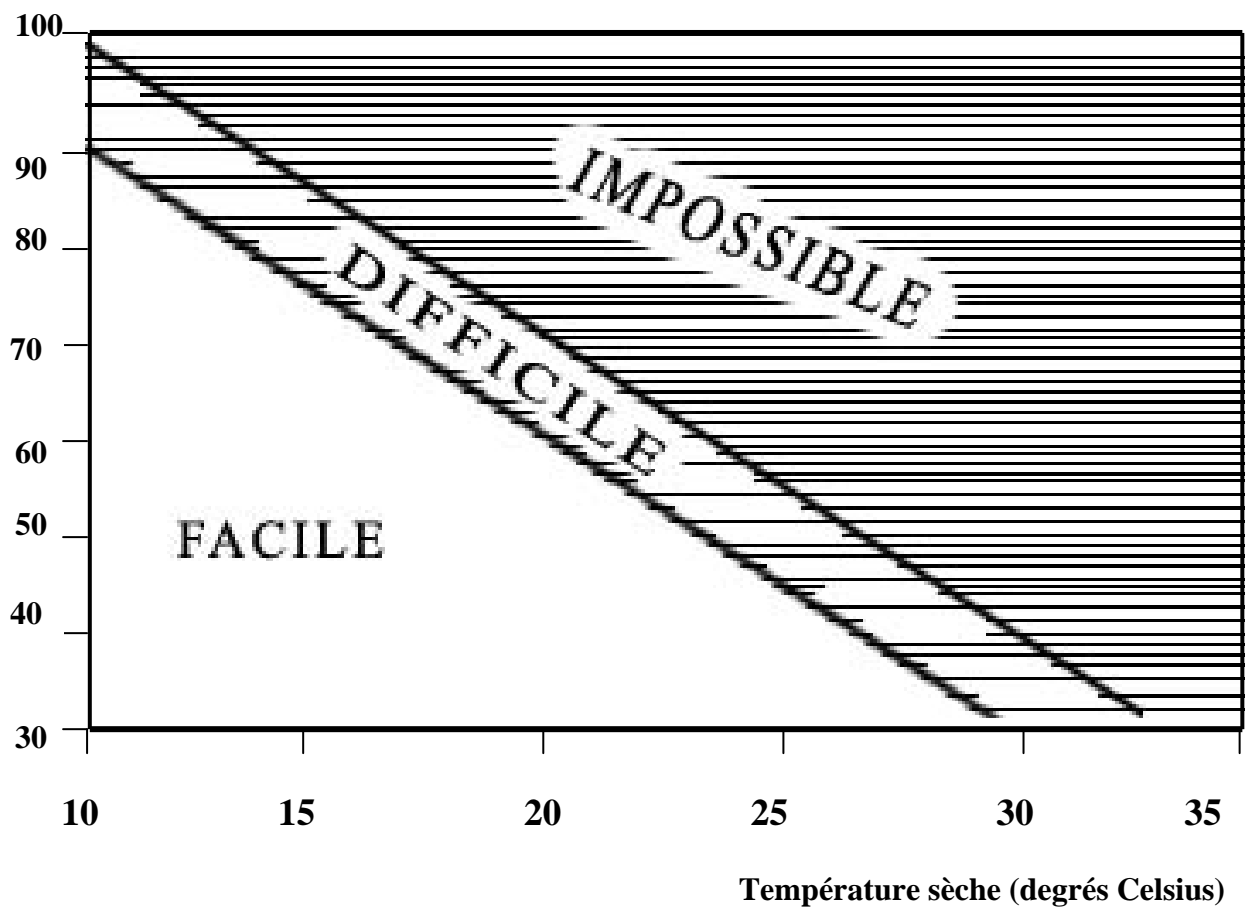
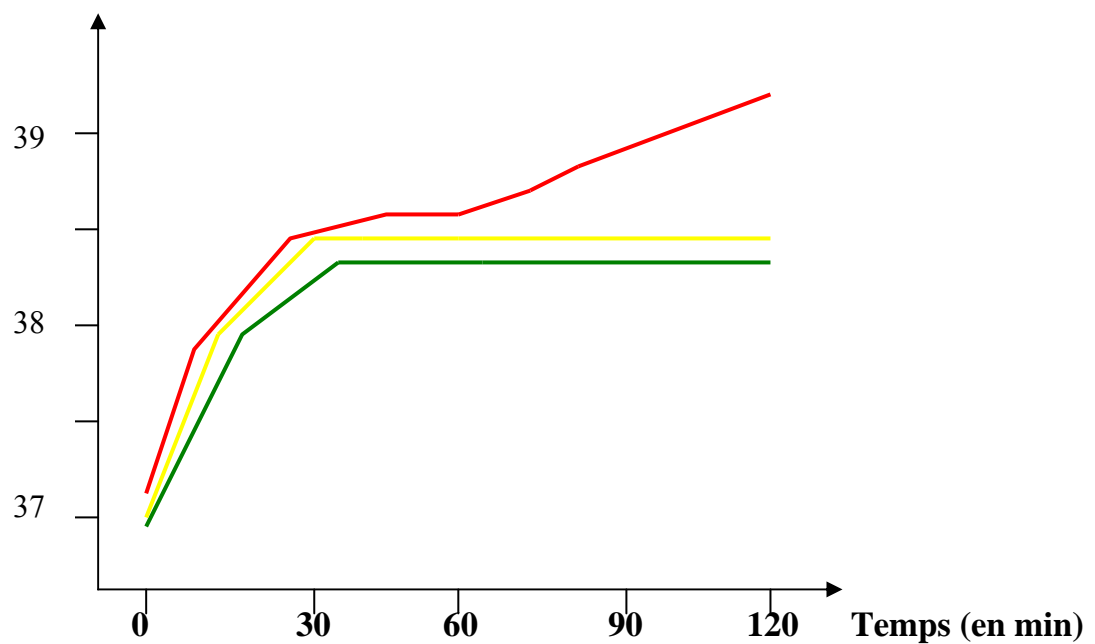


FIGURE II : Condition de refroidissement en fonction de la température sèche et de l'humidité relative de l'air chez le marathonien [1].

Température centrale (°C)



Légende :

- Pas d'ingestion de liquide
- Ingestion de solution glucosée
- Ingestion d'eau

Figure III : Effets de l'ingestion de liquides sur la température centrale lors d'une course de fond [7].

Nous avons ici les températures centrales de trois athlètes au cours d'un effort:

- * le premier (courbe rouge), n'a ingéré aucun liquide au cours de l'épreuve,
- * le deuxième (courbe jaune) a ingéré une solution glucosée pendant l'épreuve,
- * le troisième (courbe verte) a ingéré de l'eau au cours de l'épreuve

NB : pour le rythme cardiaque, on retrouve les trois cas de figure, en cas d'ingestion de liquides ou pas pendant un effort de longue durée [7].

II°-3- LA COMPOSITION CORPORELLE ET L'ENDURANCE

Si vous pesez le corps d'un homme, vous pesez deux éléments :

- * le poids du corps maigre : les os, les muscles, les tissus et la graisse essentielle,
- * l'excédent de graisse : mise en réserve dans des endroits divers du corps.

La composition du corps d'un individu se réfère à la relation entre le poids du corps maigre et l'excédent de graisse. Une amélioration de la performance devrait venir d'une augmentation du poids du corps maigre et d'une diminution de tout excédent de graisse [5].

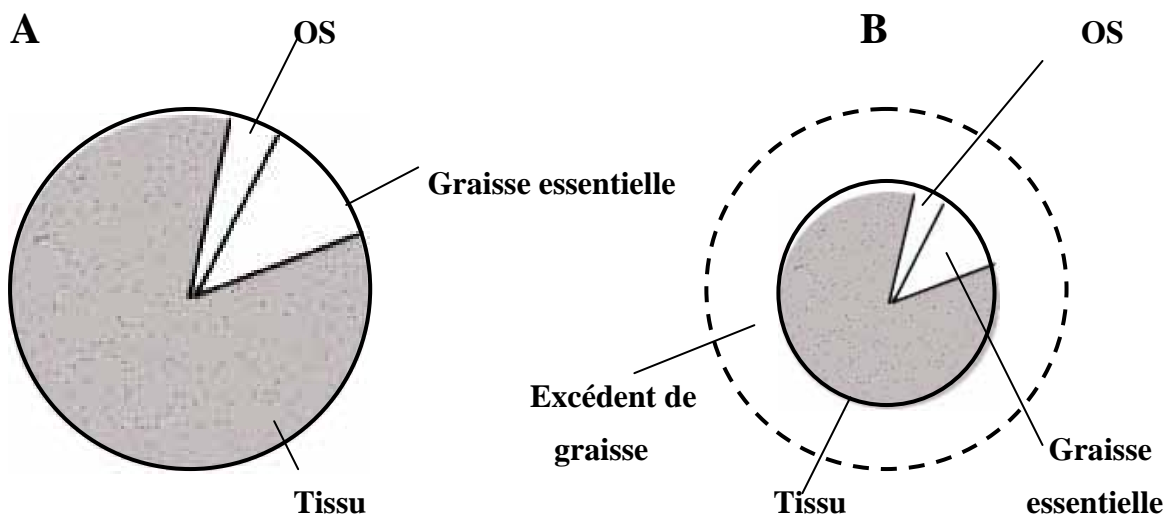


FIGURE IV : Comparaison des composants maigres et gras du poids du corps

Le graphique montre que deux personnes peuvent avoir le même poids mais de composition corporelle très différente. Le poids de l'athlète A est le même que celui de l'athlète B mais ne comprend pas d'excédent de graisse. Les entraîneurs devraient faire attention de ne pas voir le poids d'un athlète comme le seul moyen d'élaborer sa condition physique. Etant donné que les muscles pèsent plus lourd que les graisses, il est possible que l'athlète prenne du poids au fur et à mesure qu'il améliore sa forme physique [8].

