



HAL
open science

Conseils et accompagnement du sportif marathonien à l'officine

Paul Harry

► **To cite this version:**

Paul Harry. Conseils et accompagnement du sportif marathonien à l'officine. Sciences pharmaceutiques. 2021. dumas-03573693

HAL Id: dumas-03573693

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03573693v1>

Submitted on 14 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

THESE

PRESENTEE ET PUBLIQUEMENT SOUTENUE DEVANT LA FACULTE DE
PHARMACIE DE MARSEILLE

LE 14 DECEMBRE 2021

PAR

Mr Paul HARRY

Né le 9 juillet 1996 à Arles

EN VUE D'OBTENIR

LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

TITRE :

CONSEILS ET ACCOMPAGNEMENT DU SPORTIF MARATHONIEN A L'OFFICINE

JURY :

Président : Dr. Carole DI GIORGIO

Membres : Dr. Tiffanie STURLA

Dr. Eric ADAMI

27 Boulevard Jean Moulin – 13385 MARSEILLE Cedex 05
Tel. : 04 91 83 55 00 – Fax : 04 91 80 26 12

ADMINISTRATION :

<i>Doyen :</i>	Mme Françoise DIGNAT-GEORGE
<i>Vice-Doyens :</i>	M. Jean-Paul BORG, M. François DEVRED, M. Pascal RATHELOT
<i>Chargés de Mission :</i>	Mme Pascale BARBIER, M. David BERGE-LEFRANC, Mme Manon CARRE, Mme Caroline DUCROS, Mme Frédérique GRIMALDI, M. Guillaume HACHE
<i>Conseiller du Doyen :</i>	M. Patrice VANELLE
<i>Doyens honoraires :</i>	M. Patrice VANELLE, M. Pierre TIMON-DAVID,
<i>Professeurs émérites :</i>	M. José SAMPOL, M. Athanassios ILIADIS, M. Henri PORTUGAL, M. Philippe CHARPIOT
<i>Professeurs honoraires :</i>	M. Guy BALANSARD, M. Yves BARRA, Mme Claudette BRIAND, M. Jacques CATALIN, Mme Andrée CREMIEUX, M. Aimé CREVAT, M. Gérard DUMENIL, M. Alain DURAND, Mme Danielle GARÇON, M. Maurice JALFRE, M. Joseph JOACHIM, M. Maurice LANZA, M. José MALDONADO, M. Patrick REGLI, M. Jean-Claude SARI
<i>Chef des Services Administratifs :</i>	Mme Florence GAUREL
<i>Chef de Cabinet :</i>	Mme Aurélie BELENGUER
<i>Responsable de la Scolarité :</i>	Mme Nathalie BESNARD

DEPARTEMENT BIO-INGENIERIE PHARMACEUTIQUE

Responsable : Professeur Philippe PICCERELLE

PROFESSEURS

BIOPHYSIQUE	M. Vincent PEYROT M. Hervé KOVACIC
GENIE GENETIQUE ET BIOINGENIERIE	M. Christophe DUBOIS
PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE, BIOPHARMACIE ET COSMETOLOGIE	M. Philippe PICCERELLE

MAITRES DE CONFERENCES

BIOPHYSIQUE

M. Robert GILLI
Mme Odile RIMET-GASPARINI
Mme Pascale BARBIER
M. François DEVRED
Mme Manon CARRE
M. Gilles BREUZARD
Mme Alessandra PAGANO

GENIE GENETIQUE ET BIOTECHNOLOGIE

M. Eric SEREE-PACHA
Mme Véronique REY-BOURGAREL

PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE,
BIOPHARMACIE ET COSMETOLOGIE

M. Pascal PRINDERRE
M. Emmanuel CAUTURE
Mme Véronique ANDRIEU
Mme Marie-Pierre SAVELLI

BIO-INGENIERIE PHARMACEUTIQUE ET BIOTHERAPIES
PHARMACO ECONOMIE, E-SANTE

M. Jérémy MAGALON
Mme Carole SIANI

ENSEIGNANTS CONTRACTUELS

ANGLAIS

Mme Angélique GOODWIN

DEPARTEMENT BIOLOGIE PHARMACEUTIQUE
Responsable : Professeur Françoise DIGNAT-GEORGE

PROFESSEURS

BIOLOGIE CELLULAIRE

M. Jean-Paul BORG

HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE

Mme Françoise DIGNAT-GEORGE
Mme Laurence CAMOIN-JAU
Mme Florence SABATIER-MALATERRE
Mme Nathalie BARDIN

MICROBIOLOGIE

M. Jean-Marc ROLAIN
M. Philippe COLSON

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET
ZOOLOGIE

Mme Nadine AZAS-KREDER

MAITRES DE CONFERENCES

BIOCHIMIE FONDAMENTALE, MOLECULAIRE ET CLINIQUE	M. Thierry AUGIER M. Edouard LAMY Mme Alexandrine BERTAUD Mme Claire CERINI Mme Edwige TELLIER M. Stéphane POITEVIN
HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Aurélie LEROYER M. Romaric LACROIX Mme Sylvie COINTE
MICROBIOLOGIE	Mme Michèle LAGET Mme Anne DAVIN-REGLI Mme Véronique ROUX M. Fadi BITTAR Mme Isabelle PAGNIER Mme Sophie EDOUARD M. Seydina Mouhamadou DIENE
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET ZOOLOGIE	Mme Carole DI GIORGIO M. Aurélien DUMETRE Mme Magali CASANOVA Mme Anita COHEN
BIOLOGIE CELLULAIRE	Mme Anne-Catherine LOUHMEAU

ATER

BIOCHIMIE FONDAMENTALE, MOLECULAIRE ET CLINIQUE	Mme Anne-Claire DUCHEZ
BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	Mme Alexandra WALTON

A.H.U.

HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Mélanie VELIER
----------------------------	--------------------

DEPARTEMENT CHIMIE PHARMACEUTIQUE

Responsable : Professeur Patrice VANELLE

PROFESSEURS

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Catherine BADENS
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. David BERGE-LEFRANC
CHIMIE MINERALE ET STRUCTURALE – CHIMIE THERAPEUTIQUE	M. Pascal RATHELOT M. Maxime CROZET
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE	M. Patrice VANELLE M. Thierry TERME
PHARMACOGNOSIE, ETHNOPHARMACOGNOSIE	Mme Evelyne OLLIVIER

MAITRES DE CONFERENCES

BOTANIQUE ET CRYPTOLOGAMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE	Mme Anne FAVEL Mme Joëlle MOULIN-TRAFFORT
CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Catherine DEFOORT M. Alain NICOLAY Mme Estelle WOLFF Mme Elise LOMBARD Mme Camille DESGROUAS M. Charles DESMARCHELIER
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Pierre REBOUILLON
CHIMIE THERAPEUTIQUE	Mme Sandrine ALIBERT Mme Caroline DUCROS M. Marc MONTANA Mme Manon ROCHE Mme Fanny MATHIAS
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE HYDROLOGIE	M. Armand GELLIS M. Christophe CURTI Mme Julie BROGGI M. Nicolas PRIMAS M. Cédric SPITZ M. Sébastien REDON
PHARMACOGNOSIE, ETHNOPHARMACOLOGIE	M. Riad ELIAS Mme Valérie MAHIOU-LEDDDET Mme Sok Siya BUN Mme Béatrice BAGHDIKIAN

MAITRES DE CONFERENCE ASSOCIES A TEMPS PARTIEL (M.A.S.T.)

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Anne-Marie PENET-LOREC
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Cyril PUJOL
DROIT ET ECONOMIE DE LA PHARMACIE	M. Marc LAMBERT
GESTION PHARMACEUTIQUE, PHARMACOECONOMIE ET ETHIQUE PHARMACEUTIQUE OFFICINALE, DROIT ET COMMUNICATION PHARMACEUTIQUES A L'OFFICINE ET GESTION DE LA PHARMAFAC	Mme Félicia FERRERA

A.H.U.

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	M. Mathieu CERINO
--	-------------------

ATER

CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Duje BURIC
---	---------------

DEPARTEMENT MEDICAMENT ET SECURITE SANITAIRE

Responsable : Professeur Benjamin GUILLET

PROFESSEURS

PHARMACIE CLINIQUE	M. Stéphane HONORÉ
PHARMACODYNAMIE	M. Benjamin GUILLET
TOXICOLOGIE ET PHARMACOCINETIQUE	M. Bruno LACARELLE Mme Frédérique GRIMALDI M. Joseph CICCOLINI

MAITRES DE CONFERENCES

PHARMACODYNAMIE	M. Guillaume HACHE Mme Ahlem BOUHLEL M. Philippe GARRIGUE
PHYSIOLOGIE	Mme Sylviane LORTET Mme Emmanuelle MANOS-SAMPOL
TOXICOLOGIE ET PHARMACOCINETIQUE	Mme Raphaëlle FANCIULLINO Mme Florence GATTACECCA
TOXICOLOGIE GENERALE ET PHARMACIE CLINIQUE	M. Pierre-Henri VILLARD Mme Caroline SOLAS-CHESNEAU Mme Marie-Anne ESTEVE

A.H.U.

PHYSIOLOGIE / PHARMACOLOGIE PHARMACIE CLINIQUE	Mme Anaïs MOYON M. Florian CORREARD
---	--

ATER.

TOXICOLOGIE ET PHARMACOCINETIQUE	Mme Anne RODALLEC
----------------------------------	-------------------

CHARGES D'ENSEIGNEMENT A LA FACULTE

Mme Valérie AMIRAT-COMBRALIER, Pharmacien-Praticien hospitalier

M. Pierre BERTAULT-PERES, Pharmacien-Praticien hospitalier

Mme Marie-Hélène BERTOCCHIO, Pharmacien-Praticien hospitalier

Mme Martine BUES-CHARBIT, Pharmacien-Praticien hospitalier

M. Nicolas COSTE, Pharmacien-Praticien hospitalier

Mme Sophie GENSOLLEN, Pharmacien-Praticien hospitalier

M. Sylvain GONNET, Pharmacien titulaire

Mme Florence LEANDRO, Pharmacien adjoint

M. Stéphane PICHON, Pharmacien titulaire

M. Patrick REGGIO, Pharmacien conseil, DRSM de l'Assurance Maladie

Mme Clémence TABELLE, Pharmacien-Praticien attaché

Mme TONNEAU-PFUG, Pharmacien adjoint

M. Badr Eddine TEHHANI, Pharmacien – Praticien hospitalier

M. Joël VELLOZZI, Expert-Comptable

Mise à jour le 23 janvier 2020

« L'UNIVERSITE N'ENTEND DONNER AUCUNE APPROBATION, NI IMPROBATION AUX OPINIONS EMISES DANS LES THESES. CES OPINIONS DOIVENT ETRE CONSIDEREES COMME PROPRES A LEURS AUTEURS. »

REMERCIEMENTS :

A Madame Di Giorgio Carole, docteur à la faculté de pharmacie de Marseille, pour les enseignements que vous m'avez apportés au cours de ma scolarité, pour m'avoir accompagné dans la réalisation de cette thèse, pour votre disponibilité et enfin pour avoir accepté d'être à la présidence de mon jury de soutenance. Merci.

A Madame Sturla Tiffanie, docteur en pharmacie, merci d'avoir accepté de faire partie de mon jury et merci de m'aider chaque jour à devenir un meilleur pharmacien.

A Monsieur Adami Éric, docteur en pharmacie, merci d'avoir accepté de faire partie de mon jury et merci pour la confiance que vous m'accordez au quotidien, et cela depuis mon stage de 6^{ème} année.

A ma mère, pour ta patience, ta bonne humeur communicative et ton soutien de chaque instant envers tes enfants. Nous sommes ta fierté et tu es la nôtre.

A mon père, pour tout ce que tu as sacrifié afin que je réussisse dans mes études. Pour ton soutien et tes encouragements même quand je me sentais abattu. Sans toi je n'en serai pas là aujourd'hui. J'aime à penser que ma réussite est aussi la tienne.

A ma sœur, pour l'exemple que tu nous donnes, pour l'aide que tu m'as apportée dans ma scolarité, parce que tu rigoles toujours à mes blagues même les plus nulles et pour l'amour que toi et tes enfants nous apportent au quotidien.

A mon frère, avec qui j'ai passé tant de moment à m'amuser, à me chamailler et avec qui je partage encore beaucoup de passions. C'est notamment toi qui m'a inspiré ce sujet, merci.

A ma famille, mes tantes, mes oncles, mes cousins et cousines, merci pour les moments que nous partageons ensemble. Nous sommes une belle famille et je suis fier d'en faire partie.

A mes grands-parents, merci pour l'amour que vous m'avez donné, merci pour l'exemple que vous êtes, un exemple de fierté et de travail. Merci à mon papy André pour tout ce qu'il m'a apporté dans ma vie. Merci à ma mamie pour son soutien.

Merci aux collègues, et notamment Damien et Mickael sans qui mes études n'auraient certainement pas été les mêmes.

Et enfin merci celle qui est mon pilier, un soutien infailible depuis le début de mon cursus en pharmacie et même avant cela. Tu m'aides chaque jour à avancer, à progresser et à donner le meilleur de moi-même. Tu es un exemple pour moi, par ta rigueur au travail et ta joie de vivre. Je t'aime.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	17
PARTIE 1 : Le marathon, une course hors du commun	19
PARTIE 2 : Aspects physiologiques de la course d'endurance.....	24
I- Physiologie de la contraction musculaire :.....	24
A- Description du système musculosquelettique	24
1. Les composants du système musculosquelettique :	24
2. Anatomie des muscles squelettiques :	27
B- Mécanisme de la contraction musculaire	31
C- Métabolisme de la contraction musculaire.....	33
1. Métabolisme de base	33
2. Les sources énergétiques du muscle et leurs implications pendant le marathon :	34
a. La voie Anaérobie Alactique (AA) ou système ATP-PCr :	35
b. La voie Anaérobie Lactique (AL) ou système glycolytique :	36
c. La voie aérobie ou système oxydatif :	37
D- Types de fibres musculaires en relation avec leurs propriétés énergétiques.....	39
E- Muscles mis en jeu lors de la course et types de foulées	42
1. Les muscles de la course à pied :	42
2. Les différents types de foulées :	44
II- Physiologie de l'exercice :	48
A- Adaptations ventilatoires	48
1. La respiration au repos :	48
2. Le système ventilatoire lors d'un effort :	49
B- Adaptations du système cardiocirculatoire :	52
C- Thermorégulation.....	56
D- Adaptations hormonales	57
1. Insuline et glucagon :	57
2. Le cortisol :	59
3. Les hormones hypophysaires :	59
4. Les hormones thyroïdiennes :	60
5. Les hormones médullosurrénales : adrénaline et noradrénaline	60
6. Hormones de régulation de l'équilibre électrolytique :	61
7. Les endorphines ou catécholamines :	61
8. Bilan des adaptations endocriniennes :	62
E- Adaptation digestive :	63

F-	Fatigue et récupération	64
1.	La fatigue :	64
2.	La récupération :	66
III-	Effets de l'entraînement en endurance sur les paramètres physiologiques de l'exercice :	70
A-	Au niveau énergétique	70
1.	Augmentation des substrats énergétiques :	70
2.	Augmentation de capacité oxydative :	70
3.	Effets de l'entraînement sur la consommation des substrats énergétiques :	71
4.	Conséquences sur l'acide lactique :	73
B-	Au niveau musculaire :	74
C-	Au niveau cardiaque et ventilatoire :	75
	PARTIE 3 : Le marathon en pratique	77
I-	La préparation de son marathon :	77
A-	Quelques prérequis :	77
1.	Visite médicale et test à l'effort :	77
2.	L'équipement :	78
B-	L'entraînement :	82
1.	Améliorer sa pratique :	83
2.	Les programmes d'entraînements :	84
3.	Les différents types d'entraînements :	89
a.	Le fractionné :	89
b.	L'entraînement en côtes :	90
c.	La préparation physique générale :	91
d.	La préparation physique spécifique :	92
e.	L'entraînement croisé :	92
f.	La course de base et la sortie longue :	93
C-	L'hygiène de vie lors de la préparation d'un marathon :	94
1.	Le sommeil :	94
2.	Hygiène corporelle :	95
3.	Nutrition et hydratation :	95
II-	Gérer l'effort	103
III-	Récupérer après un marathon :	109
	PARTIE 4 : Les maux de la course à pied : rôle du pharmacien d'officine	114
I-	Traumatologie et prévention des blessures	115
A-	Les facteurs prédisposant :	115

1.	Les facteurs extrinsèques :	115
2.	Les facteurs intrinsèques :	116
B-	Les lésions musculaires :	116
1.	L'élongation :	117
2.	Le claquage :	118
3.	La rupture musculaire (ou déchirure)	118
4.	Les crampes musculaires :	120
5.	Les courbatures :	121
6.	Les contractures :	123
7.	La contusion musculaire :	123
C-	Les lésions tendineuses ou tendinopathies :	125
D-	Les lésions ligamentaires :	127
E-	Les lésions ostéoarticulaires :	130
1.	La fracture de fatigue :	130
2.	Le périostite tibiale :	131
II-	Troubles dermatologiques et conseils associés	132
A-	La phlyctène de friction :	132
B-	Hématome sous-unguéal :	133
C-	Les hyperkératoses : cors, durillons et callosités	134
D-	Mycose cutanée :	135
III-	Troubles digestifs chez le coureur en endurance :	138
A-	Manifestations hémorragiques :	139
B-	Atteintes basses ou coliques :	139
C-	Les manifestations gastriques :	140
D-	Les manifestations œsophagiennes :	141
IV-	Les autres troubles du sportif marathonien :	142
A-	Le coup de chaleur :	142
B-	Hypothermie :	143
C-	Asthme d'effort : (74)	143
D-	Le point de côté :	144
	CONCLUSION	145
	BIBLIOGRAPHIE	147

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : photo de l'arrivée du vainqueur de 1908 (Dorando PIETRI), devant la loge royale du stade de white city (4).....	20
Figure 2 : Brigid KOSQEI après son record du monde du marathon, à Chicago en 2019.....	21
Figure 3 : Eliud Kipchoge à Vienne après son temps record	22
Figure 4 : structure d'un os long.....	24
Figure 5 : structure d'une articulation synoviale.....	26
Figure 6 : structure d'un muscle squelettique	28
Figure 7 : schéma d'une coupe de fibre musculaire	29
Figure 8 : sarcomère observé au microscope électronique	30
Figure 9 : arrivée du potentiel d'action au niveau du motoneurone	31
Figure 10 : illustration du rôle de l'ATP et du calcium au niveau de la liaison actine – myosine.....	33
Figure 11 : système énergétique mis en jeu en fonction de la puissance et l'effort musculaire et de sa durée	35
Figure 12 : caractéristiques des différentes voies énergétiques.....	37
Figure 13 : évolution des composantes métaboliques au cours d'un exercice.....	38
Figure 14 : recrutement des fibres en fonction de l'intensité de l'effort (16)	40
Figure 15 : comparaison des différents types de fibres musculaires	41
Figure 16 : les leviers du corps.....	42
Figure 17 : principaux muscles sollicités pendant la course	43
Figure 18 : dissection de la foulée.	44
Figure 19 : : Cinématique pied/cheville et forces de réaction verticales (Adapté de Lieberman et al., 2010) (20)	45
Figure 20 : schéma simplifié de la fonction respiratoire.....	48
Figure 21 : les volumes pulmonaires	49
Figure 22 : évolution de la consommation d'oxygène au cours d'un exercice. VO_2 = volume d'oxygène consommé par les tissus.....	50
Figure 23 : méthode pour calculer la VO_{2max}	51
Figure 24 : le cœur les flux sanguins.....	52
Figure 25 : le cycle cardiaque	53
Figure 26 : le fonctionnement du système cardiovasculaire	53
Figure 27 : illustration de la pompe musculaire au niveau du mollet	55
Figure 28 : répartition du volume sanguin en fonction de l'intensité de l'exercice	55
Figure 29 : les acteurs de la thermorégulation.....	56
Figure 30 : tableau récapitulatif sur l'insuline et le glucagon	58
Figure 31 : concentrations plasmatiques du glucagon (à gauche) et de l'insuline (à droite) en fonction de la durée de l'exercice chez un individu entraîné et non entraîné.....	58
Figure 32 : évolution des concentrations plasmatiques d'acides gras et de cortisol en fonction de la durée de l'exercice.....	59
Figure 33 : bilan des adaptations endocriniennes lors d'une activité physique prolongée	62
Figure 34 : les différents niveaux pouvant être responsables de la fatigue	65
Figure 35 : consommation d'O ₂ avant, pendant et après un exercice	67
Figure 36 : temps de récupération pour chaque substrat	68
Figure 37 : schéma du principe de surcompensation	69
Figure 38 : concentration du glycérol plasmatique en fonction de la durée de l'exercice (Kiens, 1993)	71
Figure 39 : évolution de l'absorption des acides gras au cours d'un exercice (Kiens, 1993)	72

Figure 40 : absorption du glucose plasmatique par les muscles en fonction de la durée de l'effort (Kiens, 1993)	72
Figure 41 : concentration en acide lactique en fonction de la durée de l'exercice.	73
Figure 42 : proportions des différents types de fibres musculaires en fonction du sport pratiqué	74
Figure 43 : anatomie d'une chaussure de running.....	78
Figure 44 : les différents types de pieds.....	79
Figure 45 : usures de la chaussure en fonction du type de pieds (38).....	80
Figure 46 : Akiléine Sport : crème anti-frottement de la marque Nok, disponible en pharmacie.....	81
Figure 47 : composantes d'une séance d'entraînement (38).....	82
Figure 48 : captures d'écran du site officiel du marathon de Paris.....	85
Figure 49 : programme d'entraînement "objectif 4h00" pour le marathon de Paris 1/2	87
Figure 50 : programme d'entraînement "objectif 4h00" pour le marathon de Paris 2/2	88
Figure 51 : exemples de séance de fractionné source : "running-addict.fr"	89
Figure 52 : exemples d'entraînement en côtes source : "running-addict.fr"	90
Figure 53 : exemple de séance de préparation physique générale (41)	91
Figure 54 : tableau montrant certains bienfaits d'une sélection d'entraînement croisé (38)	92
Figure 55 : exemples de deux sorties longues avec 3 semaines d'écart entre les deux source : "running-addict.fr"	93
Figure 56 : les cycles du sommeil (43).....	94
Figure 57 : la pyramide alimentaire	96
Figure 58 : les groupes alimentaires essentiels (38)	97
Figure 59 : l'index glycémique (IG) de certains aliments (38)	98
Figure 60 : rôles de certains nutriments (38).....	101
Figure 61 : photo d'un ravitaillement du marathon de Paris en 2016	106
Figure 62 : Iso + d'Aptonia® et sa composition pour 100g et 38g.....	108
Figure 63 : programme de la reprise musculaire en phase de récupération post marathon	112
Figure 64 : classification de Durey et Rodineau (51).....	117
Figure 65 : le protocole POLICE (51).....	119
Figure 66 : exemple d'une méthode de cryothérapie.....	120
Figure 67 : exemple de gel relaxant musculaire.....	121
Figure 68 : médicaments pouvant être utilisés dans le traitement des douleurs musculaires comme les courbatures	122
Figure 69 : prise en charge des certaines lésions musculaires (51)	124
Figure 70 : gravités des tendinites : classification de Blazina (57)	125
Figure 71 : exemples de patchs autochauffants.....	126
Figure 72 : entorse de la cheville (57)	127
Figure 73 : différents orthèses de cheville, le maintien augmentant de gauche à droite (58)	128
Figure 74 : attelle d'immobilisation totale	128
Figure 75 : exemples de bandes de strapping.....	129
Figure 76 : radiographie d'une fracture de fatigue du métatarse du pied	130
Figure 77 : prise en charge des différents phlyctènes (62)	132
Figure 78 : photographie d'un hématome sous unguéal au niveau du gros orteil	133
Figure 79 : pansement et solution de traitement des cors.....	134
Figure 80 : photographie d'un intertrigo interdigital du pied (pied d'athlète)	136
Figure 81 : pseudo-chromidrose plantaire à gauche et papule piézogénique à droite.....	137
Figure 82 : le système digestif humain.....	138

INTRODUCTION

Depuis des milliers d'années l'homme est capable de courir.

La course à pied a d'abord été pratiquée dans les stades d'athlétisme, mais dans les années 1970 l'athlétisme a évolué, et avec cette évolution on a vu apparaître de nouvelles façons de pratiquer ce sport. C'est notamment à ce moment-là que le « running » apparaît. C'est une approche plus libre de la course à pied. On ne se restreint plus aux stades d'athlétisme, on court partout où cela est possible, que ce soit en ville ou en pleine nature.

La course à pied ressemble de plus en plus à un loisir pour de nombreuses personnes. Aujourd'hui on retrouve différentes façon de courir : de l'ultratrail au jogging et en passant par le marathon, tout le monde peut trouver une façon qui lui plait de pratiquer ce sport ou de dépasser ses limites.

Ces dernières années le nombre de « runner » n'a cessé de croître. Cela est dû à plusieurs raisons :

- L'accessibilité à tous : en 2020 la doyenne du marathon de Paris avait plus de 80 ans.
- La simplicité de la pratique : on peut tous courir, dans des lieux variés et de multiples façons.
- L'équipement nécessaire : dès qu'on a une paire de basket on peut se mettre à courir !

Au-delà de ces critères qui rendent ce sport très accessible pour le plus grand nombre, on retrouve un impact positif sur la santé et la condition physique : obésité, maladies cardiovasculaires, diabète...

L'engouement pour ce sport s'explique par toutes les raisons que nous venons d'évoquer. Mais depuis deux ans et l'arrivée de la pandémie de COVID-19 on a observé une nouvelle augmentation du nombre de personnes faisant de la course à pied.

Fin 2020 le rapport « year in sport » de Strava montrait une augmentation sans commune mesure de la pratique des sports en extérieur (course à pied et vélo principalement). Aux États-Unis (+ 28 %), en Allemagne (+ 45 %) et au Royaume-Uni (+ 82 %), par exemple, l'activité physique en extérieur a moins été soumise à des restrictions gouvernementales,

d'où les fortes hausses observées au début de la pandémie (mars-avril). En revanche en France en 2020 ces activités ont diminué de 15% suite aux confinements stricts que nous avons connus. Ces chiffres devraient certainement s'inverser en 2021 pour notre pays. En effet de nombreuses activités physiques en intérieur et en groupe ont été limitées voir interdites une bonne partie de l'année ce qui n'a pas été le cas des sports en extérieur et individuel.

Dans ce travail nous nous intéresserons donc à la course à pied mais plus spécifiquement au marathon. Le marathon est une course à pied de 42.195 kilomètres. C'est pour un très grand nombre de coureurs un objectif personnel, un défi et un dépassement de soi. C'est une course difficile dans laquelle beaucoup de critères rentrent en jeu pour atteindre ses objectifs. Ces critères comprennent notamment l'équipement, les aspects hygiéno-diététiques, les erreurs à éviter, la prévention des blessures, etc...

Dans cette thèse, l'objectif est d'apporter à tous les informations nécessaires à la pratique d'un marathon dans les meilleures conditions possibles, y compris pour mes confrères pharmaciens, qui pourront compléter leurs connaissances sur le sujet.

Pour ce faire nous aborderons en premier lieu l'histoire du marathon, nous verrons pourquoi cette course est si différente des autres et est généralement vue comme le « graal » de la course à pied. Ensuite nous étudierons les aspects physiologiques dans lesquelles nous verrons que notre organisme met en place de nombreux procédés lui permettant de parcourir cette distance mythique avec la meilleure performance possible. Je décrirai dans une troisième partie les éléments à respecter pour préparer un marathon, l'effectuer dans les meilleures conditions possibles et récupérer après une épreuve éprouvante pour notre corps. Enfin nous terminerons en abordant les pathologies qui peuvent survenir lors de la pratique de ce sport et les moyens de les traiter ou les prévenir.

PARTIE 1 : Le marathon, une course hors du commun

Tout le monde connaît le marathon, aujourd'hui il est même très rare que, dans notre entourage, personne n'ait couru un marathon. On a tous une connaissance qui pratique la course à pied voire qui court des marathons. Comme nous l'avons vu en introduction, la crise sanitaire du COVID-19 a induit une augmentation significative de la pratique de la course à pieds et notamment la course de fond. Le marathon en est l'ultime épreuve, la plus connue et la plus médiatisée au monde.

Pour connaître les origines du marathon il nous faut remonter à l'antiquité et plus précisément en -490 avant Jésus-Christ. C'est en septembre que la flotte du roi de Perse Darius I^{er} et ses vingt mille hommes, débarquent dans la plaine de Marathon. Marathon est alors une ville grecque qu'Athènes va s'empresse de défendre en envoyant 10 000 hommes. La victoire athénienne est totale : plus de six mille soldats perses sont tués, alors que les pertes athéniennes se limitent à moins de deux cents hommes. C'est ici qu'intervient Philippides, un messager qui se voit confier la tâche d'informer Athènes du triomphe grecque. Pour ce faire il parcourra d'une traite les 40 kilomètres séparant Marathon d'Athènes. En arrivant il annonce la victoire et s'écroule, il meurt d'épuisement. (1)

En 1896, le baron français Pierre de Coubertin organisa les premiers jeux olympiques, à Athènes. C'est en mémoire de Philippides que Michel Bréal propose au baron d'inscrire le Marathon au programme. La course fait alors 40 kilomètres. C'est un grec qui gagne l'épreuve, sous l'ovation totale du stade. Après cette première édition mythique le marathon a toujours été au programme des jeux olympiques, et a d'ailleurs été le théâtre d'anecdotes assez marquantes.

Ce sont les jeux olympiques de 1908 qui permettent de comprendre pourquoi la distance moderne du marathon est de 42.195 kilomètres. En effet lors de ce marathon de Londres, la famille royale fit la demande que la course commence au château de Windsor et se termine aux pieds de la loge royale du stade de White city. C'est après de nombreux débats sur la distance exacte parcourue lors de cette édition, que les 42.195 kilomètres furent finalement adoptés sur tous les continents en 1921. (2), (3)



Figure 1 : photo de l'arrivée du vainqueur de 1908 (Dorando PIETRI), devant la loge royale du stade de white city (4)

Les éléments qui font du marathon une course si particulière résident donc en partie dans son histoire. Une histoire qui remonte à plus de 2000 ans comme nous venons de le voir. Mais cela ne se limite pas à ça. En effet dans la société actuelle la course à pieds est un sport facilement accessible, y compris pour les personnes aux revenus les plus modestes. Et beaucoup de coureurs se fixent comme objectif de faire et de finir au moins un marathon dans leur vie. Comme si le marathon était l'objectif ultime du coureur de fond.

De plus on assiste aujourd'hui au développement des marathons dans les grandes villes françaises et du monde. Un développement qui s'inscrit dans la dynamique de la ville événementielle et festive. Si ce mouvement est inséparable de l'engouement pour le jogging (engouement qui a explosé avec les confinements et l'impossibilité d'accès à certains sports), la mise en fête de ces manifestations contribue largement à leur essor. En effet quand nous ne sommes pas adeptes des records ou des chronos, l'envie de participer à un événement festif tout en faisant le sport qu'on aime est alors grande. Le marathon devient un événement populaire, on se retrouve en famille, entre amis ou même en couple pour accomplir cette course dans une atmosphère de fête.

Ces courses jouent un rôle d'animation et de promotion de ces villes, elles s'impliquent donc d'avantage dans leur mise en place et, de plus en plus, jouent un rôle moteur dans leur organisation. Avec par exemple la mise en place des stands de nourriture / boissons à l'arrivée. (5)

Les sept marathons les plus connus sont ceux de Paris, Tokyo, Londres, Boston, Berlin, New York et Chicago. Boston est le plus ancien, sa première édition a eu lieu en 1897. Près de 110 ans avant le premier marathon de Tokyo, qui est le dernier marathon de cette liste à avoir vu le jour (1^{ère} édition en 2007). Le marathon le plus populaire est sans aucun doute celui de New York, c'est en effet celui-ci qui attire le plus de passionnés avec plus de 50 000 participants chaque année. Il attire également plus de 2 millions de spectateurs le long de son parcours.

Le marathon le plus rapide est celui de Berlin, le record du monde est tombé à dix reprises dans la capitale allemande. Ceci s'explique par un parcours entièrement plat, à la différence des autres marathons, dans lesquels on doit affronter un peu de dénivelée. (6)

Parlons justement de ces records. Pour les femmes le record est détenu par Brigid KOSQEI avec un temps incroyable de 2 heures 14 minutes et 4 secondes au marathon de Chicago de 2019.



Figure 2 : Brigid KOSQEI après son record du monde du marathon, à Chicago en 2019.

Pour les hommes et avant de parler du record actuel je voudrais aborder l'histoire d'un homme qui a révolutionné la façon dont les professionnels préparaient leurs épreuves en général, pas seulement celle du marathon. Il s'agit d'Emil ZATOPEK, un athlète tchécoslovaque spécialiste des courses de fond, du 5 000 mètres au marathon. De 1948 à 1954, il dispute trente-huit 10 000 mètres sans jamais en perdre un seul. Il remporte également 15 titres de champion de Tchécoslovaquie sur 5 000 m, 10 000 m et en cross-country. Mais c'est en 1952 qu'il entre dans la légende des jeux olympiques en remportant l'or sur le 5 000 mètres, le 10 000 mètres et sur le marathon (qu'il courait pour la première fois et où il bat le record olympique). Performance encore unique, jamais reproduite, aujourd'hui chez les coureurs de fond. (7)

A l'époque Zatopek adopte l'entraînement en fractionné, il pratique également les entraînements en hypoventilation et ce sont ces méthodes qui lui permettent de surpasser ses concurrents avec tant de fracas. Par la suite ses méthodes ont été copiées par les coureurs et aujourd'hui tous les coureurs utilisent ces types d'entraînement.

Aujourd'hui c'est Eliud KIPCHOQUE qui détient le record masculin du marathon avec un chrono de 2 heures 1 minute et 39 secondes au marathon de Berlin 2018. Mais ce dernier a également fait tomber la barre symbolique des 2 heures lors d'un chrono non officiel. En effet le Kenyan a couru 42 kilomètres et 195 mètres en un temps de 1 heure 59 minutes et 40 secondes.



Figure 3 : Eliud Kipchoge à Vienne après son temps record

Ce record n'est pas officiellement le record du monde car il a été réalisé dans des conditions particulières. L'homme était accompagné de 41 lièvres (coureur lui donnant une allure et lui procurant de l'aspiration sur une partie de la course), mais également d'une voiture qui marquait le pas nécessaire pour réaliser l'exploit. Même s'il n'est pas homologué pour le record du monde, ce temps mémorable fait et fera date pendant de très nombreuses années. (8)

Le marathon est donc une épreuve unique, populaire et festive qui attire de plus en plus de passionnés, de sportifs professionnels ou amateurs à travers la planète. Sa facilité d'accès (faible cout, faible besoin en matériel et infrastructure) fait de la course à pied le sport le plus pratiqué au monde, même si le nombre exact de coureurs est impossible à déterminer avec exactitude. Et comme nous l'avons dit le marathon est un peu la quintessence de ce sport, c'est un objectif inhérent à une grande partie des coureurs.

C'est Emil ZATOPEK qui disait à l'époque « si vous voulez remporter quelque chose, courez un 100 mètres, mais si vous voulez vivre une expérience, courez un marathon ». Une phrase qui résonne comme un appel pour tous les passionnés, amateurs comme professionnels, des courses à pieds d'endurance. (7)

En tant que professionnel de santé de proximité, le pharmacien d'officine a sans aucun doute un rôle primordial à jouer avec le sportif qui désire faire un marathon. Nous allons voir par la suite les rôles que celui-ci peut jouer, mais avant cela nous allons aborder quelques aspects physiologiques qu'il faut avoir en tête.

PARTIE 2 : Aspects physiologiques de la course d'endurance

I- Physiologie de la contraction musculaire :

A- Description du système musculosquelettique

Le système musculosquelettique tient un rôle important et primordial au sein de notre organisme. Il maintient notre corps, protège nos organes et surtout il nous permet de nous déplacer. Il se compose du système musculaire, du squelette osseux et cartilagineux ainsi que les éléments rattachés (ligaments, tendons, articulations...). Bien entendu il est l'atout principal du sportif (amateur comme professionnel) et doit être correctement entraîné pour pouvoir en exploiter tout le potentiel lors d'un marathon notamment.

1. Les composants du système musculosquelettique :

Dans ce système on retrouve bien entendu les **muscles squelettiques**, on décrira ces derniers beaucoup plus longuement par la suite. Commençons par quelques informations sur les autres composants de ce système.

- **Les os :**

Les os sont une structure rigide qui porte notre corps. Ils ont un rôle de protection de nos organes internes. Nous avons vu, au début de ce chapitre, que les muscles sont insérés sur les os et leurs contractions induisent le mouvement. Le rôle des os est donc important.

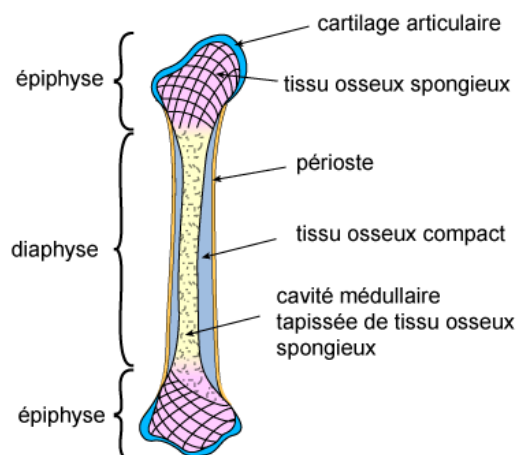


Figure 4 : structure d'un os long

Sur un os long, on trouve classiquement plusieurs parties :

- La diaphyse : c'est la partie centrale des os longs.
- Les épiphyses : ce sont les extrémités des os longs.
- Les lignes épiphysaires
- Les cartilages articulaires : chez l'adulte se sont les seuls vestiges de l'origine cartilagineuse des os.
- Le périoste : membrane de tissu conjonctif fibreux qui entoure la surface externe des os. Le périoste est vascularisé et agit comme une gaine de protection de l'os.
- La cavité médullaire : c'est un espace creux situé au centre de la diaphyse, elle contient la moelle osseuse, elle-même recouverte par de l'os compact.

- **Les cartilages :**

Leur rôle principal consiste à offrir une surface lisse permettant une mobilité fluide au niveau des articulations et d'absorber les impacts et frictions lorsque les os frottent ou cognent les uns sur les autres. Ils ont donc, eux aussi, un rôle important lorsque nous sommes en mouvement. Et c'est notamment le cas quand on répète pendant plusieurs heures un même mouvement au niveau d'une articulation.

- **Les ligaments :**

Ils relient les os entre eux, ils sont très élastiques, plus que les tendons ce qui leur permet d'avoir une grande résistance. Via cette propriété élastique ils assurent un rôle stabilisateur des articulations.

- **Les tendons :**

Ils relient les muscles aux os. Ils sont très résistants grâce aux fibres de collagènes qui les composent. Cela leur permet de répondre aux fortes charges de tensions subies lorsque le muscle qui s'y attache se contracte. Les tendons fonctionnent en combinaison avec les muscles pour transmettre la force de traction aux os, et ainsi produire le mouvement.

- **Les articulations :**

Elles ont deux fonctions principales : relier entre eux les os du squelette, et permettre la mobilité de l'ensemble. Ce sont les articulations synoviales, qui permettent de larges mouvements qui nous intéressent. On en trouve au niveau des genoux, des hanches, des épaules et des coudes. Ce sont des articulations très utilisées lors de la course à pied.

- Capsule articulaire : constituée d'une couche externe et d'une couche interne, la membrane synoviale qui sécrète le liquide synovial dont le rôle est de lubrifier et de nourrir l'articulation.
- Cavités articulaires : délimitées par les extrémités osseuses, elles contiennent le liquide synovial.
- Cartilage articulaire hyalin

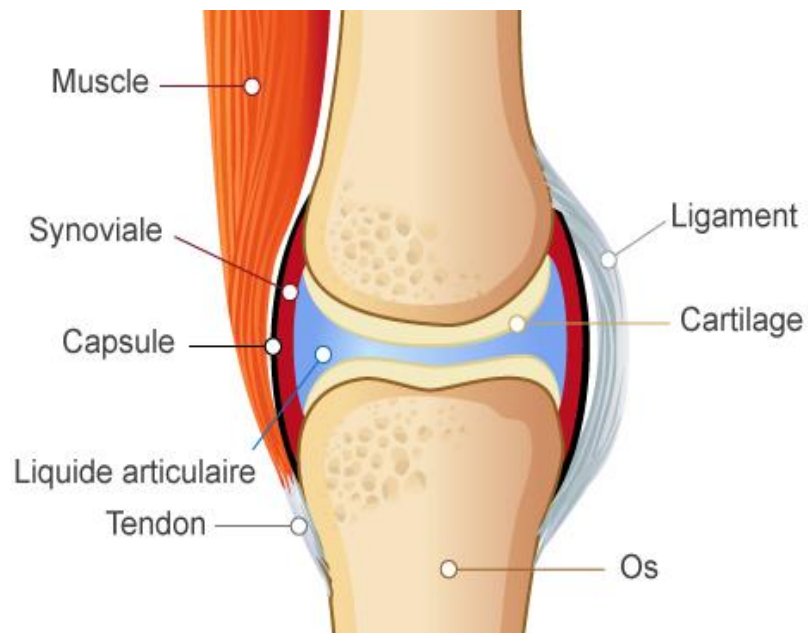


Figure 5 : structure d'une articulation synoviale

2. Anatomie des muscles squelettiques :

L'activité physique peut se définir comme tout mouvement corporel qui entraîne une augmentation de la dépense énergétique par rapport à la dépense de repos. Et lorsque l'on se met en mouvement nos muscles entrent en action. Plus notre activité physique augmente plus nos muscles seront sollicités.

Les muscles sont des tissus formés de fibre qui peuvent se contracter, cette contraction va induire un mouvement. Pour que tout cela soit possible les muscles possèdent quatre propriétés importantes :

- L'excitabilité : capacité à réagir à une stimulation nerveuse.
- L'élasticité : capacité à retrouver sa forme initiale après contraction.
- L'extensibilité : capacité d'allongement mécanique, il peut s'éloigner au maximum de ses points d'insertion.
- La plasticité : capacité d'un muscle à adapter sa structure au type d'effort effectué.

Les muscles sont essentiels à la vie : respiration, digestion, battements cardiaques. Mais également à son adaptation à l'environnement : locomotion, thermorégulation, maintien postural, transformation de l'énergie...

On distingue trois types de muscles :

- Les muscles lisses, à contraction involontaire, que l'on retrouve dans les parois des viscères ou encore dans la paroi des vaisseaux sanguins.
- Le muscle strié cardiaque, à contraction involontaire.
- Les muscles striés squelettiques, à contraction volontaire, responsables du mouvement.

On différencie ces différents types de muscles en fonction de leur propriété contractile et dans le cadre de la course à pied et du marathon ils ont chacun un rôle à jouer. Mais c'est sur les muscles striés squelettiques que nous allons nous attarder dans la suite de ce travail.

Ils sont majoritaires dans le corps humain, il en existe des centaines et ils représentent près de 40% du poids corporel. Ils s'insèrent sur les pièces osseuses qu'ils mettent en mouvement.

La structure du muscle squelettique :

Le muscle strié squelettique est, par définition, le muscle qui par l'intermédiaire du tendon, se fixe au squelette et permet le mouvement de celui-ci dans une direction bien définie grâce à sa contraction.

Les fibres musculaires, qui constituent l'unité fonctionnelle des muscles squelettiques, sont assemblées en faisceau. Ces derniers sont recouverts d'une gaine protectrice appelée périmysium. La membrane la plus externe, et qui recouvre l'entièreté du muscle est appelée épimysium, aux extrémités du muscle celle-ci converge et constitue alors les tendons, qui relient les muscles à l'os en leur point d'insertion. (9)

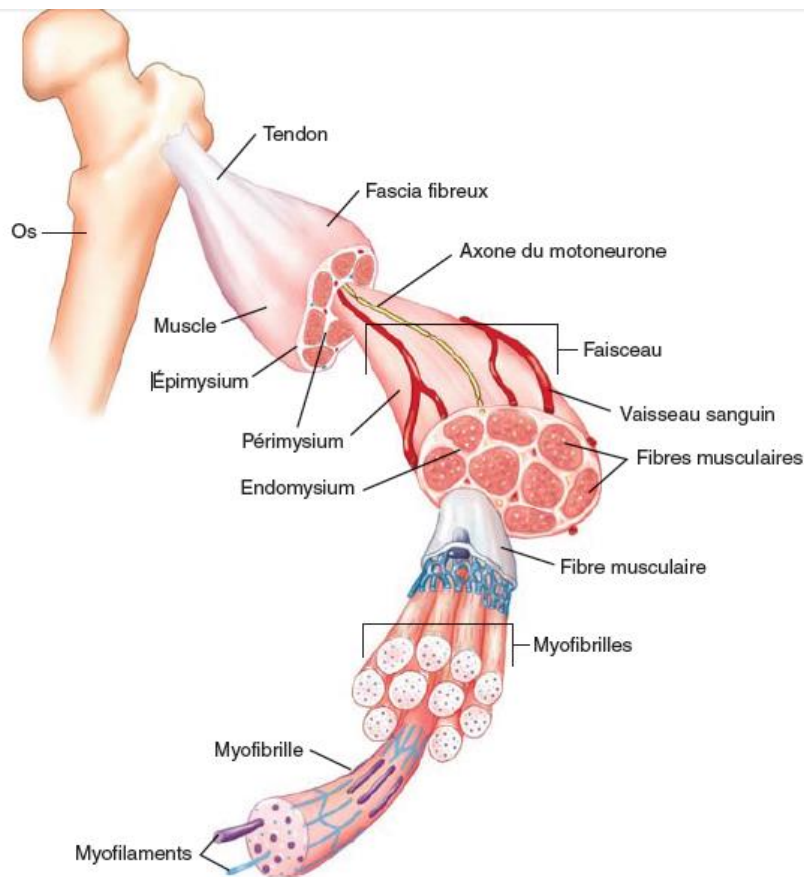


Figure 6 : structure d'un muscle squelettique

Quand on continue à zoomer on s'aperçoit que les fibres musculaires sont, notamment, composées de myofilaments et de myofibrilles. Au niveau cellulaire on a bien évidemment d'autres éléments :

- Les mitochondries, qui sont le siège de nombreuses réactions du catabolisme cellulaire et qui contrôlent les réactions de synthèse de la cellule en lui fournissant l'énergie nécessaire sous forme d'ATP.
- Le tubule T qui permet la transmission rapide des impulsions nerveuses.
- Le réticulum sarcoplasmique, qui sert essentiellement de lieu de stockage du calcium (nécessaire à la contraction musculaire).

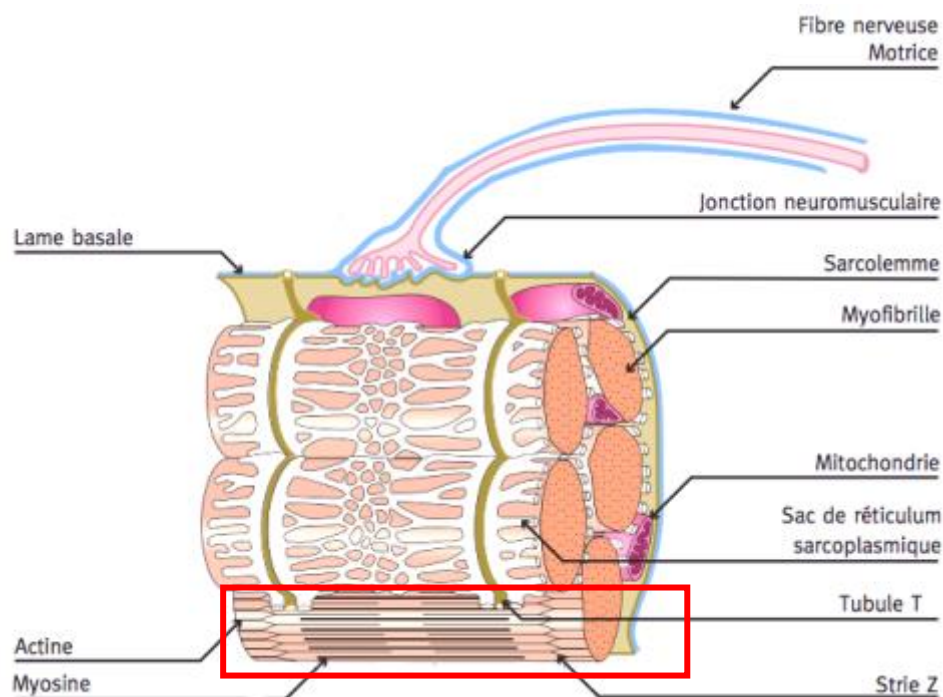


Figure 7 : schéma d'une coupe de fibre musculaire

Sur le bas de la figure 7, j'ai encadré en rouge une zone où on distingue des bandes claires et des bandes sombres. Cela est encore plus marquant au microscope électronique (figure 8). L'ensemble de ces bandes constitue un sarcomère. On se rend compte que chaque myofibrille d'une fibre musculaire est composée d'une multitude de sarcomères reliés entre eux par les stries Z. (9)

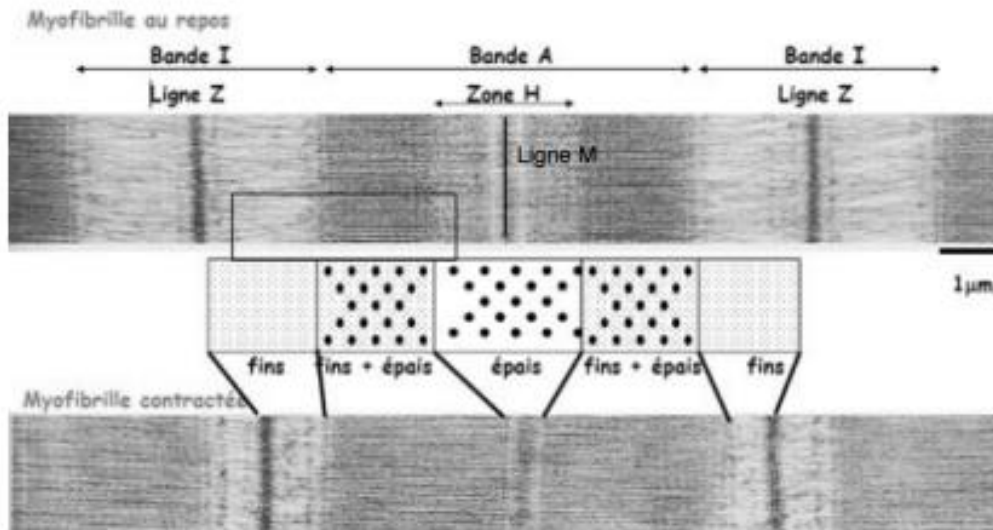


Figure 8 : sarcomère observé au microscope électronique

Visuellement on observe 3 bandes. Les bandes I sont constituées de filaments d'actines, aussi appelés filaments fins. La bande A est composée quant à elle de filaments d'actines et de filaments de myosine. Pour finir il y a la bande (ou zone) H qui correspond à la partie centrale de la bande A dans laquelle il n'y a que des filaments de myosines, aussi appelés filaments épais.

Avant de décrire le mécanisme de la contraction musculaire, parlons rapidement des cellules satellites. Ces dernières sont des cellules souches musculaires permettant la croissance, le renouvellement et la régénérescence du tissu musculaire. Chez le sujet entraîné, ces cellules auraient un rôle de « mémoire musculaire ». L'activation des cellules diminue avec le vieillissement, l'entraînement réalisé dès le plus jeune âge permettrait de créer cette « mémoire » cellulaire pour plus tard, les noyaux reflétant ainsi l'histoire de la fibre musculaire.

Le mécanisme serait le suivant : activées par un signal, les cellules satellites se multiplient et fusionnent avec les cellules musculaires pour leur donner leurs noyaux. Le nombre de noyaux ne diminue pas lorsque l'on stoppe l'exercice, les noyaux se tassent dans les cellules amincies, prêts à produire davantage si le muscle est à nouveau soumis à un entraînement. (10)

B- Mécanisme de la contraction musculaire

La contraction du muscle strié squelettique est liée à l'excitation préalable des fibres musculaires par les motoneurones (légendés en « fibre nerveuse motrice » sur la figure 7). Cette excitation conduit in fine au glissement des filaments fins et épais les uns contre les autres : c'est la contraction. Les phénomènes qui se produisent entre l'excitation et la contraction sont désignés par le couplage excitation-contraction.

Tout commence au niveau du cerveau, ou de la moelle épinière. L'un de ces derniers envoie une stimulation nerveuse sous forme de potentiel d'action jusqu'au motoneurone. Cela

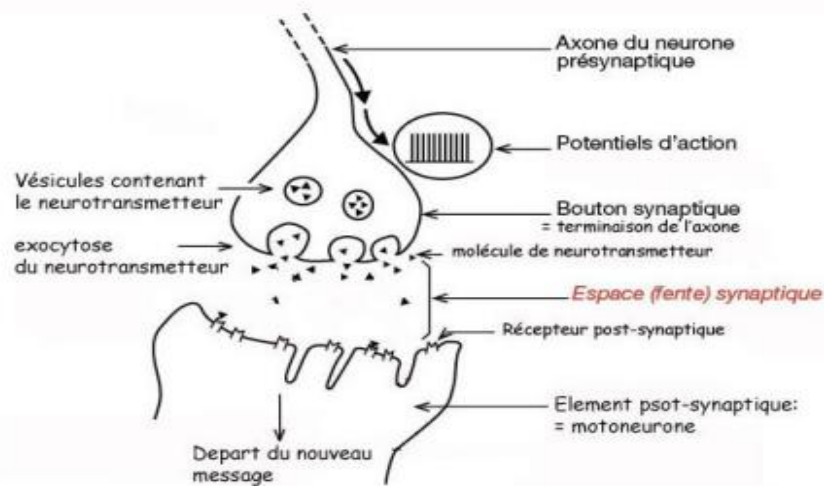


Figure 9 : arrivée du potentiel d'action au niveau du motoneurone

induit l'ouverture des canaux calciques et la libération d'acétylcholine au niveau de la fente synaptique. L'acétylcholine finit par pénétrer par diffusion dans le cytoplasme du motoneurone et se fixe sur des récepteurs. Cela provoque la libération d'ions sodium qui rentrent massivement dans la fibre musculaire. Un nouveau potentiel d'action est ainsi créé au niveau de la fibre musculaire. Le potentiel d'action va se propager de proche en proche sur la fibre musculaire le long du sarcolemme, puis à l'intérieur des tubules T : ce qui déclenche la contraction.

L'impulsion électrique se déplace ensuite au sein de la cellule et cela finit par entraîner la libération des ions calciums stockés dans le réticulum sarcoplasmique. Au niveau des myofibrilles, les ions calcium disponibles s'associent avec la troponine (qui empêche jusqu'à présent le lien entre l'actine et la myosine). (9)

L'arrivée des ions calcium déplace le complexe troponine-tropomyosine de sa position jusqu'au niveau du filament d'actine (voir figure 9). Ce mouvement libère ainsi des sites de liaison des têtes de myosine ce qui permet la liaison à l'actine. Suite à la libération des sites de liaison de la myosine sur les filaments d'actine, chaque tête de myosine s'associe à une molécule d'ATP.

Cette liaison induit une dissociation des têtes de myosine du filament d'actine. Par la suite, lors de la phase d'hydrolyse de l'ATP, les têtes de myosine pivotent et se lient à l'actine au niveau des sites de liaison. La libération du phosphate inorganique (Pi) obtenu par l'hydrolyse de l'ATP provoque un changement de conformation des têtes de myosine. Le mouvement induit le déplacement du filament d'actine. Ainsi est observé un raccourcissement du sarcomère : c'est la contraction musculaire.