II °-3-1- Le pourcentage de graisse chez les athlètes selon leur discipline

A niveau égal, les femmes athlètes ont toujours un pourcentage de graisse supérieur à celui des hommes. Même si les différentes études qui ont traité ce problème se contredisent, à titre indicatif on peut dire que, chez les hommes, les valeurs les plus basses sont celles des sprinteurs, des coureurs de demi-fond, et des marathoniens surtout qui tournent en dessous de 5% ; les marcheurs en ont un pourcentage similaire ou légèrement supérieur (7%) ; les sauteurs dépassent parfois les 10% voire 15% pour les lanceurs [8].

Chez les femmes, les sprinteuses, les coureuses de demi-fond, les marathoniennes ou les marcheuses, se situent en dessous des 12% ; 20% pour les lanceuses [8].

II°-3-2- La mesure des plis adipeux

On dénombre plusieurs méthodes, plus ou moins complexes et plus ou moins coûteuses, permettant de déterminer le pourcentage de masse grasse. La plus classique consiste à tenir compte du fait que le tissu adipeux est plus léger que les autres et à comparer le poids d'un corps totalement immergé dans de l'eau avec celui indiqué par une balance normale [8].

D'autres méthodes sont basées sur les isotopes radioactifs, sur l'impédance électrique du corps, ou encore sur l'évaluation par xéroradiographie, par scanographie, par résonance magnétique ou par ultrason de l'épaisseur de graisse des différents segments corporels. Mais en sport, la méthode qui, en outre qu'elle soit la plus crédible et la plus facile d'emploi, détient le gros avantage d'être d'une utilité pratique est la mesure de

certains replis (ou plis) cutanés grâce à un instrument –de calibre spécial- appelé « adipposomètre ».

Le principe sur lequel repose cette méthode est que l'augmentation de la graisse corporelle totale indique l'augmentation en parallèle de la graisse sous cutanée, et donc de l'épaisseur de la peau [8].

Au cours des dernières décennies de nombreuses méthodes ont été proposées, basées en majorité ou exclusivement, sur la mesure d'un certain nombre de plis allant de 1 à 10 (ou parfois même plus), mais aussi sur d'autres données comme la mesure de la circonférence des segments corporels ainsi que de l'âge. S'il est vrai qu'une diminution de l'épaisseur de tous les plis a pour signification un amaigrissement, il est logique que leur augmentation est synonyme de prise de poids ; cependant, lorsqu'on veut des informations précises sur le pourcentage de graisse corporelle (et sur ses variations dans le temps), il est nécessaire de choisir correctement les zones où l'on mesure les plis et de bien prendre en considération les données. De toute façon, ces dernières années, les méthodes de mesure des plis les plus adaptées aux athlètes des deux sexes (les formules sont différentes d'un sexe à l'autre) ont été définies ; de nombreux médecins sportifs sont désormais en mesure de les utiliser [8].

II°-3-3- L'amaigrissement et la perte de poids corporel

Il ne faut pas confondre **amaigrissement** et **perte de poids corporel**. A la suite d'une épreuve de longue durée comme le semi marathon, on peut perdre un kilogramme (1kg) mais on n'a pas maigri d'un kilogramme (1 kg). En effet, maigrir implique quelque chose de bien précis : **perdre de la graisse**. En fait, le kilogramme que la balance nous indique comme perdu après l'effort est constitué en majorité d'eau qui a quitté notre corps sous forme de sueur ; puis en partie le glycogène, c'est -à -dire cet amidon présent dans les muscles et dans le foie, et dont les muscles tirent leur énergie pour travailler lors d'un effort. En réalité, la graisse perdue équivaut seulement à quelques dizaines de grammes (voir tableau II).

II°-3-4- Composition de la perte de poids corporel après une épreuve de type semi marathon

A l'issu d'un entraînement ou d'une compétition de course de fond, la perte de poids corporel enregistrée résulte de la somme de **sueur** sécrétée (d'autant plus importante que la température, l'humidité et le rayonnement sont élevés), de l'utilisation du **glycogène musculaire et hépatique** et en dernier lieu, de la **graisse** brûlée. La graisse provient en grande partie de réserves, ces cellules spécifiques appelées « adipocytes » ou « cellules adipeuses ». Dans le tableau II, la « perte de poids immédiate » a été définie comme étant celle résultant de la somme des masses de sueur, de glycogène musculaire et hépatique et de la graisse.

Notons toutefois, que les pertes en eau (et en sels) par sudation et de glycogène (musculaire et hépatique) doivent être reconstituées dans les heures suivantes afin de redonner à l'organisme toute son efficacité. La graisse brûlée est le seul composant de la perte de poids qui est synonyme d'amaigrissement parmi tous ceux découlant d'un entraînement ou d'une compétition [8].

Tableau II : Récapitulation des composantes de la perte de poids après un effort de longue durée. Tiré de : IAAF niveau II et III, théorie avancée de l'entraînement, page 274.

COMPOSANTE DE LA PERTE DE POIDS	ORDRE DE GRANDEUR	PERTE DE POIDS APRES EFFORT	AMAIGRISSEMENT REEL
Sueur	Plusieurs hectogrammes	Oui	Non
Glycogène musculaire	Quelques dizaines de grammes	Oui	Non
Glycogène hépatique	Plusieurs dizaines de grammes	Oui	Non
Graisse des adipocytes	Quelques dizaines de grammes	Oui	OUI

II°-3-5- De l'importance d'être maigre

En général, la masse corporelle est subdivisée en masse grasse (celle formée par le tissu adipeux) et masse maigre (tout le reste, c'est-à-dire les muscles, les os, les organes du thorax et de l'abdomen...). Dans toutes les disciplines d'athlétisme, un faible pourcentage de graisse, c'est-à-dire d'être maigre, représente un atout. Alors que dans certaines disciplines (le lancer par exemple), un excès pondéral visible n'empêche pas les athlètes de réaliser d'excellentes performances, dans d'autres, celles où il faut transporter son propre poids comme la course et la marche, ou celles où il faut le soulever comme les sauts, il est difficile d'obtenir de très bons résultats en ayant un pourcentage élevé de graisse dans le corps. D'ailleurs, par exemple, on peut calculer qu'une prise de graisse d'un kilogramme, chez un athlète en pesant 65, entraîne une dégradation des performances d'environ 1h 30min pour un marathonien, d'environ 15min pour le 10000 m, d'environ 2 min pour le 1500 m et de presque 2 cm pour le saut en hauteur [8].

II°-3-6- Comment maigrir

Fondamentalement, pour les athlètes comme pour tout le monde, l'amaigrissement s'obtient par la diminution des entrées (c'est-à-dire l'absorption de calories), par l'augmentation des sorties ou par une combinaison des deux. Néanmoins, chez les athlètes, les choses se compliquent car si leur alimentation passe en dessous d'une quantité donnée de certains aliments, il peut se produire des baisses de forme incompatibles avec un entraînement ou une compétition exigeant le meilleur de leurs propres capacités physiques. C'est pourquoi, un athlète affichant un excès de tissus adipeux doit être suivi par un diététicien ayant l'expérience des sportifs. Quoiqu'il en soit, il est nécessaire que le régime ne soit pas trop pauvre en calories et la perte de poids ne soit pas trop brutale, même s'il est impossible de fournir des données dans ce domaine.

Si on a peu de graisse à perdre (jusqu'à 2 kilogrammes par exemple), voici quelques conseils :

- il faut se lever de table en ayant à peine apaisé sa faim, voire en ayant un peu faim,
- il faut supprimer les boissons alcoolisées,
- il faut réduire les matières grasses,
- une augmentation de la consommation d'aliments riches en fibres végétales est préconisée.

Pour favoriser la perte de poids, il s'avère utile que l'athlète augmente les rythmes d'entraînement, par exemple en faisant précéder et / ou suivre la séance habituelle par quelques minutes de course lente, moyen le plus efficace pour perdre de la graisse [8].