La diminution de concentration d'ions calcium dans le cytosol finit par induire une dissociation des complexes calcium-troponine. La tropomyosine retrouve sa position de départ par changement de conformation du complexe troponine-tropomyosine. Ainsi les sites de liaison au niveau du filament d'actine ne sont plus disponibles. On observera alors la relaxation et donc le retour à un état de repos au niveau de la myofibrille : la fibre se relâche. (11)

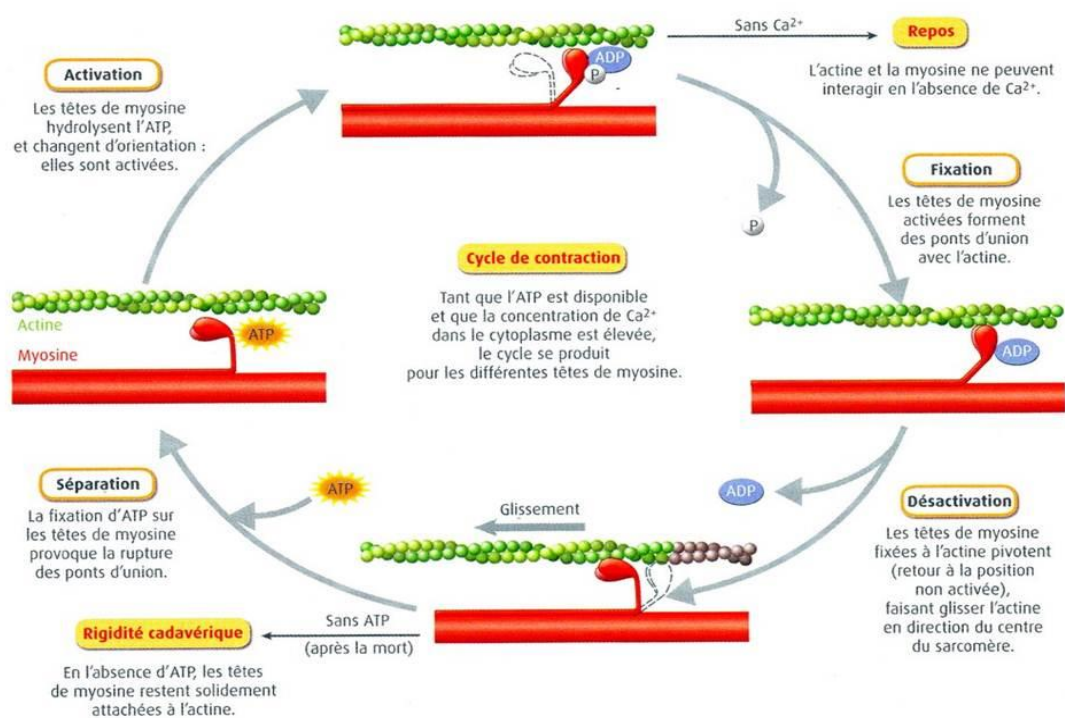


Figure 10 : illustration du rôle de l'ATP et du calcium au niveau de la liaison actine – myosine

C- Métabolisme de la contraction musculaire

1. Métabolisme de base

Le métabolisme correspond à l'ensemble des réactions chimiques du corps qui consomment ou libèrent de l'énergie.

Le métabolisme de base correspond à la dépense énergétique minimale pour le fonctionnement et l'entretien de l'organisme dans des conditions standardisées (à jeun, au repos et à température neutre). Il représente environ 65 et 75% de la dépense énergétique des 24 heures.

L'énergie dépensée pour l'activité physique correspond à toute forme de dépense énergétique qui s'ajoute au métabolisme de base. C'est le poste de dépense le plus variable d'un individu à l'autre. Il peut représenter de 15 à 30% de la dépense énergétique totale.

Le corps humain ne peut pas créer sa propre énergie. Il utilise ce qu'il ingère pour créer cette énergie, et notamment les glucides, les lipides et les protéines qui sont les trois macronutriments essentiels au métabolisme. Notre organisme ne peut pas stocker les

protéines, il les consomme immédiatement. En revanche il existe des réserves plus importantes pour les glucides et les lipides. Le compartiment de stockage des lipides est le plus grand. (12)

Lorsque notre organisme a besoin de consommer de l'énergie et donc des macronutriments il va entamer ceux dont les réserves sont les plus simples à créer. On va d'abord utiliser les glucides, mais leur stock est bien moindre que celui des lipides, donc on finira par consommer les lipides. Puis en dernier lieu notre organisme consommera les protéines qui sont stockées de manière très restreinte sous forme d'acides aminés.

La dépense énergétique va varier d'un individu à l'autre pour un même effort effectué. En effet l'âge, le sexe, l'apport alimentaire, le poids, etc... sont autant de paramètres qui vont influencer sur la dépense énergétique de l'individu. Au cours d'un exercice physique, la dépense énergétique dépendra de l'intensité et de la durée de l'effort. Par exemple, lors d'épreuves de course à pied, un 100 m réalisé en moins de 10 secondes engendrera une dépense énergétique de 31 kcal seulement, alors qu'un marathon réalisé en plus de 2 heures générera une dépense énergétique de 2870 kcal. (13)

2. Les sources énergétiques du muscle et leurs implications pendant le marathon :

Au niveau musculaire les différentes voies métaboliques (glucides, lipides et protéines) peuvent se mettre en action. L'objectif est que la contraction (l'effort) soit maintenue constante au cours du temps. Il faut donc que l'ATP arrive en bonne quantité au niveau des fibres musculaires, et cela pendant toute la durée de l'effort.

Au repos les réserves d'ATP dans le muscle sont faibles, il faut constamment renouveler les stocks pendant une activité sportive. Pour que cela soit possible notre organisme dispose de plusieurs processus dont les trois principaux sont :

- Le système oxydatif.
- Le système glycolytique.
- Le système ATP-PCr.

Ces trois processus peuvent se mettre en route unilatéralement en fonction du type d'effort à fournir ou se succéder si le besoin s'en fait sentir. Sur le graphique suivant on observe que la puissance et la durée de l'effort vont déterminer quel système sera mis en jeu. En rouge le système ATP-PCr, en vert le système glycolytique et en bleu le système oxydatif. Nous allons par la suite développer les caractéristiques de ces systèmes et leurs implications dans le marathon. (14)

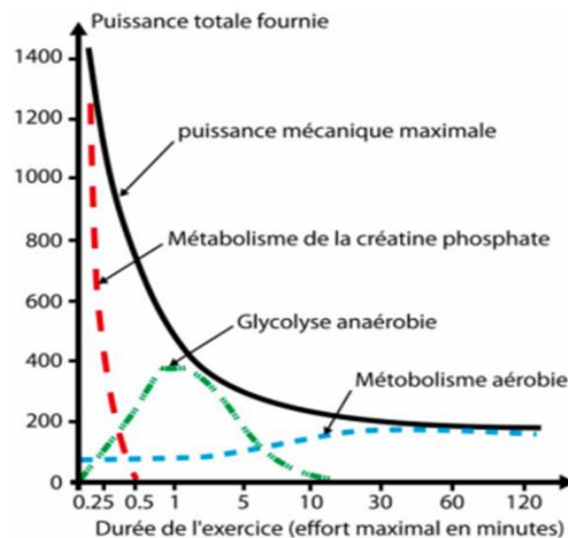


Figure 11 : système énergétique mis en jeu en fonction de la puissance et l'effort musculaire et de sa durée

Le système oxydatif est le seul de ces trois méthodes de production de l'ATP qui nécessite de l'oxygène. On parlera de métabolisme aérobie. Les autres n'ont pas besoin d'oxygène : métabolisme anaérobie. Décrivons rapidement ces trois voies ainsi que leur utilité en fonction de l'effort. (15)

a. La voie Anaérobie Alactique (AA) ou système ATP-PCr :

Elle utilise le pool des phosphagènes (ATP, phosphocréatine PCr) comme substrat. C'est le système le plus simple et le plus rapide pour fournir de l'ATP. L'oxygène n'intervient pas dans les réactions (anaérobie) et il n'y a pas de production d'acide lactique (alactique). De faible capacité mais avec une forte puissance, les réserves en phosphagènes sont essentiellement musculaires. Cette voie sera utilisée principalement au niveau des fibres musculaires rapides (type IIb notamment). Elle est efficace dès le début de l'exercice et pour des intensités maximales. Limitée par le pool de phosphagènes, sa durée de couverture de puissance est très faible : quelques secondes (jusqu'à une trentaine de secondes). Elle

sera donc intéressante pour les sports explosifs, courts et intenses, nécessitant puissance et vitesse comme le sprint. La récupération nécessite quelques minutes. (14)

Dans un marathon elle pourra intervenir au moment du sprint final par exemple, elle n'a pas un rôle primordial dans ce type d'épreuve qui nécessite un effort sur la durée et à une puissance modérée.

b. La voie Anaérobie Lactique (AL) ou système glycolytique :

Elle utilise comme substrat énergétique le glucose issu du glycogène musculaire via la glycolyse anaérobie au niveau des fibres musculaires rapides et intermédiaires (IIa et IIb). Il n'y a toujours pas de présence d'oxygène, son débit, plus bas, mais sa capacité plus grande que la voie alactique permet une durée de couverture un peu plus importante (quelques dizaines de secondes à quelques minutes). Le facteur limitant est l'augmentation de la concentration d'acide lactique au niveau des muscles, ce qui est néfaste à leur contraction. La récupération globale demande un minimum d'une heure. Son développement est ciblé pour les sports de demi-fond à forte composante résistance, comme le 400-800 m en athlétisme ou la majorité des épreuves de natation. (14)

Dans un marathon elle va intervenir au début de l'effort, l'organisme s'adapte grâce à cette filière à un changement de conformation. Il a tout à coup besoin de plus d'énergie et cette filière s'en charge car l'oxygène n'est pas encore en train d'affluer au niveau des muscles. Après quelques minutes les systèmes pulmonaire et cardiovasculaire apportent le surplus d'oxygène et d'éléments dont les muscles ont besoin, c'est alors que le système oxydatif aérobie prend le relai.

c. La voie aérobie ou système oxydatif :

Cette filière se réalise exclusivement en présence d'oxygène et à partir de deux substrats : le glucose (muscles, foie) et les acides gras (muscles et tissu adipeux) utilisés par les fibres musculaires lentes (I) et intermédiaires (IIa). Les réserves sont assez importantes. Par phénomènes d'oxydation, cette voie produit essentiellement de l'eau, du dioxyde de carbone et de la chaleur. C'est la voie royale pour les sports d'endurance, comme le marathon. Avec cette filière on ne sera pas à une intensité musculaire maximum mais on va tenir notre effort très longtemps. La récupération est allongée, allant de quelques heures à plusieurs jours selon la charge de travail supportée par l'athlète. C'est la voie énergétique principale lors d'un marathon.

	voie anaérobie alactique	voie anaérobie lactique	voie aérobie
substrat	ATP et créatine-P	glucose et glycogène musculaire	glucose et glycogène
délai de mise en route	immédiat	20 - 30 secondes	2 - 4 minutes
puissance maximale	très élevée	élevée	moyenne
durée de maintien de la puissance	7 - 10 secondes	30 - 50 secondes	3 - 15 minutes
capacité totale disponible	très faible	faible	très élevé
durée de maintien de la capacité	20 - 30 secondes	2 - 4 minutes	théoriquement illimitée
produit final	ADP + créatine	acide lactique	H ₂ O + CO ₂
facteurs limitants	épuisement des réserves en créatine-P	acidose musculaire	capacités respiratoire, réserves en glycogène, besoin d'eau, régulation thermique...
durée de récupération	2 minutes	1 heure	24 heures

Figure 12 : caractéristiques des différentes voies énergétiques

Néanmoins si l'effort doit se prolonger pendant plus de 3 ou 4 heures une autre filière peut se mettre en marche. Il s'agit de la **filière protéique (ou néoglucogénèse)**. Cette filière consomme les acides aminés (protéines) afin de produire du glucose au niveau hépatique. Cette voie est activée en cas de baisse importante des réserves en glycogène.

Ce phénomène va se produire chez les marathonien(ne)s non professionnels qui courent généralement plus de trois heures. C'est un phénomène qui est d'ailleurs bien connu par les coureurs et qu'on surnomme le « mur du marathon ». Il s'agit d'une défaillance physique assimilable à un coup de pompe qui intervient subitement, sans signe annonciateur, c'est dû à l'épuisement des réserves en glycogène. Le coureur qui « frappe le mur » ressent une sensation de jambes coupées, telle une force qui le bloque, d'où l'expression. Il doit considérablement réduire sa vitesse, voire marcher et parfois même abandonner la course. Tout cela est néanmoins évitable avec un entraînement musculaire ciblé et une bonne préparation de la course (nous détaillerons cela plus tard dans la PARTIE 3).

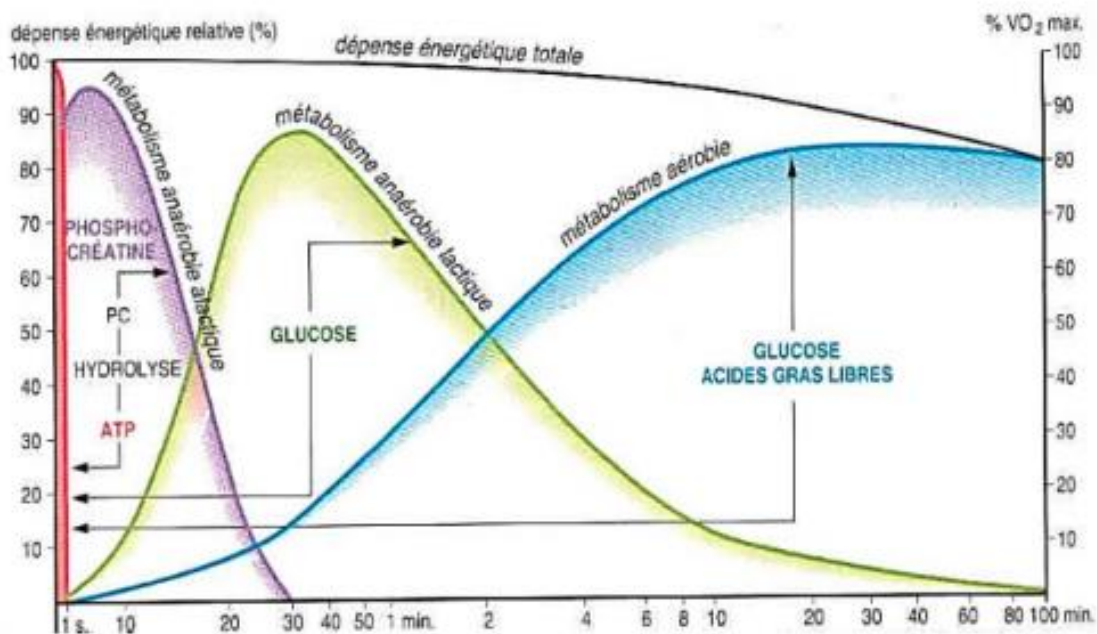


Figure 13 : évolution des composantes métaboliques au cours d'un exercice

D- Types de fibres musculaires en relation avec leurs propriétés énergétiques

Les capacités d'endurance et de vitesse dépendent essentiellement de l'aptitude de nos muscles à produire de l'énergie et de la force. Or, toutes les fibres musculaires ne sont pas identiques, chacune possède des propriétés mécaniques et métaboliques différentes. On distingue trois types de fibres (pour les muscles squelettiques) :

- Des fibres lentes dites de type I.
- Des fibres intermédiaires de type IIa.
- Des fibres rapides dites de type IIb.

Dans les fibres de type I, le motoneurone innerve un groupe restreint de fibres avec une fréquence faible et un délai de contraction important. Ces fibres ont une force maximale peu importante et une très bonne résistance à la fatigue. Dans ces fibres on a un nombre de vaisseaux sanguins élevé, ce qui permet une très bonne oxygénation du muscle. Il y a également beaucoup de mitochondries servant à la synthèse énergétique via l'oxygène. Elles utilisent préférentiellement le métabolisme aérobie. C'est la fibre musculaire principalement impliquée dans les sports d'endurance, dont la course à pied. Elle présente d'ailleurs la caractéristique d'avoir un faible diamètre, raison pour laquelle les marathoniens ont des muscles moins volumineux que les sprinters par exemple.

Dans les fibres de types 2 on a des propriétés quasi inverses. Avec un motoneurone qui innerve un très grand groupe de fibres musculaires, induisant une grande force de contraction avec un délai faible. En revanche elles fatiguent vite et ne sont donc pas adaptées aux sports d'endurance. Elles sont moins fournies en oxygène car on y trouve moins de vaisseaux sanguins. Elles utiliseront préférentiellement les voies anaérobies.

Toutes ces différences constitutionnelles induisent des différences de fonctions lors des activités physiques. Les fibres lentes possèdent des caractéristiques aérobies et d'endurance, ce qui signifie que la production d'ATP par oxydation des glucides et des lipides est très efficace. Tant que l'oxydation se poursuit, l'ATP assure le maintien de l'activité. Elles sont donc principalement recrutées lors d'activités d'endurance et notamment pendant un

marathon ou une course de fond. Les autres fibres (IIa et IIb) sont principalement recrutées pendant un effort intense, court et en anaérobie (sans oxygène). (16)

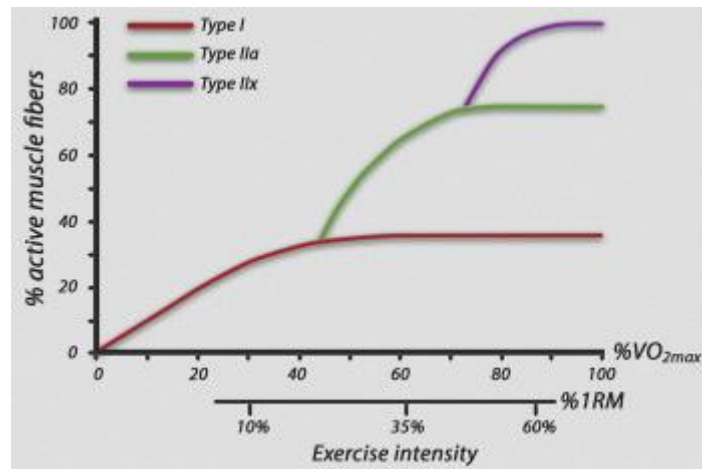


Figure 14 : recrutement des fibres en fonction de l'intensité de l'effort (16)

Ce schéma nous permet de comprendre la mécanique du recrutement des fibres musculaires en fonction de l'intensité de l'effort à fournir. Lors d'exercices de faible intensité comme la marche, la force musculaire est essentiellement générée par les fibres de type I. Lorsque l'intensité augmente (on se met à courir par exemple mais sans forcer outre mesure), les fibres intermédiaires (IIa) s'ajoutent aux précédentes pour produire la force nécessaire. Et enfin lors d'un exercice où la force est maximale comme le sprint, les fibres dites rapides (IIb) sont alors également sollicitées. Dans ce troisième cas on engage les trois types de fibres dans notre effort.

	I	Ila	Ilb
Diamètre	Faible	Important	Important
Couleur (Myoglobine)	Rouge (élevée)	Rose (intermédiaire)	Blanche (faible)
Vascularisation	Importante	Intermédiaire	Faible
Propriétés contractiles	Faible et longue	Intermédiaire	Forte et brève
Activité ATPasique	+	+++	+++
Source ATP	Oxydation	glycolyse	Glycolyse
Enzymes anaérobies	Faible	Intermédiaire	Forte
Fatigabilité	+	++	+++
Enzymes Krebs	+++	++	+
Nbre Mitochondries	+++	++	+
Métabolisme	Aérobie	Mixte (A + G)	Glycolytique

Figure 15 : comparaison des différents types de fibres musculaires

Lorsque l'on court un marathon, on passe plusieurs heures en effort dit sous-maximal, c'est-à-dire que notre organisme recrute les fibres les plus adaptées à l'endurance : les fibres de type I mais aussi quelques fibres Ila. Mais au bout d'un moment ces fibres s'épuisent et notre système nerveux décide de les suppléer par des fibres de type Ila puis de type Ilb. C'est ce qui explique en partie la fatigue que peut ressentir un marathonien pendant sa course. Pour améliorer ses performances et diminuer ces risques de fatigue il faut s'entraîner de façon à adapter nos muscles.

E- Muscles mis en jeu lors de la course et types de foulées

1. Les muscles de la course à pied :

Comme c'est expliqué dans cet extrait du livre « running et marathon : l'intégrale » (2014), les composants du système musculosquelettique fonctionnent en harmonie pour permettre au corps humain de courir. (figure 16)

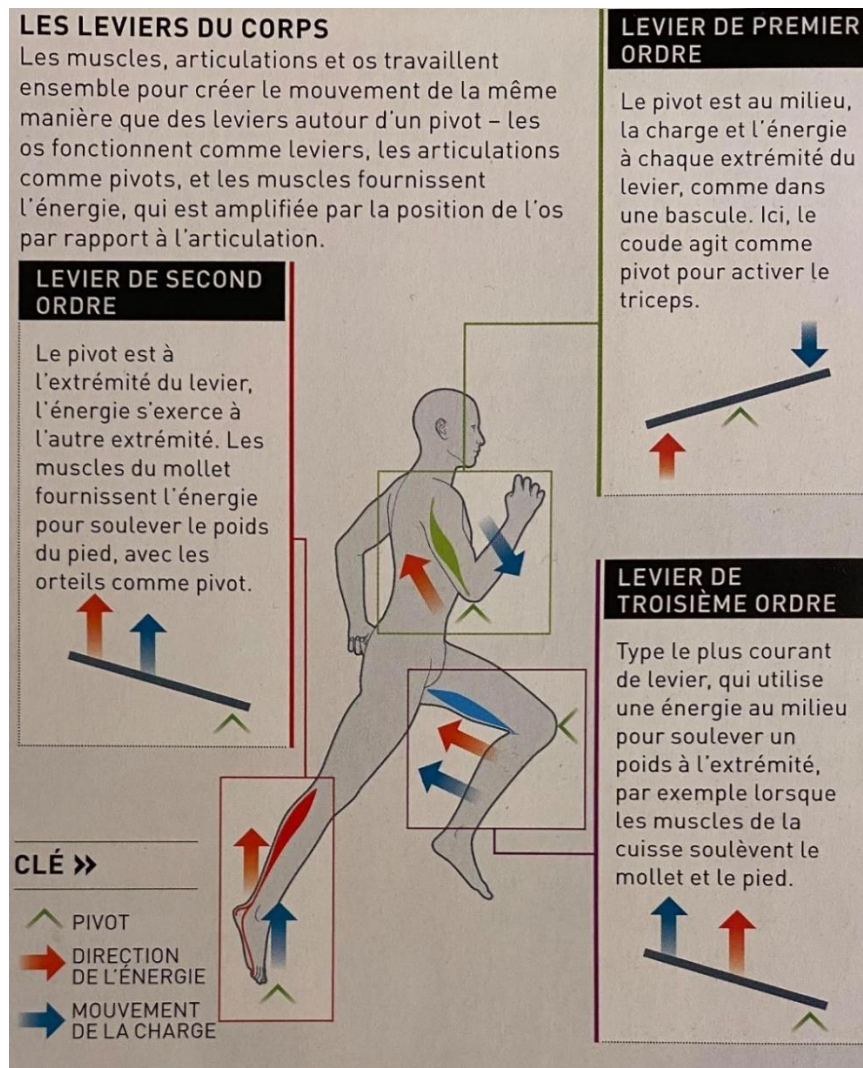


Figure 16 : les leviers du corps

On considère généralement qu'il y a 5 groupes principaux de muscles qui travaillent pendant la course : les quadriceps, les ischio-jambiers, les fessiers, les fléchisseurs de la hanche et les muscles du mollet. Mais il y a plus de 640 muscles squelettiques dans le corps, et une grande partie d'entre eux, en particulier les muscles profonds, contribuent à notre performance. Avoir un corps puissant et bien coordonné est essentiel pour parfaire notre technique lors d'un marathon.

Pour avoir un mouvement efficace et régulier il faut que nos muscles profonds soient gainés. Ces muscles permettent en effet de maintenir en place nos viscères tout au long de l'effort. Ils maintiennent également le bassin et la colonne vertébrale. Ces muscles profonds doivent fournir un ancrage stable lors de la course car avoir un bassin stabilisé et une colonne vertébrale bien alignée permet d'avoir un mouvement plus efficace que dans le cas inverse. Cela limite également le risque de blessures à ces niveaux.

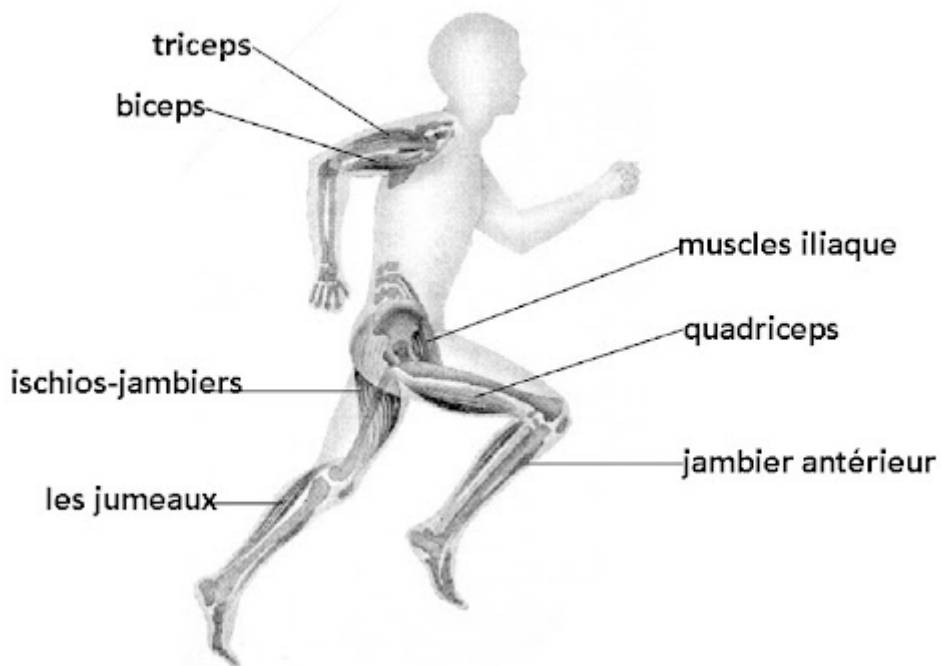


Figure 17 : principaux muscles sollicités pendant la course

2. Les différents types de foulées :

Parlons maintenant du mouvement et particulièrement de l'énergie mécanique. Cette dernière occupe une place importante dans la dépense énergétique du coureur. Lorsque nous courons, nous suivons un cycle de deux foulées identiques.

Une foulée correspond aux mouvements qui séparent 2 contacts successifs avec le sol. On y trouve une phase d'appui et une phase de suspension. (17)

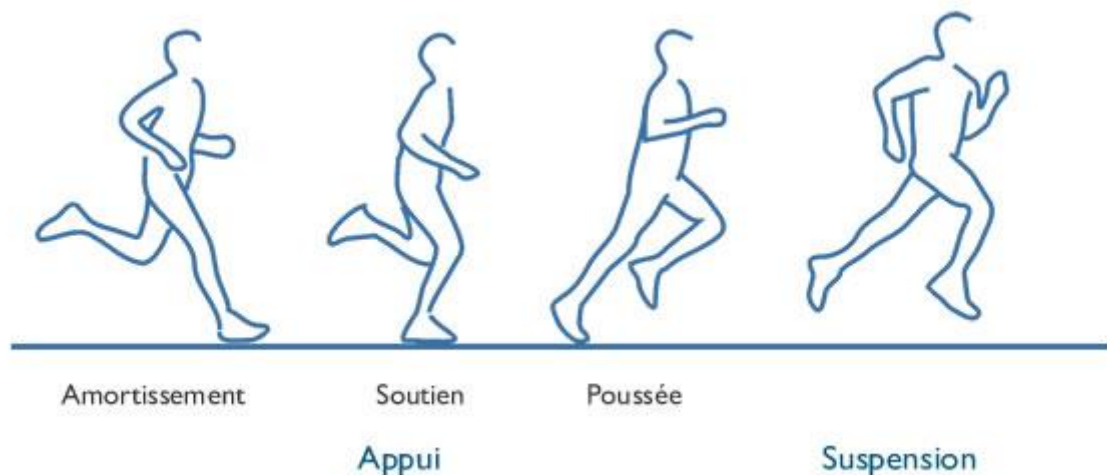


Figure 18 : dissection de la foulée.

Comme on le voit sur le schéma ci-dessus la phase d'appui commence avec l'amortissement. C'est l'instant où le pied touche le sol, ensuite la jambe opposée bascule vers l'avant, c'est le soutien, pour finir la phase d'appui la jambe dont le pied touche le sol se tend. Il y a une poussée vers l'avant et le haut ce qui permet d'entamer la phase de suspension où aucun de nos deux pieds ne touchent le sol. Puis on recommence le mouvement sur la jambe opposée. C'est au cours de l'amortissement que nous « gaspillons » le plus d'énergie mécanique, en effet cette étape de la foulée freine notre corps car la force qui est mise en jeu est dans le sens opposé à notre direction.

Pour limiter au maximum cette perte d'énergie il faut déterminer la prise d'appui du coureur, c'est-à-dire la façon avec laquelle le pied vient toucher le sol au moment de l'amortissement. En effet dans son ouvrage sur l'activité musculaire et la dépense énergétique, J-R Lacour, nous explique que l'appui sur le sol se traduit par une perte impressionnante d'énergie cinétique et d'énergie potentielle. (18)

On distingue trois principaux types de prise d'appui : (19)

- La prise d'appui arrière-pied (rear-foot strike) : le talon entre en premier en contact avec le sol.
- L'appui médio-pied (mid-foot strike) : le pied se pose à plat sur le sol.
- L'appui avant-pied (Fore-foot strike) : l'avant pied contact en premier le sol.

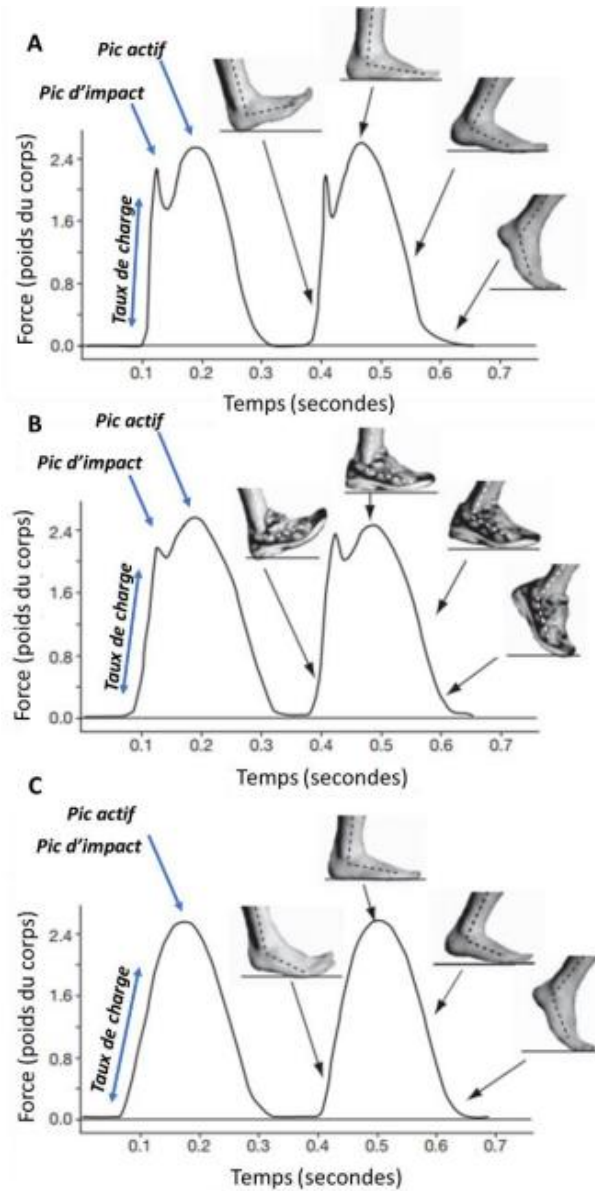


Figure 19 : : Cinématique pied/cheville et forces de réaction verticales (Adapté de Lieberman et al., 2010) (20)

Sur ce schéma (figure 19) on remarque qu'avec un appui avec l'avant du pied le pic actif et le pic d'impact sont les mêmes, on n'a pas de pic d'impact transitoire, ce qui a plusieurs conséquences. La première est de diminuer le risque de blessure car l'impact est mieux absorbé par le pied, la seconde est de diminuer la perte d'énergie. On augmente donc la qualité de l'amortissement. Il en est de même avec le graphique B, puisqu'on voit que le port de chaussure de running réduit la différence entre les deux pics par rapport au graphique A.

Et cet élément est important à plus d'un titre quand on court de longues distances. Il faut savoir que le comportement élastique des muscles a un rôle sur le coût énergétique de la course à pied. Lors de l'impact au sol, les structures musculotendineuses actives absorbent l'onde de choc, s'étirent et accumulent de l'énergie dite « élastique », qui sera restituée pendant le raccourcissement des muscles afin d'aider le corps à la propulsion. (21)

D'ailleurs, et à titre informatif, la foulée des professionnels du marathon est dans quasiment la totalité des cas une foulée avec prise d'appui à l'avant du pied. (22)

Naturellement, l'homme qui court pied nu (on parle de foulée minimaliste ou naturelle) aura un appui médio ou avant pied (graphique C de la figure 5). Or de nos jours, avec l'essor des chaussures de running et l'utilisation de renforts au niveau du talon (drop), on observe que la prise d'appui a tendance à changer, avec une majorité de coureurs amateurs (plus de 80%) ayant une prise d'appui sur le talon. (18)

Lors de la prise d'appui, le coureur va devoir gérer la force de réaction au sol sous peine d'en subir l'onde de choc comme nous l'avons déjà abordé. Si la force de réaction au sol n'est pas amortie, l'onde de choc se propage à travers les différentes articulations du sujet.

Quand on se rend dans un magasin de chaussures de « running » spécialisé, les vendeurs conseillent leur modèle de chaussures en fonction de votre poids, de la longueur de vos séances mais également en fonction de votre type d'appui au sol. C'est votre foulée qui va déterminer le « drop » dont vous avez besoin avec vos chaussures. Le « drop » correspond à la différence de hauteur entre l'avant et l'arrière de la chaussure. Celui-ci a un impact sur la foulée : plus le drop est important et plus c'est sur le talon que va se porter l'impact de la

foulée (amortissement), il faudra donc des chaussures bien adaptées permettant une amélioration de l'impact comme dans le graphique B de la figure 5.

A l'opposée un drop réduit favorise une foulée dite plus naturelle. Un drop faible s'accompagne en général d'une attaque du pied au sol par l'avant. C'est alors l'avant pied qui se pose au sol en premier. Celui-ci est bien plus souple que le talon et il offre une capacité d'absorption du choc bien plus importante. (23)

Quand un coureur vient nous voir à la pharmacie il faut savoir l'orienter et le conseiller sur l'importance du choix de ses chaussures de course. Se tourner vers un magasin spécialisé est essentiel selon moi, on y trouvera de très bons conseils et certainement des chaussures adaptées à notre foulée, notre poids, notre style de course.

D'ailleurs le vendeur ne vous orientera pas automatiquement vers des chaussures avec un drop faible car changer votre foulée pour passer à une foulée avant/médio pieds nécessite pour certains des efforts et une forte adaptation de nos habitudes de course, le risque est de déséquilibrer notre course / foulée de façon brutale et de se blesser. Cela doit se faire sur la durée et progressivement. Il faut néanmoins le conseiller à tout marathonien car le passage à une foulée naturelle permet d'augmenter sa performance et de réduire les risques de blessures en course. Même si les semelles des chaussures d'aujourd'hui offrent une bonne absorption des chocs même au niveau du talon.

II- Physiologie de l'exercice :

A- Adaptations ventilatoires

1. La respiration au repos :

Le système respiratoire et le système cardiovasculaire assurent l'apport d'oxygène à tous les tissus de l'organisme en même temps qu'ils permettent l'élimination du dioxyde de carbone.

On distingue pour cela quatre processus simultanés :

1. La ventilation pulmonaire, appelée communément « respiration » est un processus mécanique permettant la pénétration de l'air dans les poumons.
2. La diffusion alvéolo-capillaire qui correspond à l'échange des gaz entre les poumons et le sang.
3. Le transport des gaz respiratoires dans le sang.
4. Le passage des gaz du secteur capillaire vers le secteur tissulaire.

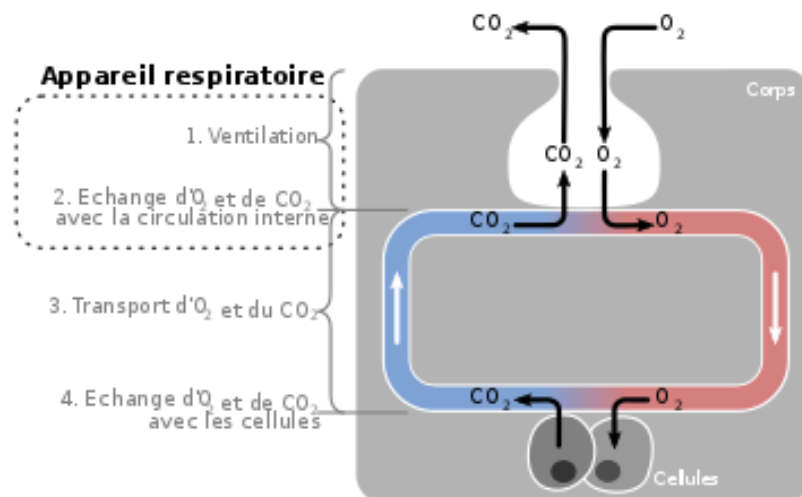


Figure 20 : schéma simplifié de la fonction respiratoire

L'inspiration est un phénomène actif faisant intervenir les muscles intercostaux externes et le diaphragme. Les côtes se soulèvent vers l'extérieur permettant d'augmenter le volume de la cage thoracique et donc le volume pulmonaire. La pression intra-pulmonaire devient inférieure à celle de l'air extérieur. Ce dernier pénètre alors dans les poumons afin de réduire cette différence de pression. Au repos les pressions requises sont assez faibles, l'inspiration s'accompagne d'une chute de la pression intra-pulmonaire de 3 mmHg, alors qu'au cours d'un exercice intense cette dernière peut diminuer de 80 à 100 mmHg.

L'expiration est au contraire un processus passif, résultant de la relaxation des muscles respiratoires. Les côtes et la cage thoracique retournent à leurs positions initiales ainsi que le volume pulmonaire ce qui permet de remonter la pression intra-pulmonaire forçant l'air à s'échapper des poumons.

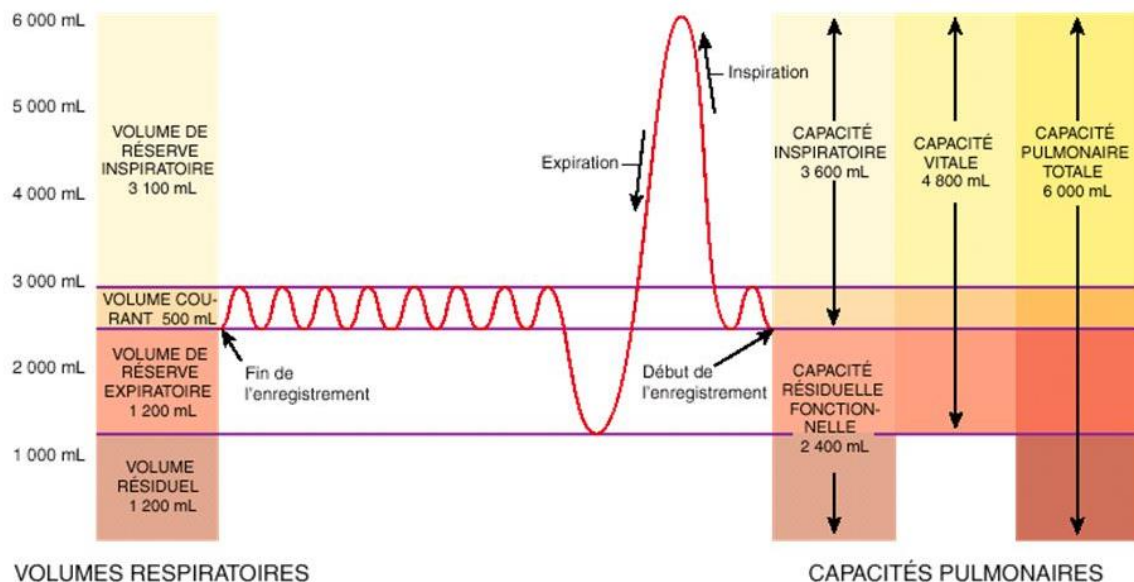


Figure 21 : les volumes pulmonaires

Cette figure nous présente les différents volumes pulmonaires. Ces volumes peuvent varier d'un individu à un autre, on les mesure grâce à un spiromètre.

Au repos la quantité d'air inspirée et expirée est matérialisée par le volume courant (500 mL environ). Lorsqu'un effort est fait pour inspirer davantage, il s'agit du volume de réserve inspiratoire (VRI). Il peut aller jusqu'à environ 3100 mL chez l'homme et 1900 mL chez la femme. On peut également réaliser un effort pour expirer plus d'air, c'est le volume de réserve expiratoire (VRE): environ 1200 mL chez l'homme et 700 mL chez la femme. On remarque cependant la présence d'un volume résiduel d'environ 1200 mL, celui-ci permet en fait de maintenir les alvéoles pulmonaires ouvertes même en cas de respiration forcée. (24)

La combinaison de ces volumes permet de définir des capacités respiratoires (partie droite de la figure 19).

2. Le système ventilatoire lors d'un effort :

Nous l'avons rapidement abordé lors de la partie sur le muscle squelettique. Lorsque nous entamons un effort musculaire, la consommation d'oxygène de nos muscles augmente. Le système respiratoire a donc un grand rôle à jouer lorsque nous pratiquons un sport. Il va être intéressant pour un sportif d'étudier certains paramètres respiratoires pendant leur effort. Ces derniers peuvent donner des renseignements sur les aptitudes de l'individu.

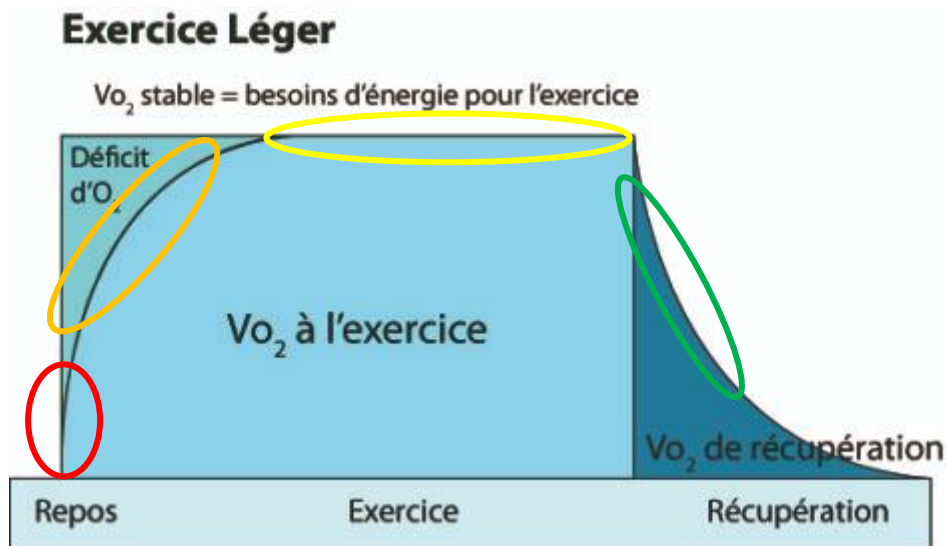


Figure 22 : évolution de la consommation d'oxygène au cours d'un exercice. VO_2 = volume d'oxygène consommé par les tissus

On distingue quatre phases successives lors de l'adaptation ventilatoire à l'exercice :

- 1- L'accrochage ventilatoire (en rouge sur la figure 20) : augmentation instantanée de la ventilation dès les premières secondes de l'effort.
- 2- L'installation/adaptation (en orange) : croissance progressive de la ventilation en lien avec l'activité métabolique. Cette phase peut atteindre des valeurs de Vo_2 plus élevées si l'exercice est intense.
- 3- L'état stable (en jaune) : atteint en quatre à cinq minutes généralement, c'est la phase d'ajustement qui va durer jusqu'à la fin de l'exercice.
- 4- Le décrochage ventilatoire (en vert) : chute brutale de la ventilation à l'arrêt de l'exercice, le délai pour que le niveau ventilatoire de repos soit atteint est fonction de l'intensité de l'exercice.

La mesure de la consommation maximale en oxygène ($VO_2 \text{ max}$) est un critère essentiel de performance chez le sportif car il donne une idée des capacités physiques de l'individu. La $VO_2 \text{ max}$ est la capacité maximale d'oxygène que l'organisme peut prélever, transporter et consommer par unité de temps. Elle est strictement individuelle, et s'obtient lorsque le sportif ne peut plus augmenter sa consommation d'oxygène malgré l'augmentation de l'intensité. La puissance ainsi développée correspond à la puissance maximale aérobie au-delà de laquelle les ressources énergétiques seront fournies par le système anaérobie, qui va rapidement limiter l'effort.

Pour calculer cette $VO_2 \text{ max}$ on peut conseiller le test de Cooper, c'est une méthode simple développée par le docteur Ken Cooper en 1968. Commencez par un échauffement puis effectuer le test. Ensuite avec ce calcul vous obtenez votre $VO_2 \text{ max}$.

(figure 23)

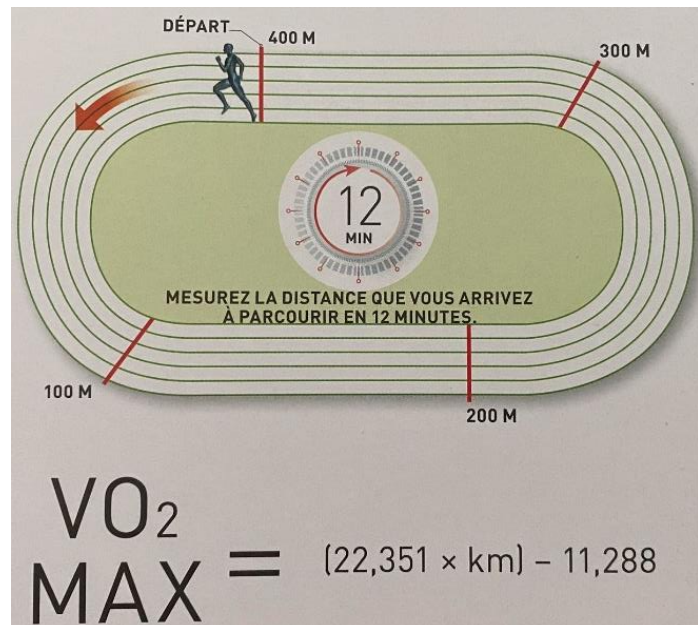


Figure 23 : méthode pour calculer la $VO_2 \text{ max}$

Ce test (il en existe d'autres) permet donc d'avoir une approximation de notre $VO_2 \text{ max}$, ce qui est un bon indicateur de notre forme physique. Quand on a pour ambition de faire un marathon l'entraînement est essentiel. Il joue un grand rôle dans l'amélioration de nos capacités ventilatoires et notamment de notre $VO_2 \text{ max}$. Chez un sujet à court de forme, avec un bon entraînement cette dernière peut augmenter de 25 à 35% en quelques mois voire semaines.

L'augmentation de la consommation en oxygène de nos tissus induit une augmentation de la quantité d'oxygène captée par nos poumons. Mais quand on regarde le sang artériel, on remarque que celui-ci n'est pas plus fourni en oxygène qu'en situation de repos. On se demande alors ce qu'il se passe au niveau cardiovasculaire pouvant expliquer un apport plus important d'oxygène aux muscles lors d'un exercice. C'est ce que nous allons voir maintenant.

B- Adaptations du système circulatoire :

Nous l'avons vu, les muscles, pour se contracter, ont besoin d'énergie. Pour cela le métabolisme oxydatif doit avoir suffisamment de carburant (sucres, graisses et protéines) et d'oxygène. Tous ces éléments sont apportés aux muscles par le sang. Durant un effort le rôle du système cardiovasculaire est, de ce fait, très important.

Le système cardiovasculaire comprend le cœur qui éjecte le sang dans les vaisseaux sanguins répartis en trois catégories :

- les artères par lesquelles le sang quitte le cœur,
- les veines qui ramènent le sang au cœur,
- les capillaires entre les deux qui sont des zones d'échanges entre le sang et les cellules.

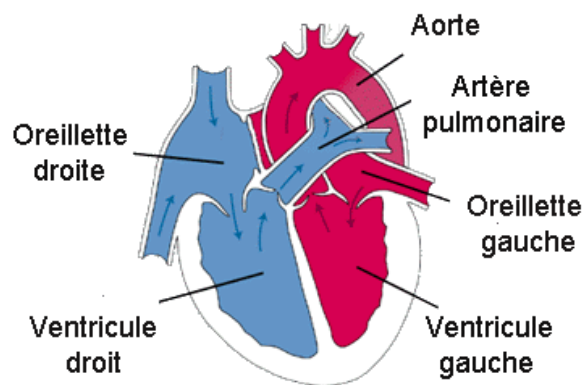


Figure 24 : le cœur les flux sanguins

Le cycle cardiaque (figure 25) se décompose en deux mouvements du myocarde : la contraction appelée systole au cours de laquelle le sang est éjecté, et la relaxation appelée diastole au cours de laquelle le cœur se remplit à nouveau. Le cœur se remplit en sang (diastole) au niveau des oreillettes. L'oreillette droite se remplit via les veines caves en sang riche en CO_2 (sang bleu), ensuite le sang bleu passe dans le ventricule droit et est éjecté (systole) au niveau des artères pulmonaires. Il va « échanger » le CO_2 qu'il contient avec de l'oxygène (O_2), ce sera le sang rouge sur les schémas. Ensuite ce sang rouge quitte les poumons et rejoint l'oreillette gauche au cours de la diastole, puis il passe dans le ventricule gauche et est éjecté via l'aorte en direction des tissus.

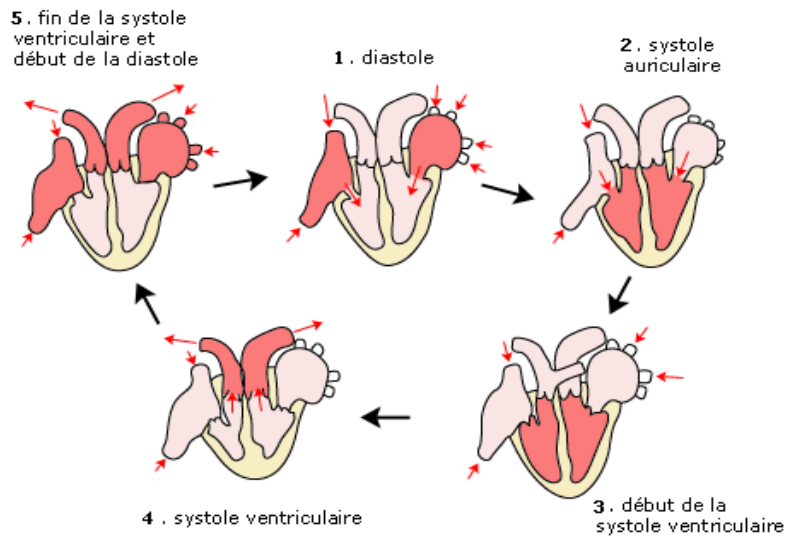


Figure 25 : le cycle cardiaque

Sur le schéma ci-dessous on retrouve le fonctionnement du système cardiovasculaire. La petite circulation pulmonaire permet les échanges entre le dioxyde de carbone et l'oxygène. Ensuite le sang riche en O₂ est amené aux tissus via les artères de la grande circulation ou circulation générale. Puis le cycle recommence.

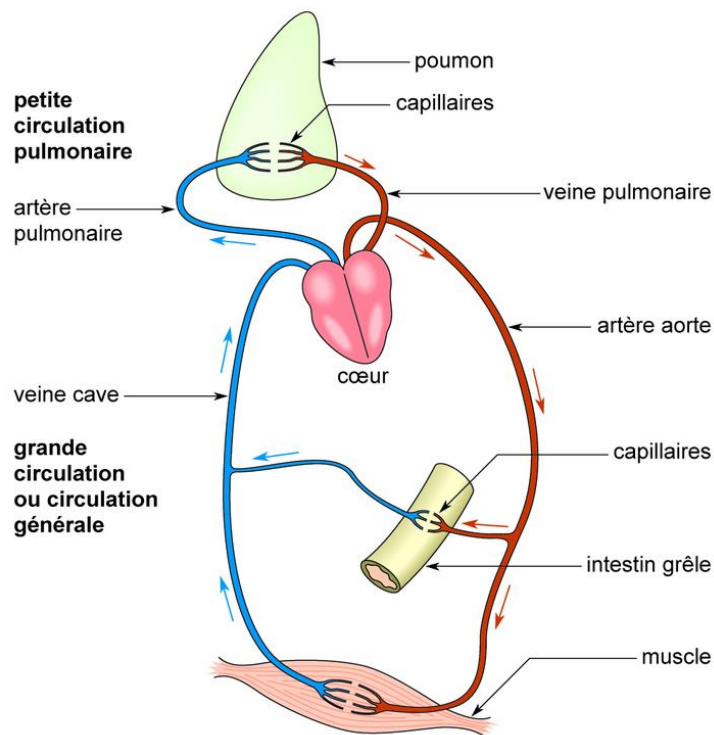


Figure 26 : le fonctionnement du système cardiovasculaire

Nous allons maintenant regarder ce qu'il se passe au cours d'un effort. En effet l'exercice physique nécessite une augmentation du débit sanguin au niveau des muscles. Pour ce faire le système cardiovasculaire va modifier quelques un de ses paramètres.

- **Modification du débit cardiaque :**

Le débit cardiaque correspond à la quantité de sang qu'éjecte chaque ventricule en une minute. Il est égal au produit du volume éjecté à chaque battement (VES ou volume d'éjection systolique) par la fréquence cardiaque (nombre de battements par minute).

La fréquence cardiaque augmente pendant l'effort : plus l'effort est important plus elle augmente. Néanmoins elle ne peut pas dépasser la fréquence cardiaque maximale, qui diffère entre chaque individu. Lors d'un exercice d'intensité modérée et constante la fréquence cardiaque augmente rapidement puis stagne en plateau. Ce plateau correspond à la fréquence cardiaque d'équilibre, c'est-à-dire le niveau optimal pour lequel la fréquence cardiaque satisfait exactement aux besoins de l'effort. (25)

Pour chaque augmentation du niveau d'intensité la fréquence cardiaque atteint un nouveau plateau en quelques minutes. Plus l'exercice sera intense, plus le délai de stabilisation sera long. Ainsi, la fréquence cardiaque d'équilibre constitue un bon indicateur de l'efficacité cardiaque. Une fréquence cardiaque plus faible pour un même niveau d'exercice reflète un cœur plus efficace.

Le volume d'éjection systolique (VES) augmente lui aussi au cours de l'effort. Un des phénomènes expliquant l'augmentation de ce volume est celui des pompes musculaires (figure 24). Ce phénomène induit une augmentation du volume sanguin retournant dans le ventricule. In fine c'est le VES qui augmente. C'est intéressant car on se rend compte que les muscles participent eux-mêmes à l'augmentation du flux d'oxygène (dont ils ont besoin au cours d'un effort). (25)

Quand on court un marathon la pompe musculaire est actionnée à chaque foulée au niveau des membres inférieurs notamment.