Toutefois, la spécificité des courses de fond constitue au plan bioénergétique le domaine par excellence de la perte de poids. Ainsi, un programme d'entraînement à base d'exercices d'endurance permet de brûler un peu de graisse par séance et de perdre du poids à la longue si les entraînements sont réguliers et bien planifiés.

II°-3-6- Les adipocytes, ces cellules spécifiques où la graisse corporelle est stockée

La quasi-totalité de la graisse de notre corps est entreposée dans des cellules particulières, les adipocytes. Par exemple, juste sous la peau (c'est-à-dire dans le tissu sous cutané) se trouve une couche de graisse d'autant plus épaisse que le pourcentage de graisse dans notre organisme est élevé ; cette couche est formée de plusieurs milliers d'adipocytes dont chacun contient plus ou moins de graisse. De nombreux adipocytes sont également localisés dans l'abdomen.

Si une personne grossit, cela signifie que la graisse des adipocytes augmente. Quand elle maigrit, ses adipocytes perdent un certain pourcentage de graisse. Cependant, pour l'athlète désireux de maigrir, précisons que, malheureusement la graisse des adipocytes augmente facilement mais s'élimine difficilement. Ces cellules ont été programmées pour les conditions que l'homme devait affronter il y a des milliers d'années, quand la nourriture disponible ne ressemblait à rien à celle actuelle et quand

il advenait que l'homme ne mange pas régulièrement, mais sainement [8]. C'est aussi à cause de cela qu'il est si facile de grossir et si difficile de maigrir.

Malheureusement –contrairement à ce que certains affirment- il n'existe aucun moyen extérieur (par exemple massages, saunas, bains à bases de certaines substances, toute sorte de courants électriques...) en mesure « d'expulser » la graisse des adipocytes.

La graisse contenue dans les adipocytes l'est principalement sous forme de triglycérides ; toutefois, les triglycérides ne peuvent pas sortir tels quels des adipocytes mais uniquement quand certains enzymes, appelés « lipolytiques », se trouvant à l'intérieur des adipocytes s'activent. Ces derniers « démonteront » les composants des triglycérides, c'est-à-dire une molécule de glycérol et trois d'acides gras. Ces molécules sont de petites dimensions ce qui leur permettra de traverser la membrane des adipocytes et de pénétrer dans le sang où elles seront prélevées puis utilisées.

Il ne faut pas oublier que les enzymes lipolytiques ne s'activent que dans certaines situations nécessitant leur intervention, par exemple en cas d'exercice prolongé (comme une course continue), ou bien pour maintenir certaines fonctions de l'organisme, en particulier celles du métabolisme de base ; malheureusement, par minute, elles n'en utilisent qu'une quantité minime.

Au contraire, il existe des situations où interviennent les enzymes favorisant la formation de nouveaux triglycérides à l'intérieur des adipocytes. La situation la plus typique est celle se produisant après un repas où l'on consomme plusieurs dizaines de grammes de sucre, ou même après un en-cas composé, par exemple, d'une part de gâteau ou d'une boisson du style cola ou orangeade. Ce qui déclenche une montée de l'insuline ; la membrane des adipocytes devient perméable aux molécules alimentaires et les laisse entrer. Grâce à l'intervention d'autres enzymes, elles seront transformées en triglycérides et l'adipocyte deviendra plus volumineux.

Le même stimulus qui agit sur un adipocyte exerce son influence sur plusieurs milliers d'autres. Parfois, le stimulus peut donner l'ordre de diviser les triglycérides, ou alors celui d'en fabriquer d'autres. On peut dire qu'une personne grossit si ses processus de fabrication de nouveaux triglycérides sont supérieurs en nombre à ceux de division ; on maigrit quand le contraire se produit.

Souvent, quand on parle de prise de poids ou d'amaigrissement, on fait allusion au rapport entre les entrées et les sorties, c'est-à-dire entre les calories assimilées via l'alimentation et celles dépensées aussi bien pour maintenir les fonctions vitales (le métabolisme de base, celui par lequel l'énergie est dépensée pour assurer la respiration, les battements cardiaques, le maintien d'une température corporelle constante, etc...), que pour effectuer les diverses activités physiques ponctuant notre journée : notre travail, nos loisirs, le sport que nous pratiquons, etc...

Effectivement, si l'on consomme plus de calories que l'on en brûle on grossit, dans le cas contraire (c'est-à-dire les calories assimilées sont inférieures à celles dépensées), on maigrit. Toutefois, il est important de préciser que dans le second cas, quand le bilan est négatif, il arrive presque toujours que –parallèlement à une véritable perte de graisse- on perd également une certaine quantité de protéines, surtout celles des muscles.

La quantité des aliments ingérés (et pas seulement la quantité de leur apport calorique) joue un rôle déterminant pour décider s'il y aura uniquement un apport de nutriments servant à assurer la pleine efficacité ou si, au contraire, la graisse des adipocytes augmentera. Plus simplement, les aliments ingérés doivent être associés de manière à nous donner tout ce qui nous sert pour être en bonne santé ; mais, en même temps, ils ne doivent pas engendrer dans notre organisme des situations (en particulier, l'augmentation de l'insuline) ayant pour conséquence inévitable l'augmentation des triglycérides dans les adipocytes et, par ailleurs, une sensation de faim.

II°-3-7- Les graisses en tant que source d'énergie

L'utilisation des graisses est nulle lors des épreuves de vitesse ou de demi-fond sur piste ; elle peut avoir lieu (en quantité limitée) lors d'un semi marathon et peut atteindre, au mieux, quelques dizaines de grammes [8].

Bien qu'il existe des différences concernant certains facteurs (contenu initial de glycogène musculaire, absorption d'hydrates de carbone durant la compétition, temps final, dépense par kilomètre parcouru, etc...), on peut dire que les athlètes de haut

niveau pesant entre 60 et 70 kg brûlent environ 100 grammes de graisse pour un marathon alors que c'est près du double pour les 50 km marche [8]. Sachant qu'un gramme de graisse équivaut à 9 kilocalories, on peut affirmer que l'énergie provenant des lipides est d'environ respectivement 900 et 800 kilocalories pour ces deux épreuves.

Etant donné que les meilleurs athlètes dépensent approximativement entre 2500 et 2800 kilocalories pour courir un marathon, cela revient à dire que le tiers de l'énergie brûlée par les muscles provient des graisses lors de ce type d'épreuve [8]. En fait, les muscles brûlent des acides gras libres mais leur utilisation par les muscles de l'athlète n'est jamais chose aisée. Les sources d'énergie provenant des acides gras brûlés par les fibres musculaires sont au nombre de deux :

- * **les triglycérides** se trouvant déjà avant la compétition dans les fibres musculaires de l'athlète sous forme de gouttelettes ; les entraînements prolongés augmentent le nombre de triglycérides dans les muscles ; les triglycérides sont formés de quatre molécules élémentaires, une de glycérol et trois d'acide gras ;

- * **les triglycérides des adipocytes**, cellules disséminées dans tout le corps (mais essentiellement dans les tissus sous-cutanés et dans les organes abdominaux) et qui sont les principales réserves de graisse de l'organisme.

L'échauffement provoque des variations de certaines hormones dans le sang et favorise ainsi « la lipolyse », c'est-à-dire la rupture des triglycérides en quatre molécules élémentaires (une de glycérol et trois d'acide gras) et, par conséquent, leur passage dans le sang où elles se lient à l'albumine et peuvent ainsi atteindre les fibres musculaires. On peut parler de puissance du mécanisme énergétique aérobie-lipidique (Arcelli et Torres, 1994) pour se référer justement à cette utilisation des graisses par unité de temps. Chez les athlètes de très haut niveau, elle est d'environ 0,8 gramme par minute pendant le marathon [8].

Ainsi donc, tout ceci confirme que ceux qui pensent que la graisse corporelle est comme du beurre qu'on peut fondre en courant sous le chaud soleil se trompent, et dangereusement même, quand on sait les effets d'un « coup de chaleur » ou d'une déshydratation. C'est de l'énergie mise à la disposition de l'organisme dans des

endroits particuliers en vue d'exercices sollicitant son utilisation, comme le semi marathon.

Seulement, la sédentarisation tend à accumuler les couches les unes sur les autres, conduisant à un surpoids.

Contrairement aux pertes hydriques et glycolytiques qui sont remplaçables dans l'organisme dans les heures suivant l'épreuve, la perte de poids résultant de la brûlure de graisse constitue un amaigrissement réel.

II°-3-7 SUIVI ET GESTION DU POIDS PAR LE COUREUR AU SEMI MARATHON

Nous avons appris par des études antérieures [11] qu'une diminution de 1% du poids corporel réduit la performance au sport. Etant donné que la composante majeure de la perte de poids au cours d'un semi marathon reste, loin au-delà des graisses, les pertes hydriques, l'homéostasie au cours des courses de fond dépend en grande partie de l'équilibre hydrique.