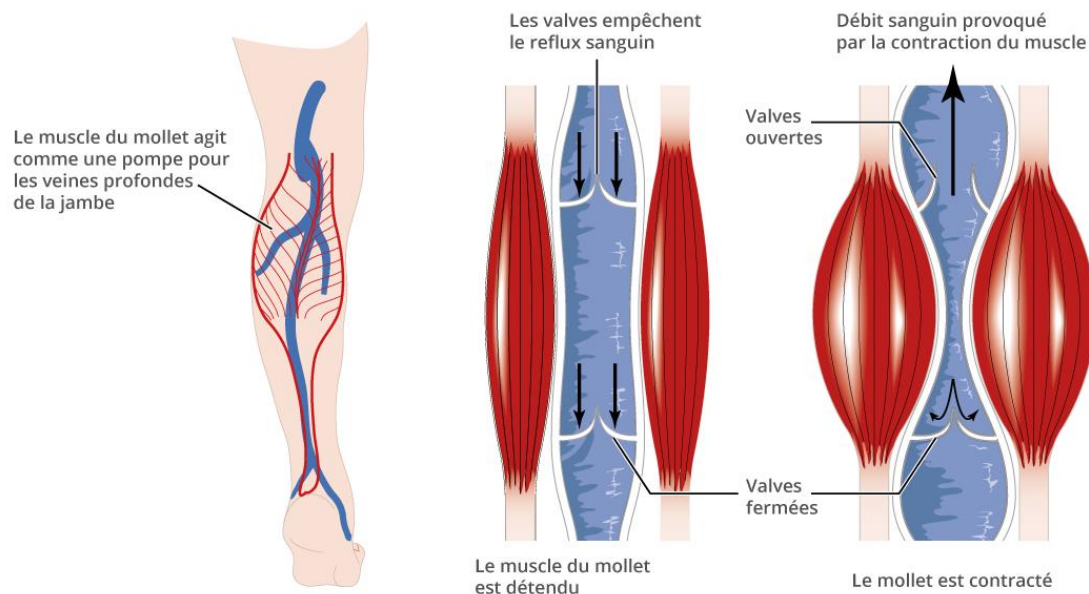


Figure 27 : illustration de la pompe musculaire au niveau du mollet

- La répartition du débit sanguin :

Au repos, seulement 15 à 20% du débit systémique est distribué vers les muscles, la majeure partie étant dirigée vers les viscères, le cœur et le cerveau. En revanche, au cours de l'exercice, une redistribution du débit sanguin s'effectue au profit des muscles actifs. Lors d'un exercice maximal, les muscles qui travaillent peuvent recevoir entre 80 et 85% du débit sanguin total. (26)

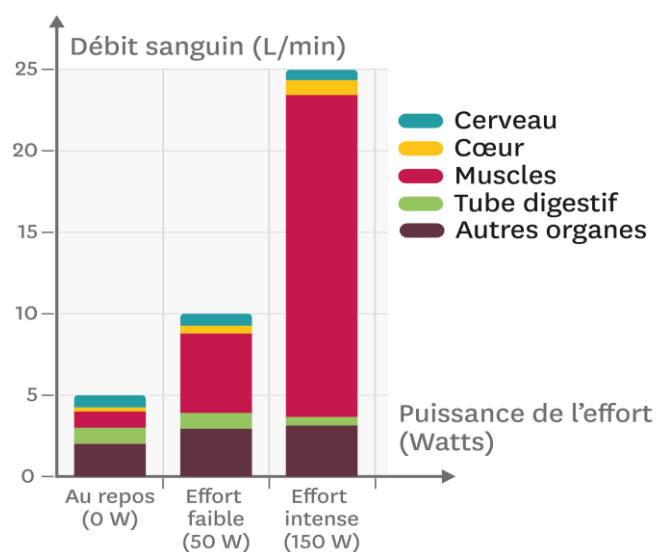


Figure 28 : répartition du volume sanguin en fonction de l'intensité de l'exercice

C- Thermorégulation

Notre organisme produit de l'énergie. Cette dernière est utilisée, en partie, pour assurer les fonctions physiologiques, le reste est converti en chaleur. Tous les tissus en activité produisent de la chaleur et il faut compenser cette production de chaleur par une perte vers l'extérieur. En condition normale (au repos) l'organisme maintient la température corporelle constante entre 36,5 et 37,5°C grâce (principalement) à la radiation. La radiation correspond à un échange de chaleur entre deux surfaces situées en face l'une de l'autre.

La température centrale peut dépasser 40°C au cours de l'exercice avec une température musculaire pouvant atteindre 42°C. Cette augmentation locale de température indique un stockage de chaleur qui n'a pu être évacué correctement. On distingue deux types de thermorécepteurs : centraux et périphériques. Ils permettent de renseigner le système nerveux central (siège du centre thermorégulateur). Les récepteurs périphériques sont répartis dans l'ensemble du corps mais tout particulièrement au niveau de la peau. Ils permettent d'enregistrer la température de celle-ci et sont sensibles aux variations de l'environnement. Les informations sont ensuite transmises au cerveau qui va mettre en place des réponses à l'exposition au chaud ou au froid (voir figure 26). Les récepteurs centraux permettent d'enregistrer la température du sang.

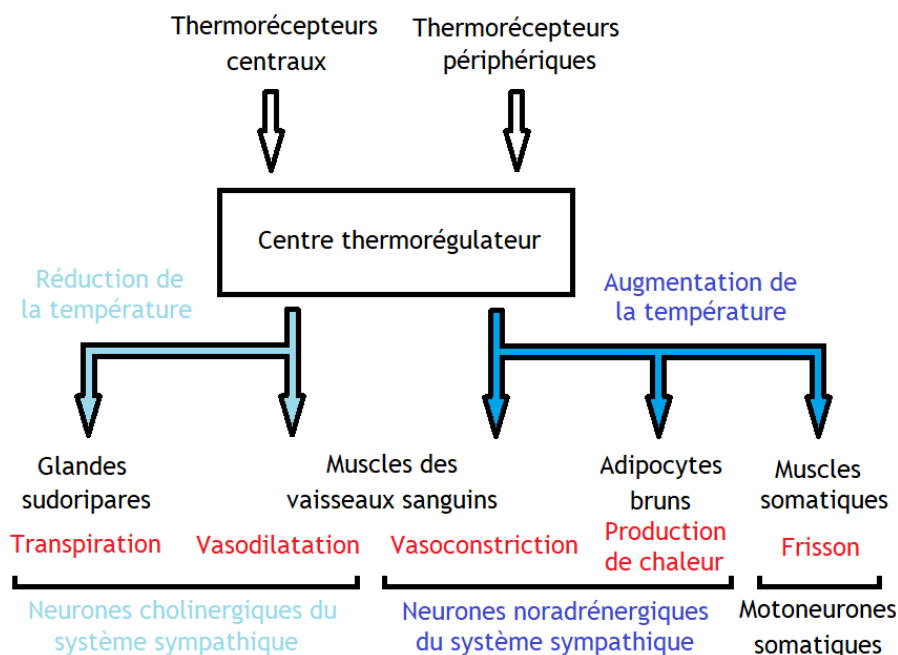


Figure 29 : les acteurs de la thermorégulation

Quand on effectue une activité physique la production de chaleur augmente brusquement entraînant un déséquilibre de la balance thermique. Plus l'exercice est intense et/ou prolongé, plus la production de chaleur est élevée. La température extérieure va également jouer sur la chaleur de notre organisme. En cas de fortes températures externes celui-ci aura plus de mal à se refroidir. Pour réduire la température nos glandes sudoripares reçoivent l'ordre d'activer la transpiration. Les vaisseaux sanguins se dilatent, notamment au niveau de la peau ou le débit augmente dans l'optique d'augmenter les échanges de chaleurs cutanés.

Lorsque la température extérieure est élevée les performances physiques sont plus faibles. La thermorégulation est en effet moins efficace et le corps ne peut pas fournir la même quantité d'énergie au niveau musculaire. (27)

Quand un sportif vient à l'officine il est important de lui rappeler de bien s'hydrater avant et pendant l'exercice. Il faut également éviter de courir aux moments de la journée où la chaleur est forte. La déshydratation réduit la capacité de l'organisme à assurer ses besoins métaboliques et les besoins de thermorégulation (risque d'hyperthermie).

D- Adaptations hormonales

Comme nous l'avons déjà abordé, les muscles, au cours d'un effort, ont des besoins énergétiques augmentés. Il faut un apport en substrats énergétiques importants.

- Augmentation des concentrations en glucose plasmatique.
- Augmentation de la glycolyse, de la lipolyse et de la néoglucogenèse.

1. *Insuline et glucagon :*

Au niveau endocrinien, et quand on connaît le rôle des hormones pancréatiques sur la glycémie : insuline et glucagon (voir figure 30). Il faut qu'il y ait une diminution de la concentration plasmatique d'insuline et une augmentation de celle de glucagon.

Glande endocrine	Hormone	Organes cibles	Principales fonctions
Pancréas	Insuline	- Foie - Muscle - TA	> Contrôle la glycémie en diminuant le niveau de glucose sanguin > Augmente l'utilisation du glucose et la synthèse des graisses
Pancréas	Glucagon	- Foie - Muscle - TA	> Augmente la glycémie > Accélère la dégradation des graisses et des protéines

Figure 30 : tableau récapitulatif sur l'insuline et le glucagon

Ainsi les muscles vont recevoir un sang plus riche en glucose. Ils auront donc une capacité de contraction augmentée.

Les deux graphiques ci-dessous (figure 31) nous permettent de constater qu'au cours d'un exercice physique prolongé, la concentration plasmatique en glucagon augmente tandis que celle en insuline diminue. On constate aussi la différence entre un individu entraîné et non entraîné avec des variations beaucoup moins fortes chez un individu entraîné. Cela signifie qu'un individu entraîné répond mieux aux sollicitations hormonales de l'insuline et du glucagon.

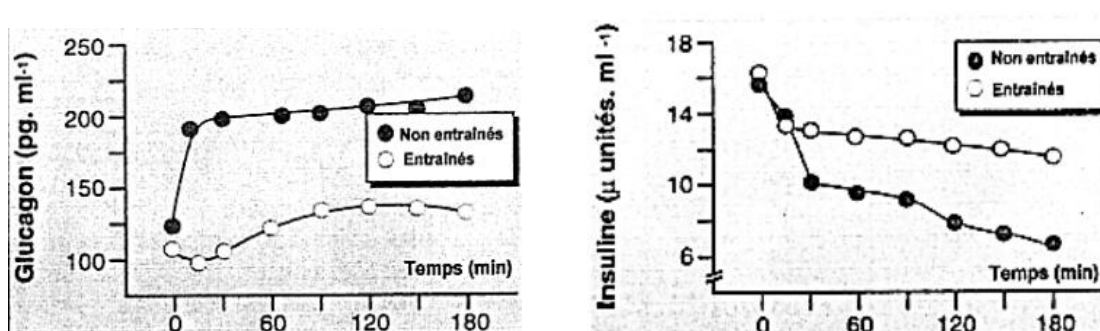


Figure 31 : concentrations plasmatiques du glucagon (à gauche) et de l'insuline (à droite) en fonction de la durée de l'exercice chez un individu entraîné et non entraîné

2. Le cortisol :

La néoglucogénèse est la formation de glucose à partir de précurseurs non glucidiques tels que le pyruvate, le lactate, le glycérol et la plupart des acides aminés. Afin d'augmenter la glycémie notre organisme peut également activer la néoglucogénèse. Pour ce faire le cortisol est une hormone qui contrôle le métabolisme des glucides en augmentant la néoglucogénèse. Mais le rôle du cortisol ne se limite pas à cela au cours d'un exercice. En effet il contrôle le métabolisme des lipides (induction de la lipolyse et libération d'acide gras) et des protéines. Il a également une activité anti-inflammatoire permettant de diminuer la douleur et retardant le seuil de fatigue.

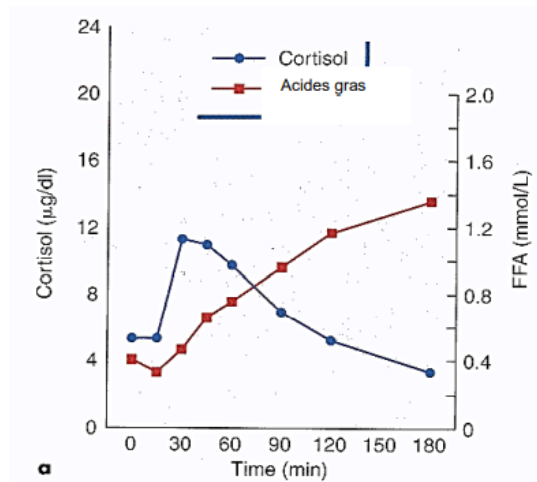


Figure 32 : évolution des concentrations plasmatiques d'acides gras et de cortisol en fonction de la durée de l'exercice

On voit qu'autour de 30 minutes d'efforts les taux sanguins de cortisol augmentent. On a ainsi une réponse hormonale à l'effort qui va induire une augmentation de la glycémie (via la néoglucogénèse), mais également une augmentation de la lipolyse. C'est ce qu'on voit sur le graphique avec une augmentation des taux sanguins des acides gras.

3. Les hormones hypophysaires :

L'hormone de croissance (ou GH pour growth hormone) joue un rôle important dans la sauvegarde du métabolisme au cours d'exercices qui se prolongent. Pendant l'effort cette hormone bloque l'action de l'insuline, l'objectif est de réserver le glucose indispensable au système nerveux. Au niveau musculaire elle va orienter le métabolisme vers l'utilisation des lipides. Elle joue également un rôle dans la récupération après l'effort puisqu'elle active la

réparation osseuse et induit la synthèse protéique entraînant l'augmentation de la masse musculaire.

4. Les hormones thyroïdiennes :

Au cours d'une activité physique la thyroxine et la triiodothyronine voient leurs concentrations sanguines augmentées. Elles ont plusieurs rôles :

- Elles augmentent la consommation d'oxygène au niveau des muscles ainsi que le catabolisme énergétique.
- Elles stimulent la lipolyse et donc augmentent la concentration plasmatique en acides gras.
- Elles régulent la température centrale et jouent donc un rôle dans la thermorégulation. Élément déjà abordé et indispensable au cours d'un effort physique et tout particulièrement dans un effort d'endurance.
- Elles entretiennent le fonctionnement cérébral.

5. Les hormones médullosurrénales : adrénaline et noradrénaline

On aura une augmentation des taux sanguins d'adrénaline et de noradrénaline si l'exercice a une intensité suffisante (entre 50 et 75% de la VO₂max). (28)

Ces hormones ont un rôle dans l'adaptation du système cardiorespiratoire au cours de l'effort. Nous avons déjà abordé ces adaptations. En effet l'adrénaline et la noradrénaline permettent :

- Une augmentation du niveau d'activité cardiaque.
- Une augmentation de l'absorption d'oxygène au niveau pulmonaire.
- Une augmentation du débit sanguin au niveau du muscle par vasodilatation locale et vasoconstriction au niveau des viscères.
- Une augmentation du retour veineux en baissant les résistances vasculaires systémiques.
- Une stimulation de la glycolyse (augmentation du taux de glucose sanguin).
- Une stimulation de la lipolyse.

6. Hormones de régulation de l'équilibre électrolytique :

L'activité physique et sportive augmente les pertes hydriques consécutives à l'échauffement du corps humain lors du mouvement. La transpiration et la sudation sont le reflet visible de cette perte supplémentaire en eau. Il importe donc au sportif non seulement d'assurer un bon équilibre hydrique habituel, mais de supplémenter son apport en eau en fonction des pratiques. (29)

Certaines hormones vont aider l'organisme à limiter ces pertes hydriques. On retrouve l'aldostérone, qui lors d'un effort physique prolongé voit sa concentration plasmatique augmenter. Cela va entraîner une augmentation des résistances périphériques et de la pression artérielle. Au niveau rénale on aura ainsi une réabsorption de l'eau et du sodium.

Une autre hormone jouant un rôle dans la régulation électrolytique est l'hormone antidiurétique (ou ADH), qui permet également une réabsorption du sodium et de l'eau au niveau du rein. Elle induit également une excrétion de potassium.

7. Les endorphines ou catécholamines :

Augmentation des concentrations plasmatiques lors d'activités de type aérobie supérieures à 45 minutes. Elles auront des effets variés : euphorisants, anxiolytiques, antalgiques, anti-fatigue. Et seront ainsi à l'origine des phénomènes de dépendance au sport. (30)

8. Bilan des adaptations endocriniennes :

La figure 33 résume les principales modifications engendrées par les augmentations (ou diminutions) des concentrations plasmatiques de certaines hormones. Il est inspiré du cours sur la physiologie de l'exercice du professeur Casanova (faculté de Pharmacie de Marseille, 2020).

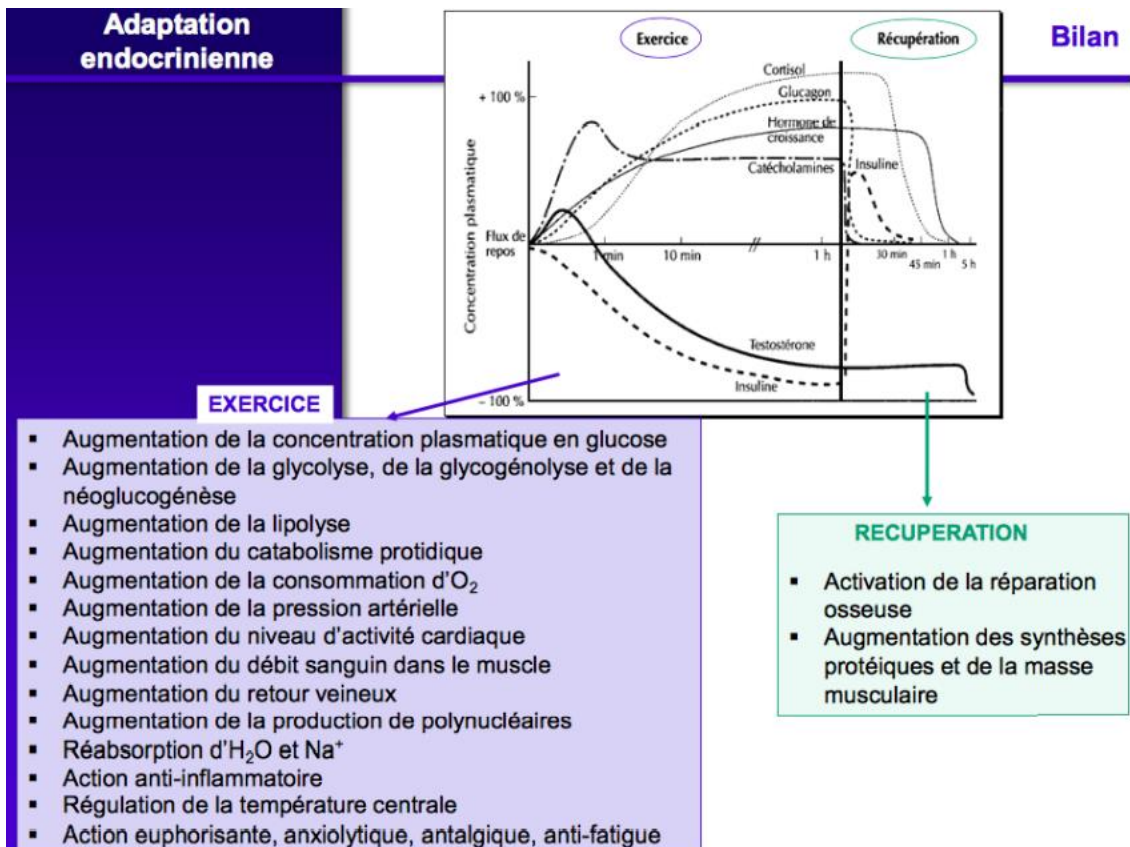


Figure 33 : bilan des adaptations endocriniennes lors d'une activité physique prolongée

E- Adaptation digestive :

Au cours d'un exercice d'endurance les sportifs rencontrent fréquemment des troubles digestifs. Nous l'avons vu, lors d'un effort prolongé ou à haute intensité, le système cardiovasculaire va privilégier un envoi du sang vers les muscles (et vers les territoires cutanés également). Au niveau digestif, on a à l'inverse une vasoconstriction ce qui amène à une ischémie mésentérique. (31)

Par rapport au débit de repos le débit sanguin au niveau digestif diminue d'environ 40 à 80% pendant l'effort. Ce pourcentage va dépendre de l'intensité de l'effort.

Ces phénomènes sanguins peuvent induire une modification de la motricité digestive. Ce qui dans certains cas pourra provoquer des douleurs digestives. De plus la perméabilité intestinale va augmenter. Cela pourra avoir des conséquences sur les efforts de longue durée comme au cours d'un marathon.

La détérioration de la barrière intestinale, via ce phénomène de perméabilité, permet le passage d'antigènes bactériens ou alimentaires dans la circulation générale, ce qui peut provoquer une réponse inflammatoire et donc des désordres intestinaux. Le contact entre la circulation systémique et certains antigènes alimentaires peut aussi entraîner des réactions d'anaphylaxies d'effort potentiellement graves, on parle alors d'anaphylaxie alimentaire induite par l'effort (AAIE). (32)

Ces troubles vont différer d'un individu à un autre. Les individus jeunes et les femmes ont plus de risque d'avoir des troubles digestifs pendant un exercice physique. Il faudra également surveiller de près les patients qui ont des antécédents de problèmes digestifs ou qui souffrent d'une atteinte telle que la colopathie, la maladie de Crohn, etc.

Le « coup de chaleur » ou hyperthermie d'effort est un phénomène connu du sportif et il est en partie lié à ce qui se passe au niveau digestif durant notre effort. Comme nous l'avons vu dans la partie sur la thermorégulation, en milieu chaud se produit une vasodilatation cutanée pour lutter contre la chaleur, ce nouvel état vasculaire va augmenter considérablement l'ischémie digestive ce qui entraîne une augmentation de la perméabilité intestinale, à l'origine d'un état inflammatoire participant à l'exagération de la réponse physiologique à la chaleur. C'est le « coup de chaleur ».

Le volume d'entraînement a en revanche, un impact positif sur la survenue de troubles digestifs. L'entraînement physique aérobique augmente l'activité vagale et diminue l'activité sympathique ce qui permet de retarder la survenue de symptômes digestifs. Néanmoins si l'effort est long et sur beaucoup de kilomètres ces troubles finiront par apparaître. L'alimentation et l'entraînement aérobique jouent un rôle important dans la prévention de ces troubles.

F- Fatigue et récupération

1. La fatigue :

Certains paramètres jouent un rôle limitant sur notre effort physique. Il existe en effet cinq facteurs principaux qui vont nous limiter physiquement :

- le débit cardiaque : notre fréquence cardiaque maximale va être un facteur limitant de notre effort, en effet si mon voisin a une fréquence cardiaque maximale supérieure à la mienne il aura nécessairement un avantage sur moi lors de certains efforts.
- Les capacités respiratoires (VO₂max).
- L'épuisement des réserves en glucose puis en glycogène.
- L'acidose métabolique via l'accumulation d'acide lactique.
- Et enfin les capacités de thermorégulation et de régulation de la balance électrolytique.

Ces éléments peuvent varier d'un individu à un autre. Et nous le verrons par la suite l'entraînement aura un rôle important dans ces variations.

La fatigue se définit comme l'incapacité à maintenir un travail musculaire à une intensité donnée. Elle disparaît avec l'arrêt de l'exercice et après une période de repos, plus ou moins longue en fonction de l'intensité et de la durée de l'effort. On distingue la fatigue périphérique (qui est liée aux efforts courts et intenses et à des altérations au niveau musculaire) et la fatigue centrale (liée aux efforts longs et dont l'origine est au niveau cérébral).

Lors d'efforts très courts et très intenses, la fatigue périphérique ressentie est due à un épuisement des stocks d'ATP issus du système anaérobie alactique. On a ainsi une accumulation d'ADP, de Pi (phosphate inorganique) et d'ions H⁺ au niveau des fibres musculaires, le muscle ne peut plus répondre aux stimuli nerveux.

Lors d'un effort intense et un peu plus long, c'est l'acidose métabolique (lié au système anaérobie lactique) qui va expliquer la fatigue périphérique ressentie.

Lorsque l'effort est prolongé la diminution des réserves musculaires entraîne une fatigue musculaires importante, pendant le marathon on parlera du « mur du marathon », qu'on a déjà abordé dans ce travail.

Lorsque le glucose commence à diminuer au niveau du système nerveux central, on parlera d'hypoglycémie cérébrale, les transmissions nerveuses jusqu'aux muscles seront diminuées. On parlera alors de fatigue centrale.

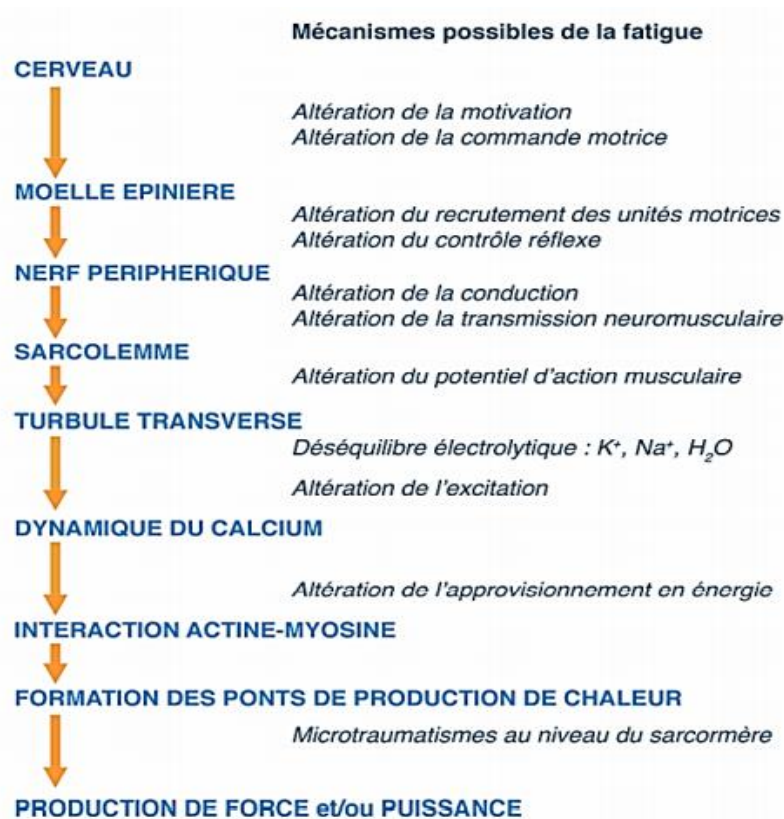


Figure 34 : les différents niveaux pouvant être responsables de la fatigue

Tous ces mécanismes à l'origine de la fatigue qu'elle soit centrale ou périphérique, ont pour conséquence une diminution de la production de force (puissance) au niveau musculaire.

2. La récupération :

Selon l'institut de recherche du bien-être de la médecine et du sport, la récupération se définit comme l'ensemble des processus mis en œuvre permettant au sportif de retrouver l'intégrité de ses moyens physiques. La récupération est le temps nécessaire après une performance pour que l'organisme retrouve un état compatible avec la reproduction d'une performance égale.

Au cours de la phase de récupération, bien que l'on note une diminution du VO₂, il reste supérieur au VO₂ de repos pendant un certain temps. Il y a donc un surplus d'oxygène qui est consommé durant cette phase, c'est ce qu'on appelle la dette d'oxygène ou l'excès de consommation d'oxygène post-exercice (EPOC). Le rythme cardiaque va également rester élevé tant que cette dette n'est pas « remboursée ».

En récupération la courbe se décompose en deux pentes. L'une rapide au cours de laquelle la VO₂ diminue rapidement (quelques minutes), qui correspond à la resynthèse musculaire de phosphocréatine et d'ATP ainsi qu'à la restauration des quantités d'O₂ musculaire et sanguine. Puis une phase lente, qui en fonction de l'intensité de l'exercice, peut perdurer jusqu'à 24 heures et correspond à la récupération de l'homéostasie (lactatémie, température corporelle, etc...). Plus l'exercice est intense plus le déficit d'oxygène pendant l'exercice est important. De même plus l'exercice aura été intense plus la dette d'oxygène sera grande.