Les fluides sont une composante majeure du corps. Ils représentent environ 60% du poids corporel chez les hommes et environ 50% chez les femmes. Le corps d'un homme de constitution moyenne, pesant par exemple 70 kg, renferme environ 40 litres d'eau. Tous les processus cellulaires ont lieu dans l'environnement liquide interne et le maintien des niveaux optimaux d'eau dans le corps détermine son efficacité.

L'eau traverse facilement presque toutes les membranes du corps ; et dans des conditions normales, la quantité d'eau contenue dans le corps reste remarquablement constante, grâce aux mécanismes de régulation qui se combinent pour harmoniser l'absorption et la perte d'eau [8].

Tableau n° IX : Les moyens d'entrée et de sortie d'eau de l'organisme [8].

EQUILIBRE HYDRIQUE

Absorption d'eau	Perte d'eau
* Eau absorbée directement * Eau contenue dans d'autres boissons ou dans aliments qui sont absorbés	* Eau évaporée à travers les voies respiratoires et les poumons * Eau passant par la peau sous forme de sueur * Eau passant par le gros intestin * Eau passant par le rein

Le tableau IX nous montre les entrées et les sorties d'eau de l'organisme. L'équilibre hydrique ne peut être cependant réalisé que si l'absorption d'eau est égale à la perte d'eau. Dans des conditions « normales » le corps a besoin d'environ 3 litres d'eau par jour. D'importantes pertes d'eau supplémentaires peuvent se produire sous les climats chauds et /ou humides, lors de compétitions de longue durée comme le semi marathon ou de séances d'entraînement prolongées. Les déséquilibres légers, à court terme, des niveaux d'eau peuvent être facilement supportés par le corps, mais les grands déséquilibres, à long terme, ont un effet négatif plus grave sur la performance, voire la santé. Le déséquilibre majeur, où les niveaux d'eau sont considérablement réduits dans le corps est appelé **déshydratation** (dont nous avons vu quelques uns de ses effets, plus haut) [8].

Si l'environnement est chaud ou humide, et qu'une quantité d'eau supplémentaire est perdue à travers la transpiration, le corps peut facilement se déshydrater. En cas de déshydratation, la concentration des sels dans le sang devient trop forte et la performance peut décroître rapidement. Les changements intervenus dans le sang sont détectés par des cellules spéciales de l'hypothalamus qui sécrètent, avec l'hypophyse, l'hormone anti-diurique, ADH.

Cette hormone fait passer le flux sanguin dans les reins et leur ordonne de réabsorber une plus grande quantité d'eau dans le flux sanguin, au lieu de la laisser passer dans l'urine.

En conséquence, l'urine peut devenir concentrée, avec une forte odeur et une couleur sombre. L'hypophyse crée également la sensation de soif, c'est pourquoi l'on dit : « au moment où vous sentez la soif, le corps connaît déjà les premiers signes de la déshydratation ». La réaction à la sensation de soif consiste à boire de l'eau. D'autant que l'ingestion d'eau au cours du semi marathon limite l'élévation de la température centrale (figure III). L'action des reins et le fait de boire réduisent tous deux la concentration des sels dans le sang.

Naturellement, en notre qualité d'entraîneur, nous voudrions prémunir nos athlètes contre la déshydratation. Les petites quantités d'eau bues avant, durant et après l'épreuve (entraînement et compétition), joueront un rôle proactif dans le maintien de l'équilibre hydrique. Le fait que l'urine de l'athlète ait l'aspect d'un liquide presque clair au moins une fois par jour est une indication du maintien de l'équilibre hydrique normale. Les sels et les électrolytes perdus au cours de la transpiration peuvent être rapidement remplacés en buvant l'une des nombreuses boissons disponibles sur le marché à cet effet [12].

Par ailleurs, lors des compétitions de course sur route, les clubs bien organisés ont leurs zones de ravitaillement personnelles sur le circuit où leurs coureurs peuvent goûter des fruits et solutions hydriques riches.

Selon un diététicien [12], dès, l'échauffement, buvez 200 à 300ml de boisson énergétique à base de polymères de glucose (maltodextrines) et continuez à boire toutes les 15 minutes. Pendant l'entraînement ou la compétition, consommez une boisson isotonique. Les boissons énergétiques sont préférables à l'eau, les glucides et les électrolytes qu'elles contiennent favorisent l'entrée du liquide dans les cellules, vous optimisez votre hydratation. Dès la fin de l'épreuve, buvez un bidon de boisson énergétique (500ml). Préférez une boisson au PH neutre, à base de polymères de glucose, ceci afin d'éviter les problèmes digestifs ; trente minutes à une heure après l'épreuve, prenez une dose de protéines de lactosérum (riche en BCAA) [12].

CHAPITRE III :

MATERIELS ET METHODE

III°-1- LES SUJETS

Cette étude a été faite sur 20 sujets, de nationalités sénégalaise et française, vivant au Sénégal, dont l'âge est compris entre 23 et 51 ans. Ils se répartissent de la manière suivante :

- un (1) athlète de l'association sportive des forces armées (ASFA)
- un (1) athlète du groupement national des sapeurs pompiers
- un (1) ancien militaire
- dix sept (17) athlètes du club « les Caïmans de Dakar ».

Sur la population étudiée, personne n'était nouveau par rapport à l'épreuve, ils étaient tous des habitués du semi marathon de Dakar. Ils prennent tous part aux différents cross organisés par la Ligue Régionale d'Athlétisme de Dakar. Certains voyagent en vue de semi marathons et marathons internationaux en dehors du Sénégal.

Ils n'étaient pas tous sénégalais mais les quelques étrangers (parmi nos sujets), ont vécu plus de quatre ans au Sénégal. Ce qui nous a permis de considérer qu'ils étaient parfaitement adaptés au climat chaud. Les 20 sujets avaient subi une visite médicale (dans leur club), un préalable à leur participation à la compétition.

III°-2- LES CONDITIONS CLIMATIQUES

L'épreuve s'est déroulée l'après-midi du 17 mars 2007, de 16 h 30 min jusqu'aux environs de 18 h 30 min ; période de la journée où les conditions climatiques ne sont pas certes les plus clémentes. La température ambiante était de 30°C, l'humidité de l'air de 40% et l'ensoleillement était fort.

Tous ces facteurs avaient fait que le semi marathon s'est déroulé dans des conditions climatiques certes contraignantes mais permettant une thermorégulation correcte pour tous les sujets.

III°-3- NIVEAU D'ENTRAÎNEMENT DES SUJETS

L'ensemble des sujets sur lesquels notre étude a été faite, étaient des sportifs confirmés (malgré l'âge avancé de certains) pratiquant régulièrement depuis longtemps une activité physique d'endurance dans leur club respectif et s'adonnant à la course « sur route ». Outre leur niveau de pratique sportive, ils se sont préparés à ce semi marathon de manière spécifique sur une durée moyenne de quatre mois. Les courses de cross organisées dans la région de Dakar avaient constitué des occasions de tester leur niveau d'entraînement.

III°-4- MATÉRIELS UTILISÉS

Nous nous étions servi :

- de vingt thermomètres à mercure gradués au dixième de degré pour la mesure des températures corporelles
- d'un chronomètre (à cent temps) pour la détermination de la durée de course de chaque sujet
- d'un « pèse-personne », un appareil qui détermine le poids, la taille et la masse grasseuse (pourcentage de graisse corporelle).

III°-5- PROTOCOLE

L'expérimentation avait consisté en trois séries de mesures. La première mesure avait été prise deux semaines avant le semi marathon et consistait à un test de Luc Léger pour déterminer le VO₂ max des sujets.

La deuxième mesure avait été faite devant le palais présidentiel (lieu de départ du semi marathon) juste avant le départ et consistait à prendre à la fois le poids (en kilogramme), le pourcentage de graisse et la température corporelle des sujets (en degré celcius).

La troisième mesure s'est déroulée au stade Iba Mar Diop (lieu d'arrivée du semi marathon) juste à l'arrivée des coureurs et consistait à reprendre le poids, la température et le temps mis par chacun des sujets.

NB : le pourcentage de graisse corporelle n'avait pas été pris à l'arrivée pour raison de défaillance de notre appareil (le pèse-personne).

Les différents lieux de mesure étaient toujours ouverts à l'extérieur, ce qui fait que la température qui y régnait était celle de l'ambiance extérieure (le long du circuit). Nous nous étions assurés du retour du mercure à son niveau zéro (moins de 34°C) dans les thermomètres avant toute nouvelle prise. Et nous avons vingt thermomètres identifiés, (donc chacun avait le sien). Précisons que nos sujets avaient les mêmes tenues lors des pesées au départ et à l'arrivée comme durant la course. Les mesures avaient été faites au lieu du départ par deux personnes assistées d'un professeur de l'INSEPS, et à l'arrivée, par les mêmes, plus un étudiant en DEA de physiologie.