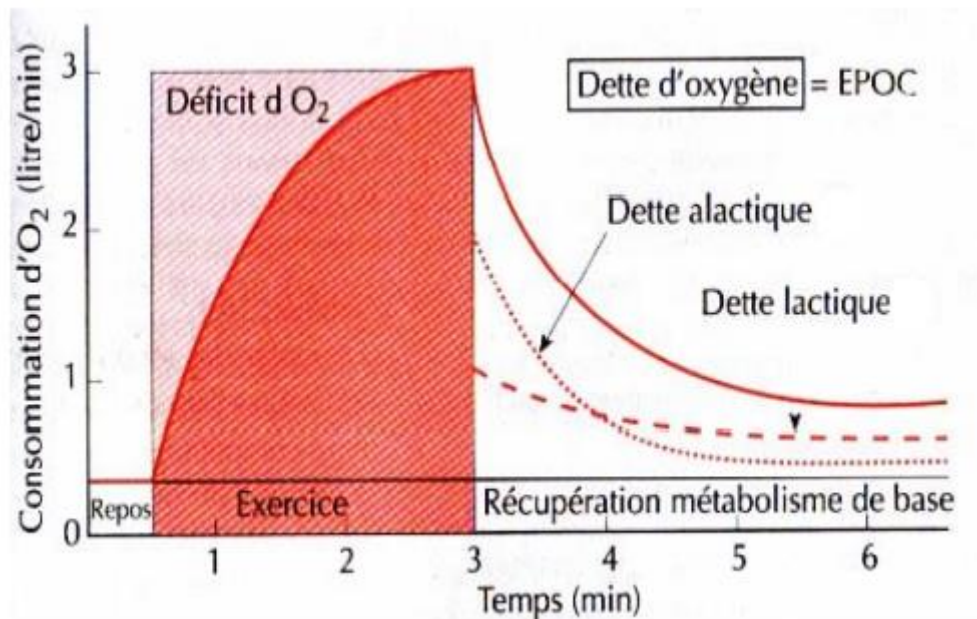


Figure 35 : consommation d'O₂ avant, pendant et après un exercice

Sur la figure 35, on distingue la dette alactique et la dette lactique. Ce sont en fait deux composantes de la dette globale en oxygène (EPOC). La composante alactique correspondra à la quantité d'oxygène consommé lors d'un effort modéré sans formation d'acide lactique. La composante lactique correspondra elle, à la quantité d'oxygène nécessaire pour restaurer les mécanismes mis en jeux par la filière anaérobie lactique.

Prenons l'exemple de 3 types d'exercices :

- Le premier nécessite un effort très intense et bref (sprint par exemple), pour récupérer de cet effort nos muscles doivent resynthétiser de la créatine phosphate, ce qui prend quelques minutes. Nos muscles utilisent quasi exclusivement un métabolisme anaérobie alactique dans ce type d'effort. La dette en oxygène est donc faible et le rythme cardiaque va diminuer rapidement. Le temps de récupération est de quelques minutes.
- Lors d'un exercice d'intensité élevée, maintenue pendant une durée moyenne. Exercices, dits « de résistance » comme le 800 mètres par exemple, qui épuisent les réserves en glycogène et favorisent l'accumulation de lactate dans le sang. Notre organisme devra restaurer les réserves de glycogène et éliminer le lactate présent. Durée de récupération de une à 72 heures suivant le degré d'usure des réserves.

- Prenons maintenant un exercice nécessitant un effort modéré et de longue durée comme le marathon. Pendant cet effort notre organisme et nos muscles vont utiliser la voie aérobie et la voie anaérobie lactique. Au moment de la récupération et avant le prochain effort du même type, il faudra restaurer les réserves en glucose, glycogène, acides gras, protéines utilisées lors de l'exercice. A la fin de l'exercice notre corps aura une dette importante et le rythme cardiaque va mettre plus de temps à retomber. La récupération sera donc beaucoup plus longue. Les apports nutritionnels post exercice auront un impact sur la durée de cette récupération comme nous le verrons plus tard.

On remarque que le temps de récupération sera notamment dépendant du type de filières énergétiques utilisé. Les réserves de certains substrats sont plus longues à renouveler ce qui explique un temps de récupération différent en fonction de l'exercice.

Substrats	Temps pour reconstituer les réserves
Phosphagènes (ATP +PC)	2 à 5 minutes
Glycogène	24 à 48h
AGL	1h à 3jours si exercices répétés
Protéines	Plusieurs jours

Figure 36 : temps de récupération pour chaque substrat

Lors de la phase de récupération l'organisme est capable de restaurer ses capacités physiologiques au-delà de leur niveau de départ. On parlera de phénomène de surcompensation. Dit autrement la surcompensation correspond à une amélioration des capacités de l'organisme en réponse à une sollicitation. La figure 37 permet de mieux appréhender ce phénomène et ainsi de comprendre l'intérêt de l'entraînement et donc d'une bonne récupération.

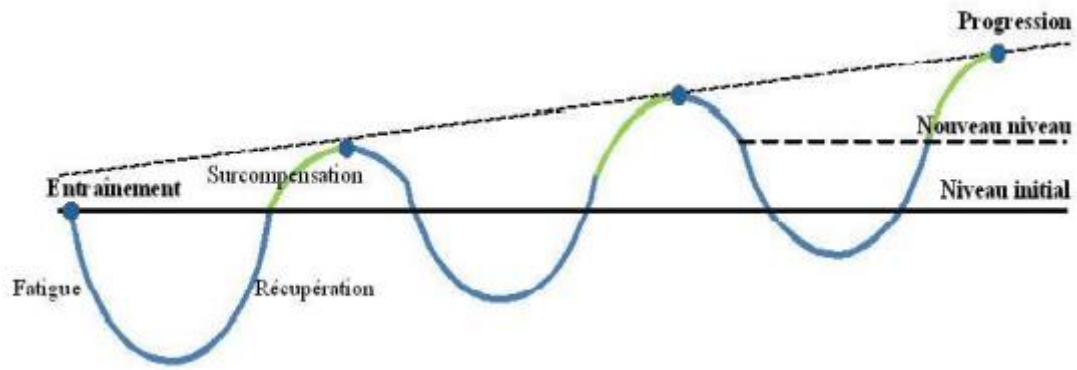


Figure 37 : schéma du principe de surcompensation

On comprend en effet l'intérêt d'effectuer de bons entraînements via le phénomène de surcompensation. Mais comment expliquer cette progression. Nous allons explorer dans la prochaine partie les effets de l'entraînement en endurance sur certains paramètres physiologiques qui pourront expliquer cela.

III- Effets de l'entraînement en endurance sur les paramètres physiologiques de l'exercice :

A- Au niveau énergétique

Nous avons déjà abordé certains intérêts de l'entraînement, et notamment de l'entraînement d'endurance en aérobie pour le marathon et la course de fond en général. Ces entraînements ont également des effets sur le métabolisme, avec des adaptations qui ont toutes comme objectif de développer la capacité de l'organisme à pouvoir maintenir plus longtemps la même intensité au cours d'un exercice.

1. Augmentation des substrats énergétiques :

Chez les sujets entraînés en endurance les stocks de glycogène musculaire sont généralement plus grands que chez les individus non entraînés. (33)

L'entraînement aérobie augmente les stocks en glycogène musculaire, mais il permet également d'améliorer le transport du glucose au niveau des muscles. L'entraînement en endurance induit en effet une augmentation du nombre de transporteurs GLUT4 et cela tout particulièrement au niveau des muscles entraînés. Ce qui va aboutir à un meilleur transport intracellulaire du glucose. (34) Un autre effet de l'entraînement est qu'au cours de la récupération la reconstitution des réserves en glycogène est plus rapide et se fera à un niveau plus élevé qu'avant l'effort car l'activité de la glycogène synthétase (l'enzyme permettant de stocker le glucose sous forme de glycogène) est également augmentée par l'entraînement, on parle alors de surcompensation glycogénique. (35)

2. Augmentation de capacité oxydative :

L'entraînement aérobie augmente le nombre, la taille et l'efficacité des mitochondries par augmentation de la quantité d'enzymes oxydatives (71). Ceci permet d'augmenter la capacité oxydative de 60 à 200%. Cette augmentation est l'adaptation métabolique la plus importante de ce type d'entraînement. Elle est observée dans les types de fibres recrutées lors de l'entraînement. Si l'entraînement est modéré, l'effet sera donc surtout observé dans les fibres de type I. Par contre lors d'entraînements en endurance suffisamment intenses, tous les types de fibres seront concernés par l'adaptation. (36)

3. Effets de l'entraînement sur la consommation des substrats énergétiques :

Ces effets vont être prédominants sur l'utilisation des lipides. Ces derniers représentent, comme nous l'avons vu, un énorme réservoir énergétique. Bien plus grand que le réservoir glycogénique. Quand on va s'entraîner en endurance, on va développer ses capacités oxydatives (aérobies) et on va ainsi augmenter l'utilisation des lipides aussi bien à l'exercice qu'au repos au cours de la phase de récupération.

Un effort physique s'accompagne généralement d'une diminution des concentrations plasmatiques d'insuline, d'une augmentation des catécholamines (Adrénaline/Noradrénaline) et du cortisol ce qui a pour effet de favoriser la lipolyse. (35)

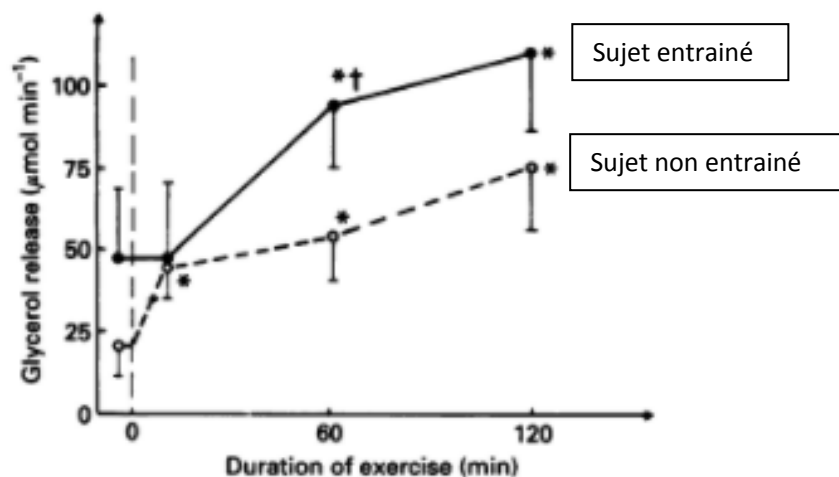


Figure 38 : concentration du glycérol plasmatique en fonction de la durée de l'exercice (Kiens, 1993)

Le glycérol est naturellement présent dans notre organisme. C'est une source d'énergie. Il participe à l'élaboration des corps gras. Quand le corps a besoin de puiser de l'énergie dans les graisses stockées, il libère le glycérol qui passe dans le sang. Sur la figure 29, on remarque que la concentration de glycérol d'un sujet entraîné est 30% supérieure à celle d'un sujet non entraîné pour le même exercice. (37)

L'entraînement permet donc d'augmenter le mécanisme oxydatif. Mais cela se joue également à d'autre niveau, toujours dans cette étude de Kiens (1993) on remarque que la captation des acides gras par les cellules musculaires peut doubler d'un individu non entraîné à un individu entraîné (voir figure 30). Les muscles vont recevoir plus d'acides gras et vont également les oxyder plus facilement.

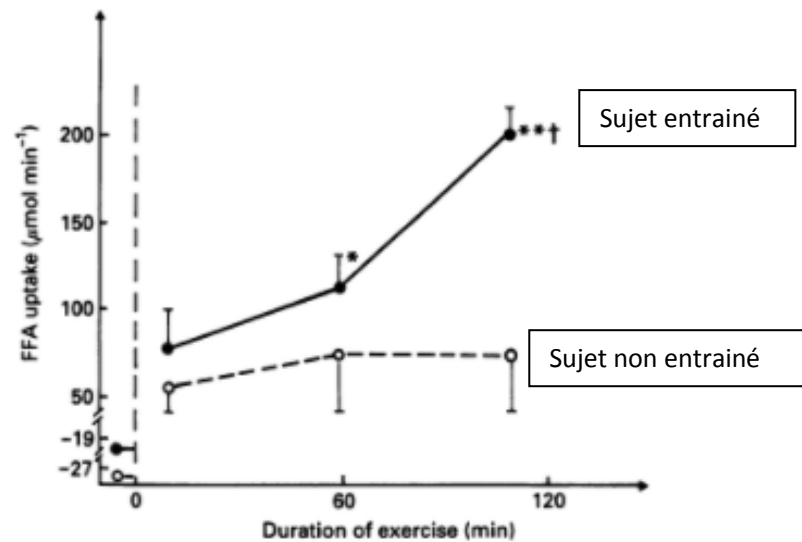


Figure 39 : évolution de l'absorption des acides gras au cours d'un exercice (Kiens, 1993)

Il y aura également des effets sur la consommation des glucides. En effet l'utilisation plus importante des lipides par l'entraînement permet de diminuer l'utilisation des glucides. Quand on regarde la figure 31, on voit que l'absorption de glucose est bien moins élevée chez le sujet entraîné comparativement au sujet non entraîné. On peut donc conclure que l'utilisation du glucose plasmatique est plus faible chez les sujets entraînés pendant l'exercice de haute intensité, même lorsque l'exercice est effectué à la même intensité que chez les sujets non entraînés. Cela permet de retarder l'épuisement des stocks de glycogène, on augmente ainsi la performance et on retarde la fatigue musculaire lors d'un exercice prolongé comme le marathon.

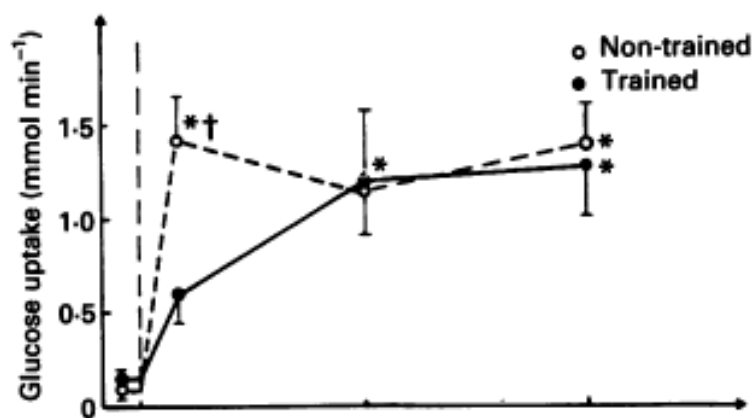


Figure 40 : absorption du glucose plasmatique par les muscles en fonction de la durée de l'effort (Kiens, 1993)

4. Conséquences sur l'acide lactique :

Toutes les modifications métaboliques induites par l'entraînement vont avoir un effet sur la production et l'utilisation de l'acide lactique.

La diminution de sa production s'explique par l'augmentation de la capacité oxydative (dont nous venons de parler) qui permet :

- Une moindre utilisation du glucose.
- Une oxydation complète du glucose (moins d'acide pyruvique réduit en acide lactique).

De plus l'acide lactique va être utilisé en plus grande quantité (ce qui réduit sa concentration intramusculaire) chez le sujet entraîné. En effet l'entraînement induit une augmentation de l'expression de certains gènes, codant pour des protéines qui jouent un rôle dans l'utilisation du lactate.

Il en résulte l'observation faite sur la figure 32.

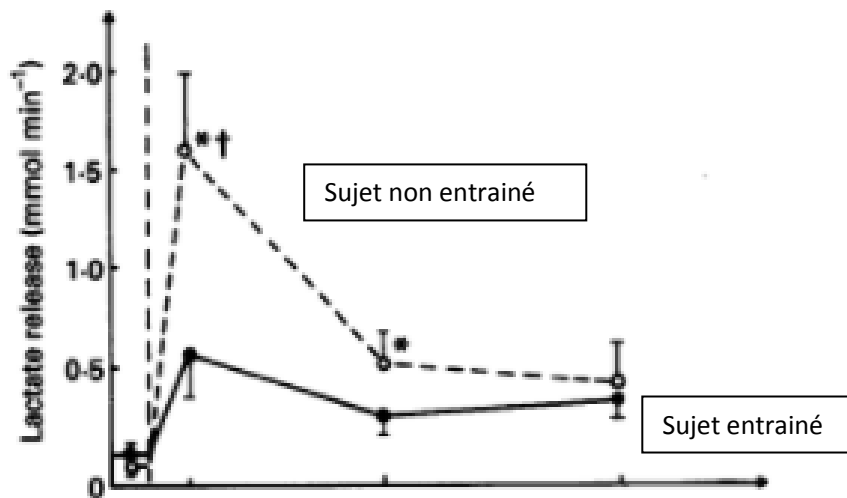


Figure 41 : concentration en acide lactique en fonction de la durée de l'exercice.

B- Au niveau musculaire :

Les muscles possèdent de grandes capacités d'adaptation, on parle d'ailleurs de « plasticité musculaire » qui correspond à la capacité d'un muscle à modifier sa structure en fonction du type d'effort effectué. Ces adaptations font suite à différents types de sollicitations dont l'entraînement physique. Une stimulation répétée induit des modifications de la structure mais également de la composition moléculaire. Ces changements s'expliquent par une modification de la synthèse des différentes protéines musculaires, mais elles ne concernent que les fibres entraînées, ce qui explique que l'intensité et la durée de l'exercice jouent un rôle prépondérant.

L'adaptation sera différente en fonction du type d'entraînement (force/résistance ou plutôt endurance), si mon objectif est de courir un marathon, je dois favoriser les entraînements d'endurance, avec une intensité modérée. Cela aura pour conséquence une adaptation musculaire vers des fibres de type I. L'entraînement et la préparation est donc essentielle lorsque l'on est coureur de fond comme nous le verrons plus tard dans cette thèse.

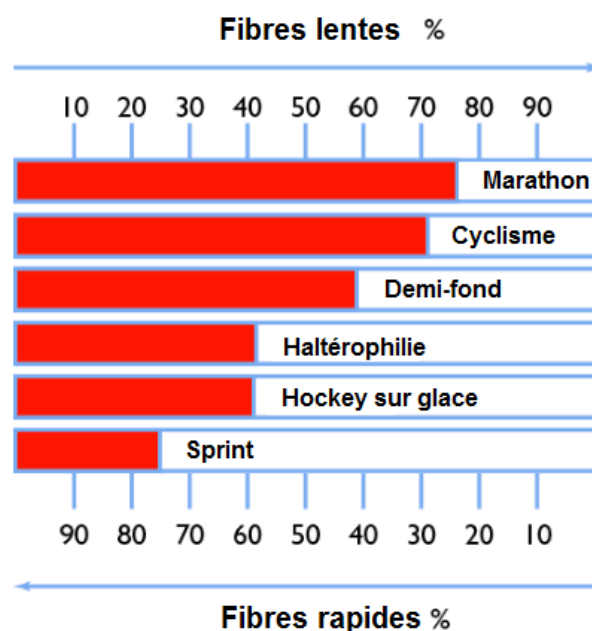


Figure 42 : proportions des différents types de fibres musculaires en fonction du sport pratiqué

C- Au niveau cardiaque et ventilatoire :

Chez le sportif, le cœur s'adapte à l'effort et, sur le long terme, à la pratique du sport choisi. Avec la pratique régulière, le muscle cardiaque se développe (la taille du cœur augmente), ses contractions sont plus puissantes et il utilise l'énergie plus efficacement. Ces adaptations ont deux conséquences.

Au repos, la fréquence cardiaque diminue : elle est de 50 à 60 battements par minute, voire même en dessous de 40 battements par minute pour quelques cyclistes ou marathoniens de très haut niveau.

À l'effort, le débit sanguin maximal augmente beaucoup plus que chez une personne de moins bon niveau, permettant des performances nettement supérieures. À fréquences cardiaques maximales proches, le cœur d'un sportif de haut niveau va pomper beaucoup plus de sang : jusqu'à 36 litres par minute contre 22 litres par minute pour une personne peu entraînée. Ce débit élevé permet un travail musculaire plus intense. Et ce sont principalement les entraînements d'endurance (en aérobie) qui améliorent ces paramètres. (26)

Avec un entraînement régulier, les muscles s'enrichissent en capillaires, à la fois parce que les muscles se développent mais aussi parce que de nombreux capillaires inutilisés sont mobilisés pour améliorer les capacités d'irrigation.

Ces nouveaux vaisseaux augmentent le volume total de l'appareil circulatoire. En conséquence, le corps doit compenser ce plus grand volume par une augmentation du volume du sang qui les remplit. Chez le sportif de haut niveau, le volume sanguin peut augmenter d'un à deux litres juste avec ce phénomène !

Enfin, la réserve de myoglobine présente dans les fibres musculaires, utilisée au début de l'exercice (qui permet de fournir l'oxygène aux cellules musculaires avant que le système cardio-vasculaire ne prenne le relais) est augmentée de 75 à 80 % par l'entraînement en endurance. (25)

On remarque également que, chez un sportif entraîné, le sang qui retourne au cœur est plus pauvre en oxygène que celui d'un sujet non entraîné, cela reflète une meilleure extraction de l'oxygène au niveau des tissus. Cela s'explique par une augmentation des capacités oxydatives des fibres musculaires à force d'entraînements en aérobie.

PARTIE 3 : Le marathon en pratique

Dans cette partie nous allons aborder les éléments gravitant autour du marathon. L'objectif est ici de détailler les éléments importants à connaître sur la préparation, la gestion de sa course et la récupération.

I- La préparation de son marathon :

A- Quelques prérequis :

1. *Visite médicale et test à l'effort :*

Avant de mettre au point son plan d'entraînement il faut effectuer deux tâches importantes. La première, fondamentale est d'aller consulter un médecin généraliste. En effet il faut, en tant que pharmacien, rappeler cette importance aux patients qui entreprennent de faire un marathon. Il s'agit de vérifier si l'individu est apte à relever un tel défi. Le médecin prescrira généralement un électrocardiogramme avant de délivrer un certificat médical de non contre-indication à la pratique de la course à pied en compétition. Certificat qui sera obligatoirement demandé aux coureurs lors de l'inscription à l'épreuve.

Le médecin peut également vous demander de réaliser une épreuve d'effort. Le test de Ruffier-Dickson par exemple permet d'évaluer le degré d'adaptation d'un patient en bonne santé à l'activité physique. Pour ce faire, on mesure le pouls du patient avant et après (juste après et 1 minute après la fin de l'exercice) un effort sous-maximal (30 flexions en 45 secondes par exemple). Pour comprendre ce test donnons deux exemples :

- Pour mon premier patient le pouls mesuré 1 minute après l'arrêt de l'effort est quasiment le même que celui mesuré après l'arrêt de l'effort. Le patient présente donc de faibles capacités d'adaptation à l'effort et de récupération.
- Mon deuxième patient a lui un pouls à la récupération proche de celui qu'il avait avant l'effort. Ses capacités d'adaptation et de récupérations sont très bonnes.

On considéra que le premier patient devra s'entraîner plus longtemps (il a un « retard » à rattraper) s'il veut fournir le même résultat le jour de la course que mon second patient. Ce genre de tests peut nous donner une idée de nos capacités physiques tout comme les tests permettant de calculer sa VO₂max et sa fréquence cardiaque maximale. Ce sont des informations qu'il faut connaître avant de se lancer dans son programme d'entraînement.

2. L'équipement :

Après avoir vu le médecin et obtenu son certificat médical, il faut se tourner vers les magasins. En effet l'équipement pour le marathon doit être choisi avec grand soin. Les chaussures sont bien évidemment le point plus important de votre équipement. Comme je l'avais abordé dans la partie sur la foulée, certains magasins spécialisés vous aideront à trouver chaussures à votre pied. Acheter les dernières chaussures du recordman du marathon n'est pas forcément nécessaire. Il faut choisir des chaussures dans lesquelles vous vous sentez bien, assez légères et adaptées à votre foulée.

Pour qu'elles jouent son rôle de protection, elles doivent couvrir toutes les surfaces susceptibles d'être blessées. Les matériaux utilisés dans la fabrication doivent être souples et non occlusifs afin de favoriser l'évacuation de la transpiration. La semelle doit offrir une traction suffisante et son drop doit dépendre de la façon dont le patient pose son pied au sol pendant sa foulée. Elle doit être antidérapante, d'une épaisseur suffisante pour protéger la plante du pied des irrégularités du sol et amortir les chocs, tout en étant suffisamment flexible pour permettre le déroulement complet du pied à la course. Le revêtement interne doit être lisse, sans aspérité et sans couture pour ne pas favoriser les irritations.

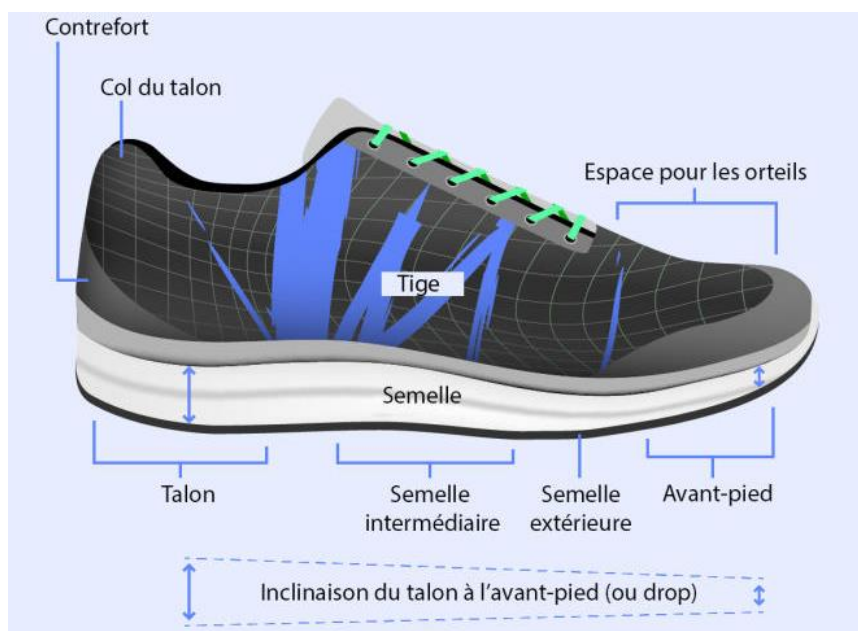


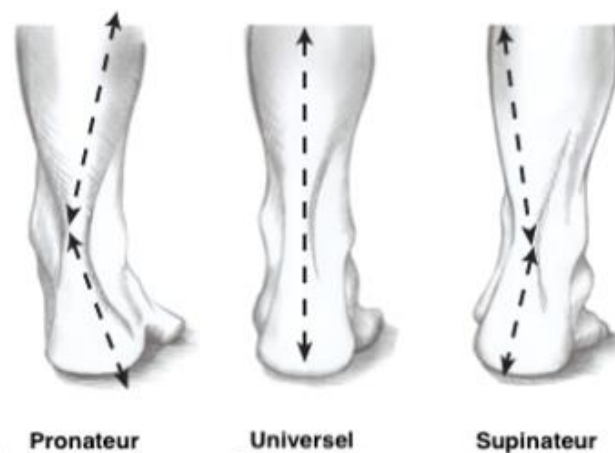
Figure 43 : anatomie d'une chaussure de running

L'idéal est d'en acheter deux paires identiques, d'alterner les deux paires pendant vos entraînements de façon à courir votre marathon avec des chaussures déjà faites à votre pied.

Lorsque l'on court le pied et la cheville se placent selon deux schémas :

- Le premier est appelé pronation, on ouvre le pied pour lui permettre de s'adapter à la surface du sol,
- Le second, ou supination, referme le pied et permet la stabilisation et la propulsion.

Mais chez certaines personnes on aura une accentuation anormale de l'un de ces mouvements, accentuation qui aura tendance à s'amplifier avec la fatigue au fil des



kilomètres.

Figure 44 : les différents types de pieds

Il existe des chaussures adaptées à ces individus pronateurs ou supinateurs. Pour orienter dans le choix de ses chaussures il faut regarder les marques d'usures de notre paire actuelle. On le voit sur la figure 45, où le supinateur est appelé sous-pronateur. Il est d'ailleurs primordial d'identifier cela, ainsi que son type de foulée. En effet les chaussures de course vendues dans le commerce tiennent compte de ces spécificités. Choisir un modèle non adapté est dangereux et peut entraîner des blessures chez le sportif.

On peut également les orienter vers un podologue afin qu'ils portent des semelles orthopédiques. Ces semelles ont pour mission de rééquilibrer le mouvement afin de rétablir le mouvement naturel.

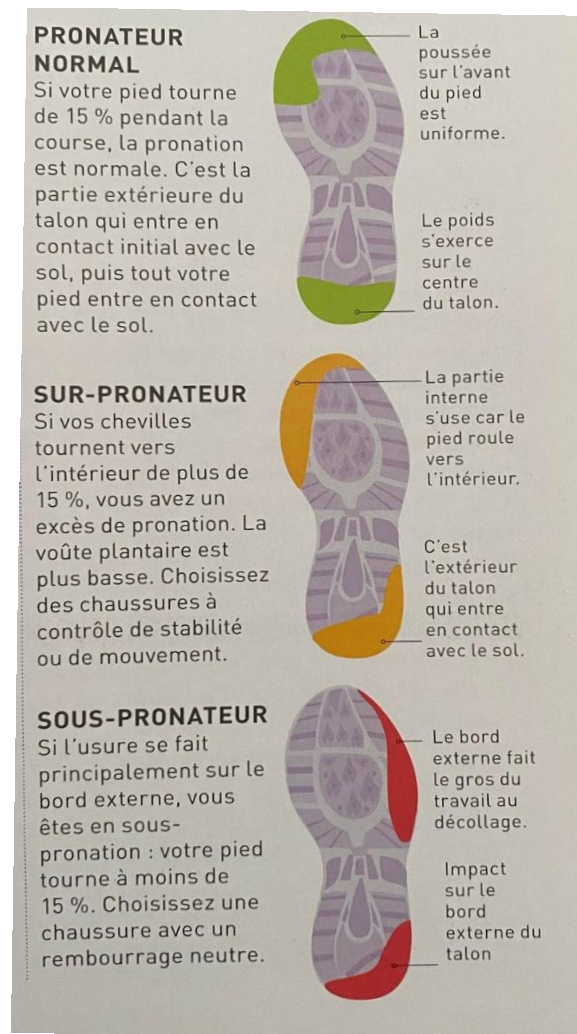


Figure 45 : usures de la chaussure en fonction du type de pieds (38)

Au niveau du reste des équipements on peut se contenter des vêtements utilisés habituellement. Cependant, les vêtements de running faits de matières synthétiques et respirantes seront plus confortables.

Il faut aussi les prévoir en fonction des conditions climatiques. Courir l'hiver et dans le froid est généralement difficile, et cela peut entamer notre motivation, voire perturber notre planning d'entraînement. Les équipements sont ici très importants. Une fois que la sensation de froid est installée, difficile de s'en débarrasser et la sortie running hivernale peut devenir désagréable. Le froid diminue l'afflux sanguin dans les extrémités pour privilégier les parties « plus importantes » du corps. Ce sont donc les extrémités qui vont être touchées en premières par le froid. Opter pour des gants et des chaussettes spécialisées (éviter le coton qui favorise les ampoules).

Pour la tête il y a également de solutions simples telles que le tour de cou, le bonnet ou le bandeau. Pour le reste du corps augmenter simplement le nombre de couches en fonction de la température. Trois couches sont généralement suffisantes même en cas de grand froid car on a deux zones d'isolement entre le corps et l'extérieur. Ces zones agissent un peu comme dans un double vitrage (l'air qui y est stocké est le meilleur isolant qui soit).

Attention la première couche doit être près du corps, la seconde servira à se réchauffer (matière adaptée) et la troisième dépendra aussi des conditions extérieures (coupe-vent et/ou déperlante), mais toujours dans un matériau « respirant » pour que notre corps continue ses échanges gazeux avec le milieu ambiant.

Certaines personnes peuvent s'irriter à force de faire des mouvements répétés qui induisent du frottement. Il faut penser à ce cas de figure, repérer pendant les entraînements les zones facilement irritables et y appliquer un corps gras (vaseline par exemple) ou un pansement pour prévenir ces irritations. Il existe d'ailleurs des crèmes dites « anti-frottements » que l'on peut trouver en pharmacie ou dans certains magasins spécialisés.



Figure 46 : Akiléine Sport : crème anti-frottement de la marque Nok, disponible en pharmacie

Composée notamment d'un corps gras, comme ici le beurre de karité, ces crèmes sont à appliquer en massage sur les zones à protéger. Cela assouplit et renforce la peau. En cas de frottements intenses, comme lors d'un marathon, appliquer une seconde couche sans masser.

Parlons maintenant de la compression élastique. Le principe de la compression repose sur l'application d'une pression externe (représentée par le port du vêtement de compression) engendrant des pressions intramusculaires, qui par effet mécanique, vont stimuler le retour veineux. (39) (40)

Sur le haut du corps ces vêtements de compression (t-shirt moulant) vont exercer une compression permettant un meilleur maintien des muscles du tronc. Sur le bas du corps les chaussettes de compression augmentent donc la performance par l'amélioration du retour veineux.

Depuis de nombreuses années maintenant, la technologie a fait son apparition dans le milieu sportif, et a permis l'amélioration des performances, du confort et la prophylaxie des blessures. Nous l'avons vu avec les chaussures, avec des vêtements techniques et respirants, mais aussi avec la compression. Il existe également des montres GPS, qui permettent de gérer son allure facilement et qui peuvent même être équipée d'un cardiofréquencemètre. Il faut également s'équiper d'une ceinture dans laquelle on peut ranger une gourde et de quoi s'alimenter. Cela peut permettre de pallier un manque d'énergie ou une déshydratation. Et c'est d'autant plus vrai lors des entraînements, car il n'y a pas de ravitaillement contrairement à la compétition.

B- L'entraînement :

Nous l'avons vu, l'entraînement a un effet sur beaucoup d'aspects physiologiques. Il permet d'améliorer nos performances et nos capacités physiques. Quand on souhaite faire un marathon il faut passer par une longue préparation comprenant des prérequis que nous venons d'aborder, mais également un entraînement physique et une alimentation adaptée. Avant de parler de l'alimentation, attardons nous sur l'entraînement physique. Celui-ci est nécessaire et il faut le planifier dans les semaines / mois précédant le marathon. Chaque entraînement devra être individualisé. En effet, nous sommes tous différents et il faut avant tout écouter notre corps. Individualiser son entraînement permettra de s'améliorer sans bruler les étapes et risquer des douleurs ou des blessures.

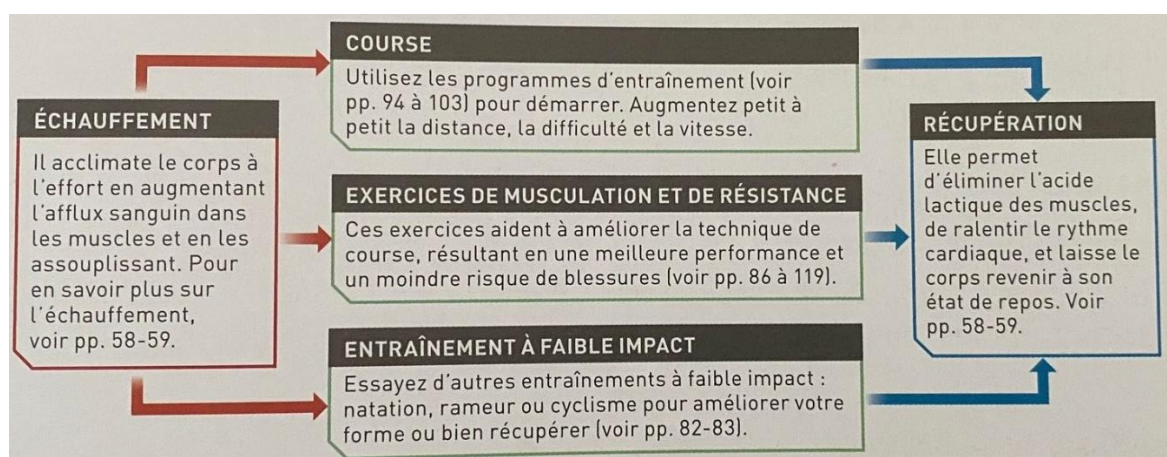


Figure 47 : composantes d'une séance d'entraînement (38)

1. Améliorer sa pratique :

Avant de parler des différents types d'entraînement et des programmes à suivre avant le marathon, parlons de l'échauffement et de l'étirement.

L'échauffement est largement reconnu dans le milieu sportif comme une étape préalable indispensable à une séance d'entraînement ou une compétition. Cependant, il l'est beaucoup moins dans la pratique autonome hors des clubs sportifs. Pourtant il demeure un élément essentiel dans le succès de notre préparation.

D'un point de vue physiologique, l'échauffement :

- Permet une augmentation de la température corporelle jusqu'à la rendre optimale pour des réactions physiologiques efficaces ;
- Prépare le système cardio-pulmonaire à l'effort ;
- Et enfin, sollicite les caractéristiques mécaniques de différentes structures aussi bien musculaires, tendineuses qu'articulaires.

L'élévation de température des muscles et l'augmentation de la lubrification articulaire garantissent la prévention des accidents musculaires (en diminuant les frottements intramusculaires le système musculo-tendineux devient plus étirable). Un échauffement se scinde classiquement en deux parties. Dans le cadre de la course à pied on commence par des exercices dynamiques comme des sauts, des courses, etc... à intensité faible. Cela permettra de solliciter de nombreux groupes musculaires. Ensuite on passe à une sollicitation plus spécifique, avec des exercices mettant l'accent sur les muscles des jambes : marche sur les talons, sur les orteils, montée de genoux, talons-fesses, etc...

Les étirements quant à eux peuvent être faits avant l'effort mais également après. Mais attention, juste avant ou après l'effort les étirements statiques sont déconseillés car ils induiraient une perte de force. Il faut favoriser les étirements dynamiques au cours de l'échauffement et dans la phase de récupération. Les étirements statiques doivent être pratiqués à distance d'une activité physique car ils permettent d'entretenir la souplesse de l'athlète, et auront à terme un effet bénéfique sur la performance. Les étirements dynamiques permettent eux de chauffer certains muscles / tendons et d'éviter l'apparition de douleurs à ces niveaux.

A la fin de chaque séance d'entraînement il faut prendre quelques minutes pour revenir à son état de repos. L'idéal est de réduire progressivement le rythme une fois la séance terminée jusqu'à marcher et enfin s'arrêter. On parlera de « retour au calme ». Ce retour au calme peut être suivi d'étirements modérés, destinés à apaiser les muscles après l'effort.

Il faut une bonne récupération entre chaque séance d'entraînement. Il est d'ailleurs essentiel de prendre en compte les temps de récupération quand on monte son programme d'entraînements. Le risque majeur est d'atteindre le surentraînement. Les effets négatifs du surentraînement sont connus : fatigue, mauvaise qualité de sommeil, baisse de la motivation, chute du niveau de performance, augmentation du risque de blessures et immunodépression. Le sportif surentraîné serait en effet davantage touché par les infections ou les maladies, principalement après une compétition. (41)

Alors respecter la progressivité dans le volume de ses entraînements et respecter les temps de récupération est indispensable. Il est conseillé de suivre un plan équilibré en cohérence avec son niveau de départ et l'objectif fixé. Il devra respecter l'alternance entre phases de travail plus ou moins intenses et récupération, on divise d'ailleurs l'entraînement en cycle :

- Des microcycles chaque semaine,
- Des mésocycles sur 4 à 8 semaines,
- Et des macrocycles sur 6 à 12 mois.

Entre chaque cycle la récupération est primordiale et il faut le rappeler aux coureurs lorsqu'ils se présentent.

2. Les programmes d'entraînements :

Il n'est pas facile de confectionner soit même un programme d'entraînement. Le plus simple est d'aller en chercher un sur internet ou auprès d'un professionnel. Le professionnel aura l'avantage de personnalisé le programme à votre niveau et à votre objectif. C'est ce que je recommanderais en premier lieu.

Néanmoins on peut trouver seul des programmes d'entraînement adaptés à notre niveau. Il existe plusieurs programmes types, sur en moyenne 10 semaines, où figurent différents types d'entraînement avec une augmentation de l'intensité au fil des semaines : fractionné, footing, côtes, sortie longue, compétition préparatoire, etc... Le nombre de séances par

semaine, l'intensité des exercices, le nombre de semaines, etc... varient en fonction du niveau de base du coureur et de son objectif de temps.

Tout d'abord sur certains sites officiels de marathon, comme celui du marathon de Paris, on trouve des programmes différents en fonction des objectifs de temps.

Nous avons élaboré des plans d'entraînement adaptés à chaque objectif et des guides pour vous aider tout au long de votre préparation.

De quoi potasser lors des longues soirées hivernales !

LES PLANS D'ENTRAÎNEMENTS

Télécharger le plan d'entraînement suivant votre objectif :

OBJECTIF 3H00 ▶

OBJECTIF 3H15 ▶

OBJECTIF 3H30 ▶

OBJECTIF 3H45 ▶

OBJECTIF 4H00 ▶

OBJECTIF 4H15 ▶

OBJECTIF 4H30 ▶

VOUS VOUS APPRÊTEZ À COURIR VOTRE PREMIER MARATHON ?

Retrouvez [ici](#) toutes les informations pour vous accompagner dans votre préparation !

LES PLANS D'ENTRAÎNEMENT "MON 1ER MARATHON"

Ces plans d'entraînements en 12 ou 16 semaines vont vous permettre de varier vos séances pour vous aider à progresser et vous faire plaisir !

TON PLAN D'ENTRAÎNEMENT "MON 1ER MARATHON" EN 12 SEMAINES ▶

TON PLAN D'ENTRAÎNEMENT "MON 1ER MARATHON" EN 16 SEMAINES ▶

Figure 48 : captures d'écran du site officiel du marathon de Paris

Cela permet de trouver son plan d'entraînement. Si je suis novice et sans expérience dans le domaine de la course à pied je pourrais même me tourner vers un plan d'entraînement spécial, intitulé « mon premier marathon » sur le site. Si je suis déjà un adepte de la course à pied je pourrais sélectionner un des autres programmes liés aux objectifs de temps, en fonction de mon niveau. (42)

Le nombre de sites proposant des guides et des programmes d'entraînement est très élevé. Des sites comme ceux des marathons, des sites d'associations sportives, des blogs faits par des marathoniens expérimentés (ou moins expérimentés) comme « running addict » ou encore des livres comme « le guide la course à pied » de Gérard TAËS. L'information gravite autour de nous, lorsqu'un patient se présente à l'officine il faut savoir l'orienter vers ces différents guides.

Prenons maintenant en exemple un de ces programmes. J'ai choisi le programme « objectif 4H00 » sur le site du marathon de Paris (figures 47 et 48). Ce choix permet d'observer le programme d'un coureur lambda mais qui a un niveau correct puisque le temps moyen sur

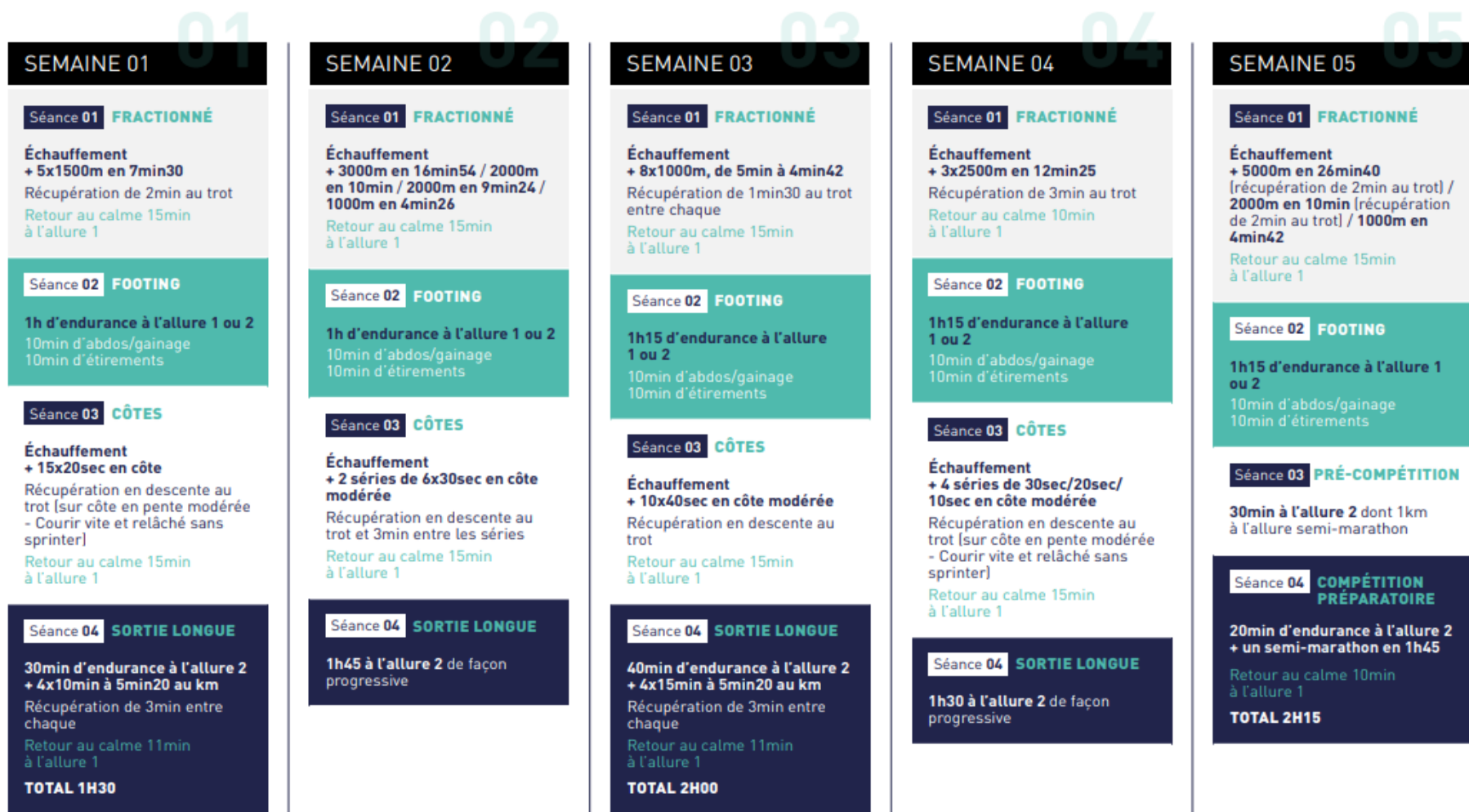
un marathon en compétition est de 4h22. C'est cette catégorie d'individu qui est la plus susceptible de venir chercher des conseils à la pharmacie.

Ce programme compte 4 entraînements par semaine sur une durée de 10 semaines. Avec chaque semaine un microcycle composé d'une séance de fractionnés, d'une séance de footing à allure modérée, d'une séance avec travail de côtes et d'une séance plus longue. On y trouve également des exercices de renforcement musculaire et de gainage. Nous détaillerons ces différents types d'entraînement par la suite.

A la cinquième semaine la sortie plus longue est remplacée par une séance dite de « compétition préparatoire ». Sur d'autres sites elle est appelée séance de simulation. Cette simulation en condition de course ne passe pas forcément par des séances de 42 km. L'idée est de voir comment notre corps va réagir au rythme imposé le jour J. Avant la simulation, prendre des repas identiques à ceux prévus avant le marathon permet de voir ce qui se passera le jour J au niveau intestinal et digestif. Porter également la tenue que vous avez prévu pour vérifier si on est à notre aise et s'il n'y a pas de souci. Reproduire les conditions de la course permet de s'y préparer mentalement et d'identifier certains problèmes évitables.

Olivier GAILLARD, l'entraîneur qui a établi ce plan de préparation conseille également de profiter de certaines sorties longues pour tester les ravitaillements que nous avons prévus le jour J. Cela permet de voir la réaction de notre organisme face à ces produits. C'est très important car certains produits peuvent ne pas très bien passer au niveau gastrique et provoquer des douleurs d'estomac ou pire. En effet, lors des Jeux Olympiques de Rio en 2016, Yohann Diniz, alors engagé sur le 50 kilomètres marche, a été victime de problèmes gastriques allant jusqu'à la diarrhée.

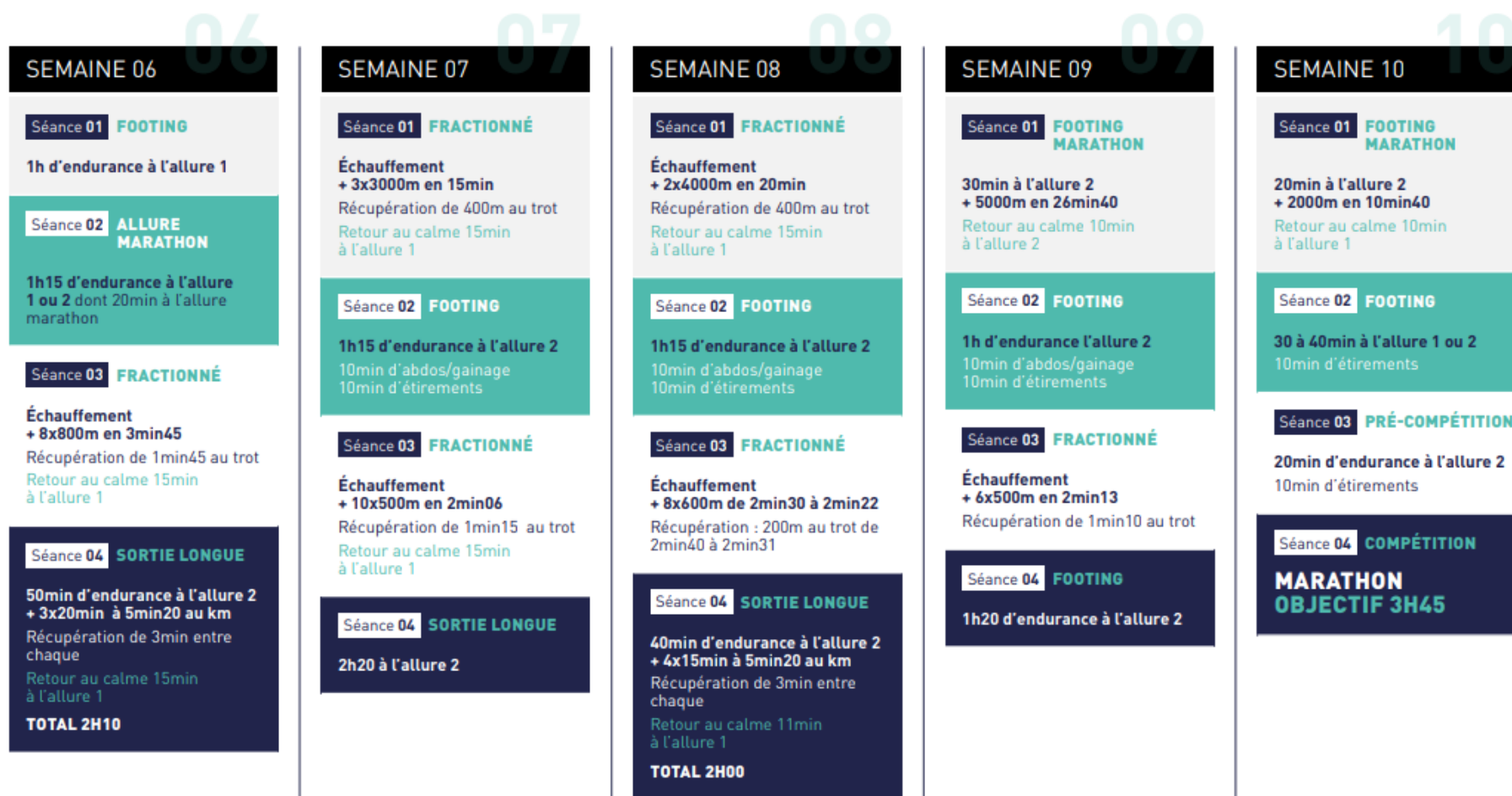
Courir à jeun permet également d'apprendre aux muscles à fonctionner avec des réserves glucidiques amoindries, situation qui peut arriver pendant le marathon comme le rappelle Olivier GAILLARD. Entre chaque séance il faut axer le travail sur la récupération : retour au calme, étirements, alimentation adaptée, repos musculaire et sommeil.



Allures endurance > Allure 1 : 7min16 à 6min10 au km / Allure 2 : 6min10 à 5min20 au km

_01

Figure 49 : programme d'entraînement "objectif 4h00" pour le marathon de Paris 1/2



LE CONSEIL DU COACH

Profite de certaines sorties longues pour tester les ravitaillements et la tenue que tu utiliseras le jour de la course. Et fais quelques footings à jeun pour mieux habituer ton corps à fonctionner avec des réserves glucidiques amoindries. Attention toutefois à courir à faible intensité et en évitant de trop dépasser 1h de course.



Figure 50 : programme d'entrainement "objectif 4h00" pour le marathon de Paris 2/2

3. Les différents types d'entraînements :

Comme nous venons de le voir dans l'exemple d'un plan d'entraînement pour le marathon, il y a différents exercices que nous alternons afin de progresser et d'être prêt le jour du marathon. Ces exercices permettent d'améliorer nos performances et ils sont présents dans tous les guides sur le marathon. Nous allons les expliquer brièvement.

a. Le fractionné :

Le fractionné est une méthode de course qui consiste en une répétition de cycles de travail, à intervalles réguliers, intercalant trois phases :

- phase d'accélération
- phase de récupération
- reprise de la course

Le tout selon un timing et une vitesse bien précis. Le fractionné permet de progresser autant sur le plan cardiovasculaire que sur celui de la technique de course. Les séances rapides renforcent la qualité de l'appui et le gainage, et leur enchaînement après un temps de récupération permet d'améliorer le système cardiovasculaire. Différents types de séances de fractionné existent avec des intensités, des nombres de répétition et des temps d'effort différents. Les temps de récupération entre chaque effort varient aussi selon les séances, mais sont toujours faits de manière active, en trottinant.

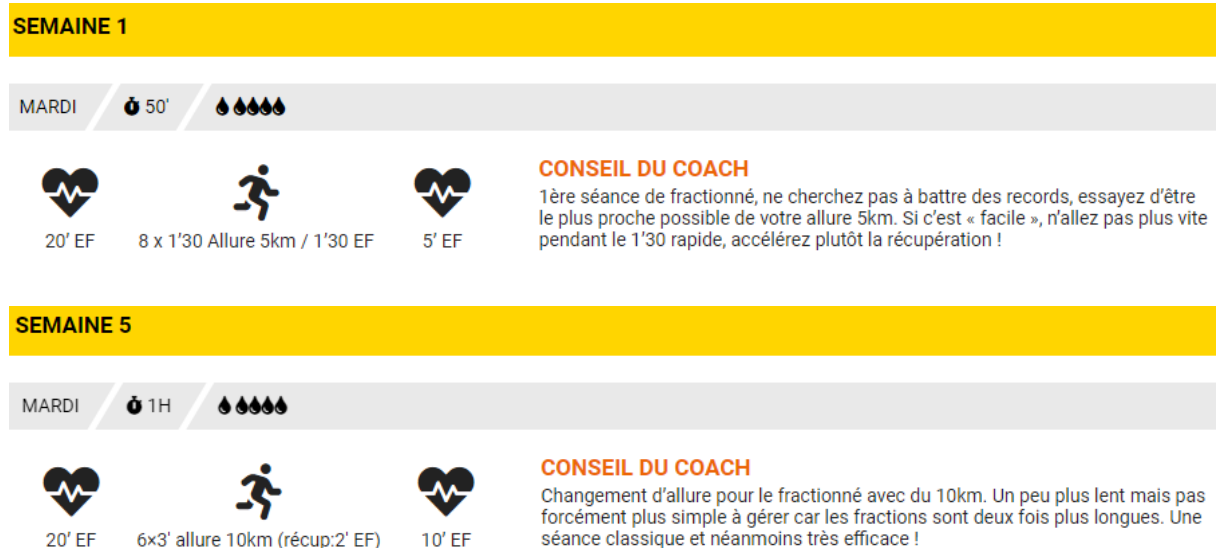


Figure 51 : exemples de séance de fractionné source : "running-addict.fr"

Sur l'exemple en figure 49, il s'agit d'une première séance de fractionné en semaine 1. Avec l'avancée de l'entraînement, il faut augmenter les répétitions : en semaine 2 on ajoute 2 répétitions et on fait de même en semaine 3. On peut également diviser l'entraînement en mésocycle avec ce type de fractionné les quatre premières semaines, puis un fractionné différent les quatre suivantes, et ainsi de suite. On voit en semaine 5 le début d'un nouveau mésocycle avec un nouveau type de fractionné, à intensité plus faible mais sur une durée plus longue. L'objectif final sera toujours le même : courir plus vite et plus longtemps.

Plus tôt nous avons insisté sur l'importance de la récupération après chaque entraînement, il en est de même entre chaque mésocycle, avec généralement 1 semaine de récupération où toutes les séances vont baisser en volume et en intensité. L'objectif est de se reposer du premier mésocycle avant d'entamer le suivant (plus intense) dans les meilleures conditions.

b. L'entraînement en côtes :

Au même titre que le fractionné, le travail en côtes améliore la technique de course et la vitesse de base. Il a un effet bénéfique sur les qualités cardiorespiratoires et la puissance musculaire. L'idéal est de choisir une côte régulière sans exagérer le pourcentage : il faut que la pente fasse monter la fréquence cardiaque sans pour autant déformer la foulée. Les premiers entraînements se font aux sensations, sans chercher à respecter un total de répétitions.