III°-6- CALCULS STATISTIQUES

La distribution de notre population, pour les différents paramètres étudiés suit une loi normale ; ce qui nous autorisait à utiliser la moyenne et l'écart type comme méthode d'exploitation statistique de nos résultats. La comparaison de nos moyennes a été faite par le test de STUDENT qui donne pour onze degrés de liberté (11dl), la valeur critique

$t_{0,01} = 3,106$.

si $t < 3,106$, la différence n'est pas significative

si $t > 3,106$, la différence est significative.

CHAPITRE IV: PRESENTATION DES RESULTATS

TABLEAU N° III : Toutes les valeurs prises avant l'épreuve du semi marathon

SUJETS	AGE	TAILLE (en m)	VO2max (ml.kg-1. min-1)	GRAISSE CORPORELLE (%)	TEMPERA- TURE EN °C	POIDS (en kg)
ASFA	38	1.80	62.8	11	37.1	61
SAPEUR	34	1.65	53.8	06	37.2	50
CAÏMAN	34	1.70	56.6	10	37	56.5
CAÏMAN	32	1.72	53.8	07	37.2	54.5
CAÏMAN	23	1.66	50.8	05	37.3	45
CAÏMAN	32	1.86	50.8	06	37.1	62
CAÏMAN	26	1.70	47.9	12	37.6	57
CAÏMAN	28	1.84	47.6	16	36.9	82
MILITAIRE	29	1.60	47.9	14	38	65
CAÏMAN	27	1.80	47.9	10	37	64
CAÏMAN	39	1.83	47.9	10	37.2	67
CAÏMAN	43	1.84	50.6	08	37.5	63.5
CAÏMAN	39	1.74	53.6	19	38.2	72
CAÏMAN	43	1.72	50.6	19	38	67
CAÏMAN	34	1.69	47.6	24	38.1	62.5
CAÏMAN	36	1.77	47.6	24	37.4	77
CAÏMAN	48	1.85	47.9	14	38.3	70.5
CAÏMAN	51	1.75		13	36.9	61.5
CAÏMAN	51	1.77		25	37.6	81
CAÏMAN	38	1.72	41.8	28	37.2	90

NB : Deux athlètes (18^e et 19^e) n'ont pas subi le test de Luc Léger (VO2 max), ils ont été recrutés le jour du semi-marathon ; au départ de l'épreuve.

TABLEAU N° IV : Relation entre la VO2 max et les performances réalisées

SUJETS	AGE (en année)	VO2 Max (en ml.kg-1.min)	RANG (particulier)	TEMPS (en heures, min, sec)
ASFA	38	62.8	1 ^{er}	1'10''37
SAPEUR	34	53.8	2 ^e	1'11''33
CAÏMAN	34	56.6	3 ^e	1'14''38
CAÏMAN	32	53.8	4 ^e	1'19''54
CAÏMAN	23	50.8	5 ^e	1'24''25
CAÏMAN	32	50.8	6 ^e	1'26''07
CAÏMAN	26	47.9	7 ^e	1'26''49
CAÏMAN	28	47.6	8 ^e	1'32''26
MILITAIRE	29	47.9	9 ^e	1'36''12
CAÏMAN	27	47.9	10 ^e	1'37''53
CAÏMAN	39	47.9	11 ^e	1'41''47
CAÏMAN	43	50.6	12 ^e	1'42''28
CAÏMAN	39	53.6	13 ^e	1'45''25
CAÏMAN	43	50.6	14 ^e	1'47''41
CAÏMAN	34	47.6	15 ^e	1'47''42
CAÏMAN	36	47.6	16 ^e	1'51''09
CAÏMAN	48	47.9	17 ^e	1'56''32
CAÏMAN	51		18 ^e	1'56''40
CAÏMAN	51		19 ^e	1'56''50
CAÏMAN	38	41.8	20 ^e	1'56''57

TABLEAU N° V : Comparaison des pourcentages de graisse et des indices de masse corporelle (IMC)

SUJETS	TAILLE (en mètre)	POURCENTAGE DE GRAISSE CORPORELLE	INDICE DE MASSE CORPORELLE
ASFA	1.80	11	18
SAPEUR	1.65	06	18
CAÏMAN	1.70	10	19
CAÏMAN	1.72	07	18
CAÏMAN	1.66	05	19
CAÏMAN	1.86	06	17
CAÏMAN	1.70	12	19
CAÏMAN	1.84	16	24
MILITAIRE	1.60	14	25
CAÏMAN	1.80	10	19
CAÏMAN	1.83	10	20
CAÏMAN	1.84	08	18
CAÏMAN	1.74	19	23
CAÏMAN	1.72	19	22
CAÏMAN	1.69	24	21
CAÏMAN	1.77	24	24
CAÏMAN	1.85	14	20
CAÏMAN	1.75	13	19
CAÏMAN	1.77	25	25
CAÏMAN	1.72	28	30

TABLEAU N° VI : Comparaison des températures corporelles au départ et à l'arrivée ainsi que les variations en fonction des conditions ambiantes

SUJETS	AGE	TEMPERATURE CORPORELLE AU DEPART	TEMPERATURE CORPORELLE A L'ARRIVEE	VARIATIONS
ASFA	38	37.1	39.7	2.6
SAPEUR	34	37.2	39.9	2.7
CAÏMAN	34	37.00	39.5	2.5
CAÏMAN	32	37.2	39.5	2.3
CAÏMAN	23	37.3	39.8	2.5
CAÏMAN	32	37.1	39.3	2.2
CAÏMAN	26	37.6	39.6	2
CAÏMAN	28	36.9	38.9	2
MILITAIRE	29	38	39.9	1.9
CAÏMAN	27	37	39	2
CAÏMAN	39	37.2	39.2	2
CAÏMAN	43	37.5	39.3	1.8
CAÏMAN	39	38.2	39.7	1.5
CAÏMAN	43	38	39.5	1.5
CAÏMAN	34	38.1	39.4	1.4
CAÏMAN	36	37.4	39.4	2
CAÏMAN	48	38.3	39.6	1.3
CAÏMAN	51	36.9	38.9	2
CAÏMAN	51	37.6	38	1.2
CAÏMAN	38	37.2	38	0.8
MOYENNES	36	37.4	39.3	2

TEMPERATURE AMBIANTE : 30°C

HYGROMETRIE : 40%.

ENSOLEILLEMENT : fort

TABLEAU N° VII : Comparaison des poids au départ et à l'arrivée ainsi que les variations enregistrées à l'arrivée

SUJETS	AGE	POIDS AU DEPART (en kg)	POIDS A L'ARRIVEE (en kg)	VARIATIONS
ASFA	38	61	59	2
SAPEUR	34	50	47	2
CAÏMAN	34	56.5	53	2.5
CAÏMAN	32	54.5	53	1.5
CIVIL	23	45	43	2
CAÏMAN	32	62	61	1
CIVIL	26	57	55	2
CAÏMAN	28	82	79.5	2.5
MILITAIRE	29	65	62	2
CAÏMAN	27	64	62	2
CAÏMAN	39	67	65	2
CAÏMAN	43	63.5	62	1.5
CAÏMAN	39	72	70	2
CAÏMAN	43	67	65	2
CAÏMAN	34	62.5	61	1.5
CAÏMAN	36	77	75	2
CAÏMAN	48	70.5	68	2.5
CAÏMAN	51	61.5	60	1.5
CAÏMAN	51	81	79	3
CAÏMAN	38	90	88	3
MOYENNE	35	65.5	63.5	2

TABLEAU N° VIII : Moyenne (m) et écart type (sd) de la température corporelle et du poids juste avant effort, juste après l'exercice et des variations induites par le semi marathon à 30°C de température ambiante et 40% d'humidité relative de l'air.

En bas est mentionné le degré de signification des différences de moyenne ; si t est supérieur à la différence de moyenne, cette dernière n'est pas significative.

	Au départ		A l'arrivée		Variation	
	m	sd	m	sd	m	sd
Température corporelle (°C)	37,44	0,44	39,30	0,81	2	0,48
Poids en kilogramme	65,45	9,09	63,40	10,84	2,025	0,48
Degré de signification	Poids : t > 2,025 Température : t > 2					

CHAPITRE V : COMMENTAIRE DES RESULTATS

V°-1- COMPARAISON DES POURCENTAGES DE GRAISSE ET DES INDICES DE MASSE CORPORELLE : tableau V

V°-1-1-Pourcentage de graisse au départ

Etant donné que nous avons parmi nos sujets des athlètes de l'élite nationale d'une part et des pratiquants moins aguerris d'autre part, nous avons constaté un écart entre les différentes valeurs prises. En effet, les pourcentages vont de 05 à 25, avec une moyenne de 14,05%. Ce qui correspond à une note de pratiquant moyen par rapport à nos références dans cette discipline où les pourcentages tournent autour de 05%. Cependant, pour des raisons indépendantes de notre volonté, nous n'avons pas pu prendre les pourcentages de graisse à l'arrivée à cause d'une panne de l'appareil.

V°-1-2- Les indices de masse corporelle : (IMC)

N'ayant pas eu les pourcentages de graisse à l'arrivée du semi marathon, nous avons mis à leur place les IMC, indiquant le degré de minceur ou de surpoids ou de poids normal dont la formule est : poids sur taille (en mètre) au carré

$$\frac{\text{poids}}{\text{taille (en m)}^2}$$

La valeur de référence est de 21, avec un intervalle normal compris entre 20 et 25. La moyenne de nos sujets étant 20.9, elle est similaire à l'indice de référence. Seule une personne sort de l'intervalle et présente 30 comme IMC (avec 28% de graisse corporelle).

V°-2- RELATION ENTRE LA VO₂max ET LA PERFORMANCE : Tableau IV

Nous avons utilisé le test de Luc Léger (course navette sur 20 m avec des paliers de une minute) une dizaine de jours avant le semi marathon pour déterminer les capacités aérobies de nos sujets. Ce test nous a permis d'avoir le degré d'entraînement de nos sujets (ultérieurement justificatif de la capacité de thermolyse et de la perte de poids).

Ainsi, d'une manière générale, ceux qui ont une VO₂ max supérieure sont arrivés les premiers mis à part quelques exceptions.

V°-3- COMPARAISON DES TEMPERATURES : tableau IV

V°-3-1- Valeurs au départ

Les températures du départ ne sont pas homogènes. Elles varient d'un individu à un autre. Ce fut le cas de nos sujets dont les leurs étaient comprises entre 36°9 et 38°3 C avec une moyenne de 37°4 C. Nous avons procédé par des prises au niveau des aisselles, et nous avons ajouté ½ degré (comme il est recommandé) à toutes les températures que se soient celles du départ comme celles de l'arrivée.

V°-3-2- Valeurs à l'arrivée

En valeurs absolues, tous nos sujets ont enregistré une élévation de la température à l'arrivée du semi marathon. Des hausses plus ou moins importantes chez les uns et chez les autres, dépendamment de plusieurs facteurs.

Cependant, ces évolutions de la température corporelle sont plus significatives chez ceux qui ont couru à un rythme plus soutenu et qui sont arrivés sous un ensoleillement.

V°-4- COMPARAISON DES POIDS : tableau V

V°-4-1- Valeurs au départ

Les poids étaient compris entre 45 kg et 90 kg avec une moyenne de 65,5. Huit (8) de nos sujets ont des poids au dessus de la moyenne mais selon leurs IMC, ils ne présentent pas de surpoids sauf un seul (le 20^e).

Toutefois, certains poids reflètent un niveau de pratique moyen par rapport aux références dans cette discipline où le poids moyen des élites tourne autour de 60 kg.

V°-4-2- Valeurs à l'arrivée

Les poids pris à l'arrivée étaient compris entre 43 kg et 88 kg avec une moyenne de 63,5 kg. Nous notons une diminution pour tous les sujets alors qu'ils affirment tous s'être ravitaillés au cours de la course.

V°-4-3- Les variations

Les pertes de poids enregistrées à l'arrivée sont comprises entre 1 kg et 3 kg avec une moyenne de 2 kg. Les variations ne sont pas homogènes ; elles varient d'un individu à un autre et ne sont aucunement en fonction d'un certain ordre d'arrivée.

Notons cependant que celui qui a la plus petite VO₂ max a enregistré une plus grande perte de poids corporel et est le dernier à boucler les 21 km de la course.

CHAPITRE VI: DISCUSSION

VI°-1- ESTIMATION DE LA CAPACITE DE THERMOLYSE DES SUJETS

VI°-1-1- À partir du degré d'entraînement

Nous avons vu en haut dans « thermorégulation au cours du marathon » que la capacité de refroidissement d'un marathonien varie d'un sujet à un autre. La condition physique étant à 80% innée, certains bénéficient de quelques faveurs comme un plus grand nombre de glandes sudoripares, un système cardio-respiratoire plus efficace..., dues à des facteurs génétiques, à un milieu physique ou autre.

Cependant, au-delà de ces privilèges de la nature dont certains bénéficient plus que d'autres, il y a un élément clef dans la variation de la capacité de thermolyse, qui est le degré d'entraînement de chaque athlète.

Nous avons estimé le degré d'entraînement de nos sujets à partir de leur VO₂ max respective. Rappelons que cette dernière est un très bon indicateur du niveau d'entraînement en endurance car c'est la vitesse maximum d'utilisation de l'oxygène par les tissus du corps et est définie comme : « la plus grande consommation qu'un sujet peut atteindre au cours d'un exercice pratiqué en respirant l'air au niveau de la mer » (Dick, F.W., 1989). Par ailleurs, la plupart de ceux qui ont les meilleures VO₂ max ont réalisé les meilleures performances (tableau IV), ce qui prouve qu'en ayant une plus grande capacité aérobie, ils ont un meilleur système cardiocirculatoire et ont donc bénéficié d'une bonne thermolyse au cours de l'épreuve.

En outre, Monod H. et Flandroit R. s'accordent que « l'entraînement augmente l'efficacité de la thermorégulation en améliorant la capacité de thermolyse » [1].

VI°-1-2-A partir de la nature de l'épreuve

Nous savons que les modifications induites par le marathon ont été étudiées par différents auteurs qui ont relevé une diminution du PH, une augmentation du 2,3DPG (di phosphate glycéride : l'équivalent de l'acide lactique dans le globule rouge) et surtout une augmentation de la température centrale. Cette dernière monte quelques

minutes après le départ, puis se plafonne en fonction de l'intensité de l'exercice et de l'entrée en jeu des mécanismes de thermorégulation.

Le semi marathon entraîne cependant une sollicitation importante et prolongée des grandeurs cardio-circulatoire et respiratoire, par ailleurs système de base de la thermorégulation.

Etant donné que c'est le sang circulant qui transporte la chaleur des zones de production jusqu'aux sites de dissipation, la capacité de refroidissement de l'organisme, vu la nature de l'épreuve (course modérée et continue), réside dans la maîtrise des thermorégulateurs sur la charge d'effort. Ainsi, elle sera ici fonction du rythme de course et de la capacité de l'organisme à dissiper la chaleur.

Toutefois, au-delà du niveau d'entraînement et de la nature de l'épreuve, les conditions climatiques font leur loi.

VI°-1-3-A partir des conditions climatiques

VI°-1-3-1- La température ambiante

Le semi marathon est une épreuve de longue durée avec des contraintes endogènes ; et la capacité de thermolyse des coureurs est fortement liée aux conditions climatiques dont la température de l'air ambiant.

Lorsque cette épreuve est pratiquée en climat chaud (30° C, plus un ensoleillement fort sur Dakar), les coureurs se heurtent à des contraintes exogènes qui peuvent faire lever la température cutanée. L'élévation de cette dernière n'est pas soumise ni à l'intensité, ni à la durée de l'épreuve mais uniquement au milieu ambiant [11]. Ainsi, Martineaud J. P. et Cissé F. ont montré que l'exposition au soleil fait monter la température cutanée ; ce qui est un obstacle au refroidissement de l'organisme.

Cependant, la capacité de refroidissement de l'organisme à partir du milieu ambiant peut être liée à plusieurs facteurs :

- d'abord, les zones d'épargement que l'organisation technique a respectées en les mettant aux postes indiqués (km 7,5 – km 12,5 – km 17,5),
- ensuite, les zones de ravitaillement qui sont des points de rafraîchissement

- et la diminution de l'ensoleillement (au fur et à mesure que le soir arrive), le déplacement de l'air qui refroidit les coureurs par convection.

Et ce sont ces raisons qui expliquent que certains de nos sujets, surtout ceux qui sont arrivés tardivement le soir, n'ont pas enregistré une hausse de température conséquente à l'arrivée, par rapport à ceux qui sont arrivés sous un ensoleillement plus fort.

VI°-1-3-2-L'hygrométrie

Quand on parle de conditions climatiques par rapport à la thermorégulation lors de toute épreuve de longue durée, on pense automatiquement à l'humidité relative de l'air. En effet, l'évaporation de la chaleur est le meilleur procédé de dissipation de grandes quantités de chaleur comme celles induites par le semi marathon ; et le seul frein à cette dissipation est le degré élevé d'humidité de l'air [1].

C'est pourquoi il est préférable de courir un semi marathon en climat chaud et sec plutôt qu'en climat chaud et humide. En effet, moins il y a d'humidité dans l'air, plus le milieu ambiant accepte le gaz résultant de l'évaporation de la sueur au niveau de la peau. Ainsi, les 30° C sur Dakar cet après midi de la course étaient certes élevés mais le climat étant sec (avec 40% d'humidité relative de l'air), la thermolyse n'était pas aussi délicate. Des études antérieures ont montré qu'un athlète peut perdre entre 2 kg et 8 kg de poids corporel lors d'un entraînement ou une compétition, et principalement en pertes hydriques surtout lorsque l'hygrométrie est élevée et que la durée de l'épreuve est longue [2].

Nous pouvons donc dire que l'hygrométrie 40% sur Dakar cet après midi là, a favorisé une bonne évaporation qui a limité les pertes hydriques énormes des coureurs, d'où des variations de poids d'une moyenne de 2 kg.

VI°-1-4- Analyse des températures prises avant le départ

Avant même toute activité sportive, il y a dans le corps une production de chaleur compatible au fonctionnement de l'organisme. Et ce niveau de fonctionnement correspond à une valeur moyenne de température de 37° C.

Vêtus très légèrement (le revêtement léger est un facteur d'abaissement de la température corporelle), nos sujets ont eu une moyenne de température de 37° 44 C. Ces températures plus ou moins inégales chez les uns et les autres sont relatives aux individus d'une part, mais aussi à la température ambiante et à l'exposition au soleil d'autre part qui peuvent faire lever les températures cutanées.

VI°-1-5- Analyse des températures prises à l'arrivée

Nous savons qu'il y a des modifications hémodynamiques induites par le semi marathon, dont l'élévation de la température. Cette élévation se fait lors des trente (30) premières minutes de la course, puis elle se plafonne sans grand risque entre 37°5 et 39°5 C.

La chaleur qui est à l'origine de cette élévation provient de la contraction musculaire, de la réception au sol qui convertit l'énergie mécanique en chaleur et surtout de la combustion des carburants.

A l'arrivée, les sujets présentent une moyenne de température de 39°3 C. Il faut noter que le départ a été donné à 16 heures et 1/2 ; et certains ayant couru près de deux heures (2h), sont arrivés le soir au moment où les conditions ambiantes devenaient plus clémentes. La baisse de la température ambiante, la diminution de l'ensoleillement, le déplacement de l'air qui refroidit au passage les coureurs par convection, l'ingestion d'eau pendant la course, sont autant de facteurs modérateurs de la hausse des températures. Ainsi l'élévation des températures du soir a été plus liée aux contraintes endogènes relatives à la nature de l'épreuve et au rythme soutenu par chacun.

En effet, au-delà des conditions ambiantes, c'est ce rythme individuel qui dicte la conductance des tissus, c'est-à-dire la quantité de chaleur perdue par mètre carré de surface corporelle, par heure, par degré de différence entre l'intérieur de l'organisme et le milieu environnant [2].

VI°-2- LA PRODUCTION AEROBIE D'ATP A PARTIR DES GLUCIDES

Nous avons déjà vu en sous-chapitre « composition corporelle et endurance » que la perte de poids après un effort de longue durée, est composée de la sueur (eau, chlore, sodium, potassium, calcium, magnésium), du glycogène musculaire, du glycogène hépatique et de la graisse des adipocytes. Après avoir étudié le processus des pertes hydriques (plus haut), nous exposons ici celui d'une autre composante de la perte de poids corporel après un exercice comme le semi marathon : les **glucides**.

Dans le corps, les glucides sont décomposés pour donner le glucose circulant dans le sang et les réserves de glycogène contenu dans les muscles et le foie. Les réserves de glycogène du foie sont facilement accessibles dans la mesure où elles peuvent être transformées en glucose pour être transportées dans le système circulatoire vers des zones de grandes activités cellulaires, telles que les muscles en activité. La production aérobie d'ATP à partir des glucides comporte trois étapes qui sont :

- * la glycolyse
- * le cycle de Krebs
- * la chaîne de transport des électrons

La première phase de la production par oxydation de l'ATP à partir des glucides à l'intérieur de la fibre musculaire est appelée **glycolyse**. Le processus de glycolyse décompose le glycogène du muscle et le glucose transporté dans le muscle par le sang en une substance appelée **pyruvate**, avec l'aide des enzymes glycolytiques. Le pyruvate pénètre les mitochondries et est transformé en une substance intermédiaire appelée **acétyle coenzyme A**, acétyle CoA de son appellation la plus courante. L'acétyle CoA entre dans la seconde phase du métabolisme des glucides, connu sous le nom Cycle de Krebs. La principale fonction du cycle de Krebs consiste à produire l'ATP en décomposant l'acétyle CoA, ce qui produit des métabolites de gaz carbonique et des atomes d'hydrogène H⁺. Le gaz carbonique sort facilement des mitochondries et des cellules pour être transporté dans le sang vers les poumons, où il est expulsé. Les atomes d'hydrogène produits à partir du cycle de Krebs sont oxydés au cours d'un processus associé au cycle de Krebs appelé la **chaîne de transport des électrons**.

Dans la chaîne de transport des électrons l'énergie chimique est transmise à plusieurs niveaux, d'où le nom « chaîne », pour fournir l'énergie nécessaire à la formation de grandes quantités d'ATP à partir de la combinaison anabolique de l'ADP (adénosine di phosphate) et des groupes de phosphate. Le métabolite de ce processus est l'eau, vu que les atomes d'hydrogène se combinent avec l'oxygène. L'eau, tout comme le gaz carbonique, est facilement éliminée des mitochondries et de la cellule. Si l'on considère les trois étapes du métabolisme aérobie des glucides, la production totale d'énergie à partir d'une molécule de glycogène est de 38 unités d'ATP.

Cependant, ce processus représente dans la perte de poids du coureur à l'arrivée du semi marathon, juste quelques hectogrammes pour le glycogène musculaire et plusieurs dizaines de grammes concernant le glycogène hépatique. Seulement, ce type de carburant brûlé constitue une perte de poids corporel (remplaçable dans les heures suivant l'épreuve) et non un amaigrissement réel à l'image du lipide et de la graisse [8].

VI°-3- LA PRODUCTION AEROBIE D'ATP A PARTIR DES LIPIDES

VI°-3-1-L'utilisation du lipide par l'organisme

La dernière composante de la perte de poids après la sueur, les glycogènes hépatique et musculaire est constituée de **lipides** et de **graisses** des adipocytes. Voici le processus d'utilisation de ces derniers.

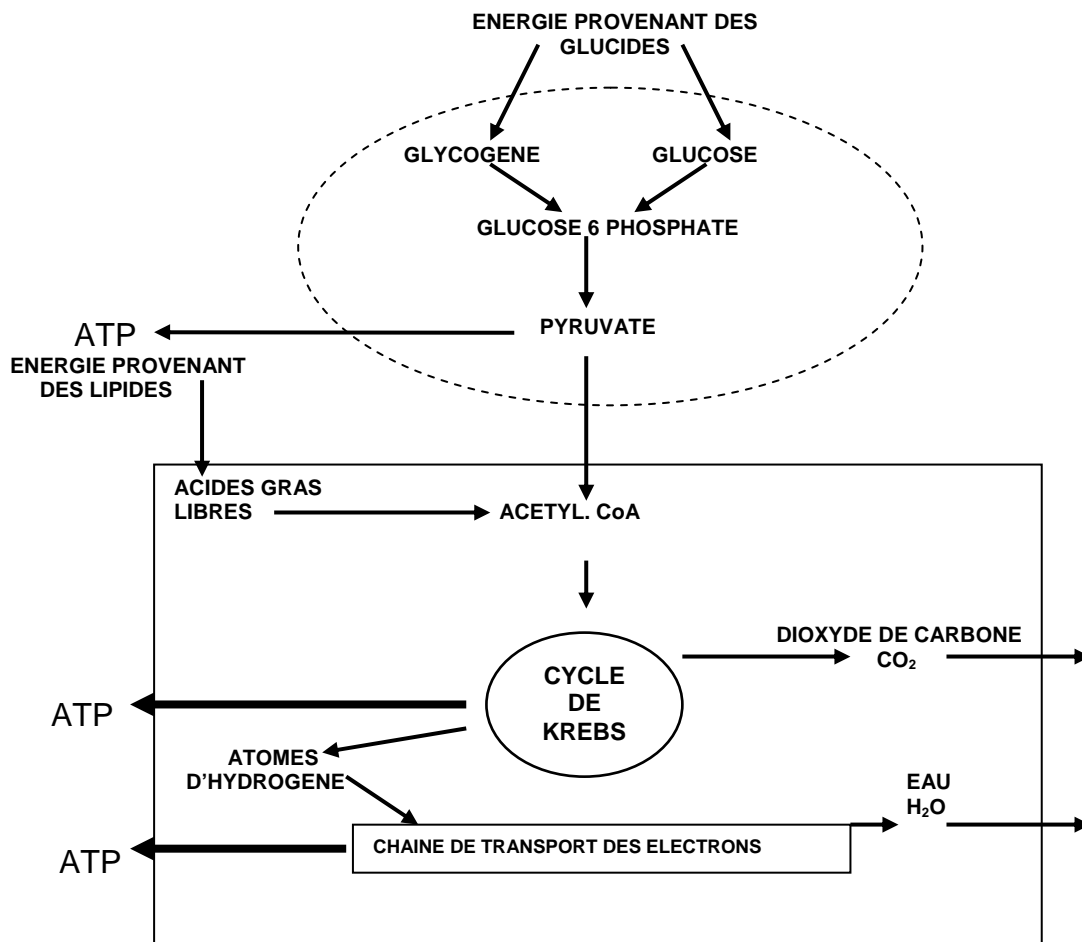
Lorsque le corps a besoin d'énergie, les lipides peuvent être utilisés. L'on peut considérer le lipide comme une réserve d'énergie idéale, une source d'énergie possible, dans la mesure où il constitue un matériau énergétique très dense. Un gramme de lipide contient deux fois plus d'énergie qu'un gramme de glucide. Etant donné que la plupart des lipides du corps sont emmagasinés dans des cellules physiquement éloignées des cellules musculaires, ils doivent être transformés en une substance transportable. Les réserves de lipide sont mobilisées par les hormones qui transforment les lipides en Acides Gras Libres (AGL), qui sont capables de pénétrer le sang pour être transportés là où ils sont nécessaires.

La première phase de l'oxydation des acides gras libres a lieu dans la cellule musculaire lorsque les AGL réagissent avec les enzymes et passent dans les mitochondries pour former l'acétyl CoA. A partir de ce moment, le lipide est oxydé exactement de la même manière que le glucide. Le métabolisme du lipide suit le même parcours que celui du glucide, avec l'acétyl CoA qui entre dans le cycle de Krebs et la chaîne de transport d'électrons associés. Le lipide fournit plus d'énergie et donc une plus grande production d'unités d'ATP par gramme que le glucide, mais le métabolisme par oxydation du lipide nécessite une plus grande quantité d'oxygène que le métabolisme de glucide. Alors que la production totale d'ATP peut être plus grande à partir du métabolisme du lipide, le coût d'énergie par unité d'oxygène donne une image plus claire. Le métabolisme du lipide produit en moyenne 5,6 unités d'ATP par unité d'oxygène, alors que la production à partir du métabolisme du glucide est de 6,3 unités d'ATP par unité d'oxygène [8].

La libération d'oxygène est limitée par le système de transport de l'oxygène, et ceci contribue à faire du glucide le carburant préféré durant les exercices de plus grande intensité et de plus longue durée comme le semi marathon. Alors que la production d'énergie à partir du lipide est importante en quantité absolue, le rythme auquel l'ATP est re-synthétisé est comparativement lent, ce qui a pour conséquence de réduire le rôle du métabolisme du lipide au cours de l'exercice.

La capacité à oxyder les AGL varie considérablement entre les types de fibres musculaires. Les fibres musculaires ayant une grande capacité d'oxydation, c'est-à-dire une forte densité de grosses mitochondries, associées à un bon approvisionnement en sang, telles que les fibres musculaires de type I (celles des spécialistes de l'endurance), sont plus à même d'oxyder les AGL. Le muscle squelettique est bien adapté pour utiliser toute une variété de carburants différents.

La figure VI montre un résumé des processus entrant dans la production d'énergie aérobie.



Légende :

 Processus de glycolyse

 Processus d'oxydation à l'extérieur des mitochondries

FIGURE VI : Schéma simplifié de la production aérobie d'ATP à l'intérieur d'une cellule [8]

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

CONCLUSION

En se lançant sur cette étude, nous nous étions proposés de répondre à la question de savoir s'il y a des modifications du poids corporel à la suite d'une épreuve de semi marathon en climat chaud, mais aussi d'analyser les paramètres physiologiques qui accompagneraient un tel phénomène.

Partis d'une littérature traitant des courses de fond, nous sommes arrivés à nos propres résultats découlant d'une série de mesures (la température corporelle et le poids, au départ et à l'arrivée), prises lors du Semi Marathon International de Dakar le 17 mars 2007.

Dans une ville à la fois côtière et soudano sahélienne, soumise à des conditions climatiques qui peuvent être contraignantes pour les coureurs, nous avons enregistré entre le départ et l'arrivée des modifications hémodynamiques comme l'augmentation des températures corporelles et la diminution des poids. Deux variables qui ont constitué l'objectif de notre étude.

Pour les températures, les variations ont été hétérogènes sans toutefois dépasser d'une manière générale, le cadre normal en cas d'activités physiques en climat chaud.

En effet, tous nos sujets affirment s'être ravitaillés et éponnés le long du parcours (comme le prévoit le règlement).

Cependant, ces augmentations plus ou moins inégales sont justifiées par : la nature de l'épreuve, la condition physique de chacun, et l'ambiance climatique de Dakar au moment de la course. Et ces mêmes facteurs que nous avons pris soin d'étudier, ont également déterminé le niveau de variation des poids enregistrée à l'arrivée des coureurs de l'édition 2007 du Semi Marathon International de Dakar.

SUGGESTIONS

A l'issue de nos recherches qui ont eu comme support une base expérimentale sur le terrain, de riches enseignements ont été tirés. En effet, quelques soient les enjeux (politique, économique sportifs...) qui peuvent tourner autour de l'organisation des courses sur route, il demeure que se sont des organismes humains qui réalisent l'épreuve. Et la majorité y participe non pas pour gagner des primes mais pour des raisons de bien-être corporel et d'épanouissement.

Ainsi, dans un souci de tendre vers la perfection (comme il est de nature chez l'homme), nos suggestions vont dans un premier temps en direction des responsables d'organisation des courses sur route. Ils devraient faire plus d'effort pour les heures de départ au Sénégal. En effet, de nombreux travaux sur la physiologie de l'exercice en climat chaud s'accordent sur les risques graves que courent les participants lors de ce type d'épreuve entre 9h et 16h [2].

Pour le semi marathon, l'organisation répond à toutes les normes prescrites par l'IAAF, mais pour les multiples cross du pays qui constituent le même type d'épreuve au plan physiologique, les départs connaissent des retards. Au-delà de ces retards, l'aspect du ravitaillement et d'épongement apparaît très rarement sur les circuits de ces courses sur route alors que nous savons toute l'importance qu'ils requièrent.

Notre deuxième suggestion constitue un encouragement à l'initiative privée d'organisation de courses sur route. En effet, les ligues et la fédération à elles seules ne peuvent pas organiser autant de cross dont les masses populaires ont besoin. Ainsi, des institutions comme des sociétés de la place, des mairies, des instituts comme l'INSEPS..., doivent s'impliquer davantage dans cette dynamique. Ceci rendrait plus fréquentes ces courses dont les populations ont besoin en toute saison, et ferait en même temps la promotion de leurs organisateurs tant au plan économique, politique, sportif, social...

Notre troisième exhortation va vers les populations qui doivent s'approprier ces genres d'exercice qui peuvent être un facteur de santé publique. A l'heure où de nombreuses maladies liées au surpoids émergent, ces courses sur route constituent un facteur de santé, de bien-être et d'équilibre à la fois physique, psychologique et même social.

BIBLIOGRAPHIE

(PAR ORDRE D'UTILISATION DES SOURCES DANS LE DOCUMENT)

1- Astrand (P.O.) et Rodahl (K.)

Précis de physiologie de l'exercice musculaire, Masson Editor. Paris Cedex 06
1980. Pages : 143-145 ; 392- 424

2- Fox E. et Mathews (D.K.)

Bases physiologiques de l'activité physique, Vigot, Paris page 305

3- Parienté R. et Billouin A.

La fabuleuse histoire de l'athlétisme 2003. Pages : 393 ; 487-505.

4- Gomis J., secrétaire général de la Fédération Sénégalaise d'Athlétisme (FSA)

Archives de la FSA

5- Thomson T.

I.A.A.F. Coaches Education and Certification System

Introduction à la théorie de l'entraînement. Pages : 15 ; 20-21 ; 23.

6- Dr. Edwige S.

Cours de physiologie en licence, INSEPS-Dakar, 2005/06.

7- Ndiaye A. A.; mémoire de maîtrise es- STAPS : « Thermorégulation au cours du marathon... » 1988/89. INSEPS-Dakar

8- I.A.A.F. Coaches Education and Certification System Niveau II et III

théorie avancée de l'entraînement. Pages : 45 ; 73 -76 ; 102 ; 262 ; 273- 277.

9- Sagna J.D.O. ; mémoire de maîtrise es-STAPS sur : « Influence de la température ambiante sur la thermorégulation lors de l'exercice musculaire sous maximal de longue durée » 1995/96 ; INSEPS-Dakar

10- Seck D., Cours de biomécanique en licence, INSEPS / Dakar 2005/06

11- Dr. Cissé F.: Cours de physiologie en licence es-STAPS / INSEPS-Dakar

Le magazine de la course nature et montagne, n° 4, juillet août 2004.