Figure 52 : exemples d'entraînement en côtes source : "running-addict.fr"

Il faut commencer doucement sans exagérer son effort, on augmentera la durée des répétitions ou l'intensité de l'effort au fil des semaines (comme sur la figure 51 où 4 semaines séparent les deux exemples). On ne doit pas abuser de ce type d'entraînement, ne pas dépasser un par semaine.

c. La préparation physique générale :

Elle comprend des exercices de musculation, de gainage et de résistance. L'objectif est principalement de renforcer les muscles du tronc. Cela permettra de favoriser la puissance lors de la course et la stabilité générale. De plus cela apportera un peu de variété à vos entraînements, ce qui est parfois appréciable. Ces exercices ne prennent pas beaucoup de temps, ils peuvent se faire même quand notre calendrier est bien rempli.

Là encore on peut facilement trouver des programmes sur internet. Il existe également des applications mobiles proposant des programmes de musculation / gainage, en fonction de votre niveau et vous aidant à progresser.

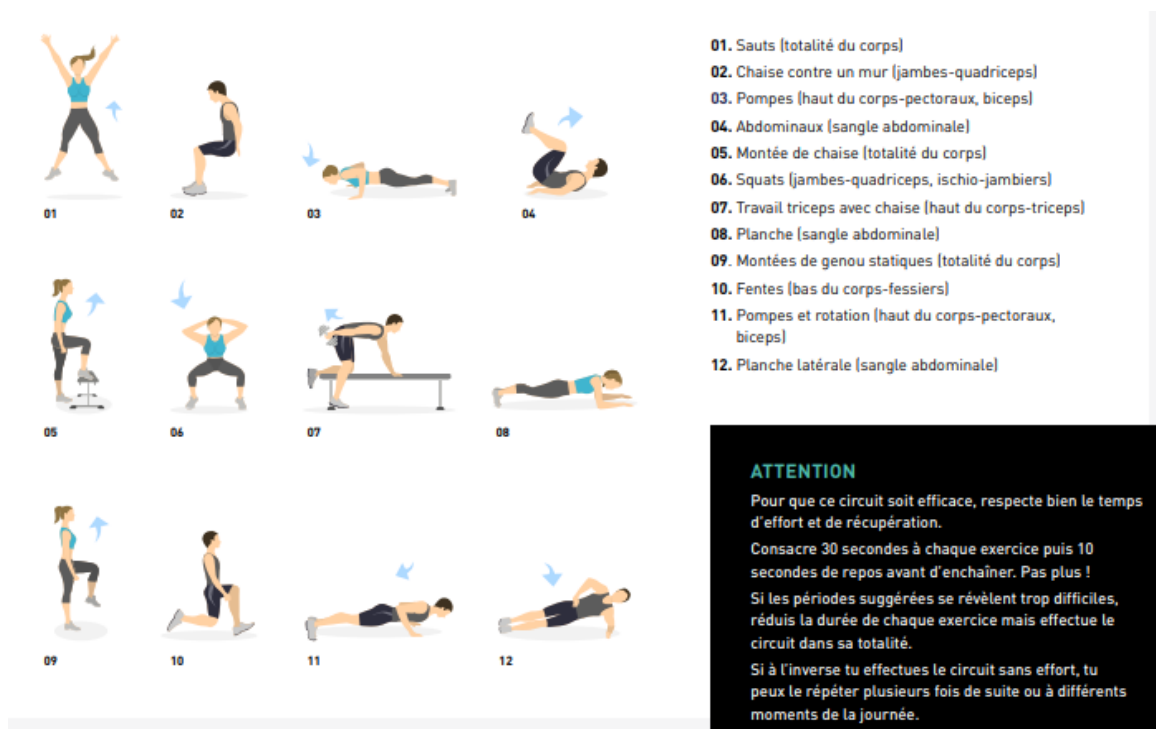


Figure 53 : exemple de séance de préparation physique générale (41)

d. La préparation physique spécifique :

La préparation d'un marathon doit comporter des exercices de préparation physique spécifique. Cet exercice s'intègre dans une séance de running. Il s'agit de musculation spécifique à la course à pied. L'objectif de ces exercices est d'améliorer les capacités sportives pendant la course pour rendre la foulée plus efficace.

Les exercices possibles sont nombreux : montées de genoux, talons-fesses, foulées bondissantes, fentes avant, escaliers, accélérations pendant la course, etc..

e. L'entraînement croisé :

L'entraînement croisé consiste à remplacer ou ajouter une séance au plan d'entraînement en pratiquant un autre sport que la course à pied. Généralement on partira sur de la natation, du vélo ou des séances de musculation ou de résistance plus longues. Cet entraînement comprend de nombreux avantages :

- Améliore la forme générale, la performance et la récupération ;
- Augmente ainsi l'efficacité de la course ;
- Maintien la motivation en variant les entraînements et en évitant la routine ;
- Diminue la charge et l'impact sur les articulations (la course à pied a un impact haut sur le système musculo-squelettique) ;
- Réduit les risques de blessure ;
- Permet de travailler d'autres muscles que ceux sollicités par la course ;
- Aide à augmenter la puissance et la stabilité générale ;
- Introduit des jours de moindre intensité à son programme d'entraînement ;
- Et contribue ainsi à éviter le surentraînement. (38)

ZONES CIBLES DE L'ENTRAÎNEMENT CROISÉ
Ce tableau montre les bienfaits d'une sélection d'activités d'entraînement croisé.

CLÉ »

- BIENFAITS ÉLEVÉS
- BIENFAITS MODÉRÉS
- BIENFAITS FAIBLES

		FLEXIBILITÉ	MOBILITÉ	PUISSANCE	STABILITÉ	ENDURANCE	RÉCUPÉRATION
TYPES D'ENTRAÎNEMENT CROISÉ	NATATION	■	■	■	■	■	■
	CYCLISME	■	■	■	■	■	■
	RAMEUR	■	■	■	■	■	■
	SKI ERGONOMIQUE	■	■	■	■	■	■
	YOGA	■	■	■	■	■	■
	MUSCULATION	■	■	■	■	■	■
	RÉSISTANCE	■	■	■	■	■	■

Figure 54 : tableau montrant certains bienfaits d'une sélection d'entraînement croisé (38)

f. La course de base et la sortie longue :

La course de base est essentielle à l'entraînement et permet d'améliorer sa capacité aérobie et son économie de course, en s'effectuant à une allure confortable, à laquelle le coureur devrait être capable de tenir une conversation par exemple.

La sortie longue est un passage obligé lors de la préparation d'un marathon. Il faut en faire plusieurs, généralement une par semaine avec une progression d'une semaine sur l'autre. C'est à chaque coureur de choisir son rythme. Généralement on conseil d'augmenter de 10 à 15 minutes chaque nouvelle sortie longue. On peut également insérer des changements de rythme dans ces sorties (voir exemple figure 55). Il ne faut cependant pas excéder 2 heures et 30 minutes car au-delà la récupération prendra beaucoup de temps, ce qui peut casser le rythme du programme d'entraînement et augmenter le risque de blessures.



Figure 55 : exemples de deux sorties longues avec 3 semaines d'écart entre les deux source : "running-addict.fr"

Quand on regarde les différents programmes de préparation au marathon, on remarque une alternance dans les différents types d'entraînement. On varie déjà le type de course, avec la sortie de base (ou footing), les sorties longues, les entraînements en côtes, le fractionné. On peut également alterner avec des entraînements croisés. Des exercices de gainage et de renforcement musculaire peuvent être effectués entre les séances. Le tout sans oublier de s'échauffer et de récupérer du mieux possible afin d'éviter les risques liés au surentraînement.

Pour tenir ce rythme et progresser au mieux il va falloir une hygiène de vie adaptée. Que ce soit au niveau du rythme circadien ou au niveau alimentaire notamment. Nous allons voir ces adaptations dans la partie qui suit.

C- L'hygiène de vie lors de la préparation d'un marathon :

1. Le sommeil :

Le sommeil est un état naturel caractérisé par une perte de conscience, une diminution de l'activité sensorielle et un repos musculaire. Il est indispensable pour récupérer de la fatigue physique, et augmenter ses capacités d'apprentissage (les sportifs font beaucoup la sieste et c'est très important). Contrôlé par la production de mélatonine le sommeil se divise en cycles de 90 minutes.

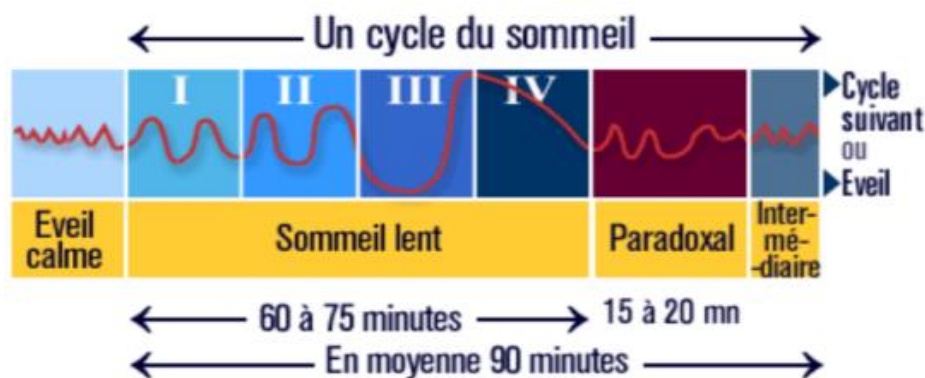


Figure 56 : les cycles du sommeil (43)

L'activité physique accentue le sommeil lent. Elle prolonge le temps de sommeil, et en modifie la qualité afin d'augmenter la phase de récupération musculaire : le sportif s'endort plus vite et son sommeil paradoxal (rêve) est plus court. Si l'activité physique est menée trop tard dans la journée, elle peut perturber l'endormissement, du fait d'une température corporelle trop importante. Afin de préparer au mieux son marathon il faudra respecter quelques principes élémentaires :

- Eviter les entraînements en soirée ;
- Respecter son horloge biologique ;
- Dormir de façon ininterrompue pendant 7 à 8 heures ;
- Se coucher au plus tard à 23 heures pour profiter pleinement du sommeil réparateur ;
- Demander un avis médical avant de prendre des somnifères ;
- Eviter les repas trop riches, notamment en protéines, le soir.

2. Hygiène corporelle :

Lorsque l'on s'entraîne, on transpire, cette sudation favorise le dépôt de sels minéraux sur la peau. Cela augmente la sécheresse cutanée et modifie la microflore de certaines parties de l'épiderme. Après chaque entraînement, il est fortement recommandé de se laver. Cela permet d'éliminer la transpiration et la poussière. On limite les risques de refroidissement et les infections.

Il faut conseiller d'utiliser un savon à pH neutre : cela évitera de perturber l'acidité naturelle de notre peau. Se rincer longuement permettra d'éliminer les résidus (détergents par exemple). Il est également important de s'essuyer consciencieusement, notamment au niveau des pieds pour éviter la macération et le risque de développement de certaines mycoses.

Les bains chauds ont tendance à favoriser la décontraction musculaire.

3. Nutrition et hydratation :

La nutrition est un élément déterminant de la performance du sportif, d'autant plus dans les sports comme la course à pied où le niveau de la dépense énergétique est très élevé. L'alimentation, lorsqu'elle est adaptée, répond à deux objectifs principaux :

- Assurer le restockage des nutriments utilisés au cours de l'effort, afin de maintenir une bonne condition physique, d'en assurer l'amélioration et d'augmenter la qualité de la récupération.
- Apporter les compléments énergétiques nécessaires (sous forme de substrats) avant, pendant, et après la compétition, afin de favoriser la disponibilité à l'effort des substrats.

L'objectif est simple, il faut un équilibre nutritionnel et une compensation de la dépense énergétique. Nous n'aborderons dans ce chapitre que les recommandations diététiques associées aux activités physiques d'endurance, en lien avec le marathon et sa préparation.

La règle élémentaire consiste à maintenir la balance entre les apports alimentaires et les besoins en nutriment afin de conserver le niveau de performance et de lutter contre les effets néfastes de l'entraînement (comme la perte de masse musculaire).

Les apports énergétiques recommandés chez les sportifs d'endurance peuvent varier de 50 à 80 Kcal/Kg/jour pour un homme, et de 40 à 60 Kcal/Kg/jour pour une femme. (44)

D'un point de vue global, les apports journaliers recommandés sont classiquement schématisés sous une forme pyramidale qui s'inspire des recommandations du régime « crétois » et représente une bonne base de l'équilibre alimentaire du sportif en termes de quantité, de qualité et de diversité. Variété, naturel et modération sont les trois règles fondamentales d'une alimentation saine, c'est là la clef du succès pour les coureurs. (45)

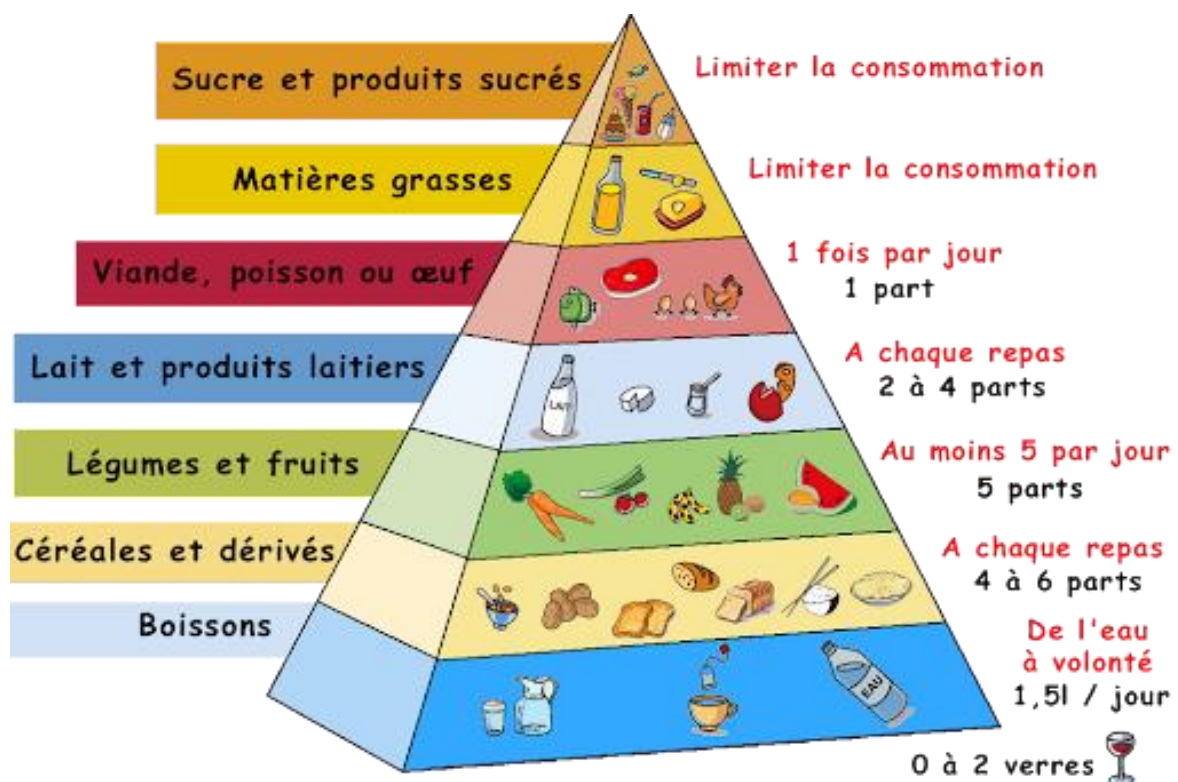


Figure 57 : la pyramide alimentaire

En suivant le principe de cette pyramide alimentaire, on est certain d'avoir une alimentation saine qui va répondre à nos besoins énergétiques. Les aliments et boissons avec graisse et sucre doivent être limités à une portion ou moins. La viande, les poissons et les œufs doivent correspondre à 2 ou 3 portions, tout comme les produits laitiers. Tandis que les fruits et légumes peuvent être amenés via 5 portions ou plus. Il ne faut pas hésiter sur les légumes et les fruits, et c'est aussi le cas du pain, des pâtes et des autres céréales qui correspondent à plus de cinq portions recommandées dans nos apports journalier. Les apports hydriques doivent également être élevés pour répondre aux besoins du coureur.

Via des tableaux, nous allons maintenant rappeler les apports en nutriments apportés par ces recommandations journalières. Choisir des produits sains et peu transformés est primordial pour assurer au coureur une alimentation nutritive, bonne pour sa santé et qui apportera durablement le carburant nécessaire à son activité physique.

GROUPE	BIENFAITS	EXEMPLE ET CHOIX JUDICIEUX	PROPORTION
Céréales complètes et féculents	Alimentent vos muscles et protègent de la fatigue musculaire. Aident aussi à réguler la faim et le poids si vous faites des choix sains (céréales complètes plutôt que transformées)	Pain complet, céréales, pâtes, riz brun, avoine, boulgour → glucides ++	55 à 65% de la consommation journalière
Fruits	Riches en glucides, fibres et potassium, ils sont aussi une excellente source de vitamines (notamment la vitamine C). Cela aide à la récupération après l'effort.	Agrumes, bananes, melon, kiwi et fruits rouges	Au moins 2 à 4 fruits par jour
Légumes	Source importante de glucides, de vitamines et de minéraux, de potassium et de magnésium	Brocolis, salades, épinards, poivrons, choux	Au moins 2 à 4 portions par jour
Protéines	Apportent des acides aminés, essentiels à la réparation musculaire. Les viandes plus sombres ont une plus grande teneur en fer et zinc	Poulet, dinde, poisson, bœuf maigre, œufs, tofu	1 portion et 1 œuf par jour
Produits laitiers	Bonne source de protéines, riches en calcium, vitamine D, potassium, phosphore. Ils aident à garder des os solides et réduisent le risque d'ostéoporose et de tension artérielle.	Lait écrémé, yaourt, fromage	Plusieurs petite portion par jour, 1 verre de lait, 1 yaourt, 50g de fromage
Matière grasse et huiles	Les graisses et huiles dites « bonnes » : oméga 3, 6 et 9 renforcent l'immunité et le cerveau. Ils contribuent à réduire le risque de diabète et les risques cardio-vasculaires.	Oméga 3 : sardines, saumon, thon Oméga 6 : huile d'olive, de noix Oméga 9 : olives, avocats, noix, amandes, cacahuètes	Avec modération

Figure 58 : les groupes alimentaires essentiels (38)

Ces groupes alimentaires sont essentiels donc. Ils permettent d'apporter les macronutriments nécessaires au fonctionnement de notre métabolisme énergétique : les glucides, les lipides et les protéines notamment.

Les glucides ne se valent pas les uns entre les autres. L'index glycémique est un score qui met en reflet la vitesse d'action d'un sucre. C'est en fait défini comme la capacité d'un

aliment à élever la glycémie après un repas. Ainsi, plus l'aliment possède un index glycémique (ou IG) élevé, plus il augmente rapidement la glycémie. On parle souvent dans le langage courant de sucre lent (IG bas) ou sucre rapide (IG élevé). D'un point de vue énergétique, les glucides jouent un rôle déterminant dans les activités d'endurance et la performance est directement reliée à leur biodisponibilité.

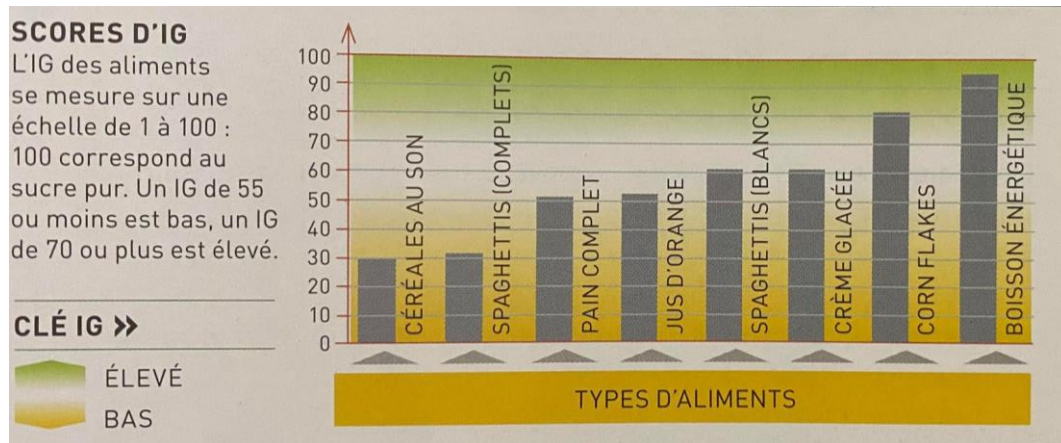


Figure 59 : l'index glycémique (IG) de certains aliments (38)

Nous l'avons déjà abordé, un exercice comme le marathon (et l'entraînement en endurance), va à la fois solliciter les filières glucidiques et lipidiques ; l'oxydation lipidique augmentant en miroir de la baisse du glycogène musculaire, et d'une manière significative après deux heures d'exercice. Les glucides sont donc consommés en priorité, c'est pour cette raison qu'à l'approche de la compétition il faudra augmenter son stock glucidique. On parlera de surcharge glucidique.

Ce régime spécifique se nomme régime « semi-dissocié », il repose essentiellement sur la surcharge en glucides (70 à 75% de la ration journalière) pendant les trois jours précédents l'épreuve, il ne faudra néanmoins pas oublier les autres nutriments : des protéines, et un peu de gras (lipides). Pendant cette période de trois jours, il convient de limiter les éléments trop riches en graisses et en fibres. En ce qui concerne les quantités : c'est en fonction de ses ressentis. Le plaisir est un aspect important. Il faut simplement veiller à trouver un équilibre sur les quantités : à la fois ne pas se sous-alimenter ni trop manger, au risque d'avoir des troubles digestifs et des difficultés à dormir. D'ailleurs pour vérifier le risque digestif il peut être utile de tester l'alimentation prévue pendant ces 3 jours avant l'épreuve et par exemple avant la simulation de notre compétition (mi-parcours de notre programme d'entraînement généralement).

La veille au soir de la compétition sont apportés 150 à 200g de pâtes alimentaires et cette surcharge va être prolongée le matin de l'épreuve par l'apport de céréales, de riz ou de pâtes, pour un équivalent de 200 à 300 Kcal. Il faudra consommer des aliments faciles à digérer, pour s'assurer une bonne nuit de sommeil et pour ne pas traumatiser ses intestins. Les fibres sont à éviter, tout comme les pâtes ou céréales complètes qui accélèrent le transit.

Ensuite vient le repas qui précède l'épreuve, environ 3 heures avant celle-ci. Il est nécessaire de privilégier des aliments à faible indice glycémique, de telle sorte que la réponse insulinaire induite par cette absorption n'entraîne pas d'hypoglycémie réactionnelle avant ou au début de la compétition. On va éviter les aliments gras (notamment les laitages) et privilégier le pain complet, les céréales non sucrées et les gâteaux énergétiques. Il ne faudra pas exagérer sur les quantités.

Nous venons de voir que l'alimentation est déterminante dans notre préparation au marathon. Elle doit être variée, équilibrée et suffisante pour garantir notre performance et notre récupération entre chaque entraînement. De plus, une modification de notre régime alimentaire à l'approche du jour J est nécessaire pour garantir les meilleures performances possibles. Cela se passera notamment via une supplémentation en glucide.

Bien entendu l'apport hydrique joue également un rôle fondamental chez le sportif en endurance. L'eau constitue 50 à 60% de notre masse. Elle est essentielle dans une activité physique, notamment grâce à la transpiration et la régulation de la température corporelle. Elle forme 92% du plasma sanguin qui apporte les nutriments et l'oxygène aux muscles pendant notre effort.

Quotidiennement et au repos on estime qu'il faut boire environ 1.5 litres d'eau. Cet apport doit être augmenté de 500 millilitres par heure d'entraînement effectuée. La déshydratation induite par la sudation lors d'un exercice musculaire prolongé s'accompagne d'une réduction des possibilités d'endurance proportionnelle à l'importance des pertes hydriques. Il a été démontré qu'à partir d'une déshydratation de 2% du poids corporel on observe une diminution d'au moins 10% de la VO₂max. (46)

Avant notre entraînement ou avant le marathon, il faut boire 500 millilitres à 1 litre d'eau entre 3 heures et 1 heure avant le départ. Cela permet d'être sûr que l'on est complètement hydraté au moment du départ.

Mais si l'on cherche la meilleure performance possible il faudra plutôt orienter notre hydratation pré-marathon sur une boisson dite « d'attente ». Comme son nom l'indique c'est une boisson que l'on consommera en attendant son épreuve. La boisson d'attente doit répondre à quelques critères nutritionnels et gustatifs. Pour plaire aux coureurs et être efficace, la boisson d'attente doit maintenir l'hydratation, prévenir l'hypoglycémie et aider le coureur à gérer son stress. Elle apportera également quelques minéraux. Ce qui est important quand on sait ce qui sera perdu via la transpiration.

- Maintenir l'hydratation : cette boisson doit être consommée dans les 90 minutes qui précèdent le départ, même si vous n'avez pas soif. L'idéal est de la boire par petites gorgées toutes les 10 à 15 minutes. Cela constituera une hydratation préventive essentielle à la performance musculaire ;
- Prévenir l'hypoglycémie : nous l'avons abordé, la prise de sucre « lent » est essentielle dans l'alimentation du sportif avant son épreuve. La boisson d'attente est composée de sucre lent qui viendra enrichir les réserves sans provoquer un pic d'insulinémie. La concentration sanguine de sucre restera donc la même ;
- Gérer son stress : le stress étant consommateur d'énergie, bien gérer son stress avant le départ permet aussi de contrôler sa glycémie car il existe une certaine hypoglycémie réactionnelle au stress. Lors d'une prépa-marathon, les sorties-longues peuvent servir de répétition générale à la course du jour J et lors de ces entraînements, le coureur pourra tester sa boisson d'attente. Le jour J, son organisme reconnaîtra le goût de la boisson et, par habitude, sera serein. Certains coureurs aiment ajouter des substances homéopathiques ou phytothérapeutiques dans leur boisson d'attente pour encore mieux gérer leur stress avant le départ.

Voici une recette de boisson d'attente : 250 millilitres d'eau plate + une dose de poudre de maltodextrines (polymère de glucose surnommé « pâtes liquides ») + 10 à 20 grammes de poudres de minéraux si l'on sait que l'on va beaucoup transpirer (chaleur, peu d'air, etc..).

Au quotidien le plus simple est de boire dès qu'on a une sensation de soif. En revanche pendant une activité physique d'endurance cette sensation peut arriver tardivement et ce retard pourra être délétère vis-à-vis de notre performance. De plus, la vitesse de la vidange gastrique augmente avec le volume de boisson ingéré et cela peut avoir des conséquences abdominales, avec parfois des douleurs invalidantes. C'est pourquoi le volume hydrique apporté doit être fractionné, à raison de 100 à 150 millilitres toutes les vingt minutes environ au cours de l'exercice. Il faut boire régulièrement mais en petite quantité pendant notre effort.

Et justement nous allons parler de la gestion du marathon, que ce soit au niveau de l'effort, de l'alimentation ou de l'hydratation pendant la course. Mais avant cela je voulais rappeler l'importance de certains micronutriments (vitamines et sels minéraux) qui sont essentiels pour notre organisme et nos performances physiques. Nous avons vu l'importance des macronutriments (glucides, lipides et protéines) dans le métabolisme énergétique

NUTRIMENT	FONCTION	SOURCES PRINCIPALES
CALCIUM	Favorise la solidité des os, régule la contraction musculaire, et assure la coagulation normale du sang.	Lait, fromage, légumes à feuilles vertes, soja, tofu, produits contenant de la farine enrichie, arrêtes de poisson (comme dans les sardines)
FER	Important dans la production de globules rouges, qui transportent l'oxygène dans le corps.	Foie, viande rouge maigre, haricots secs, noix, abricots secs, légumes à feuilles vertes, riz brun.
VITAMINE D	Assure la santé des os et des dents.	La meilleure source en est le soleil. Parmi les sources alimentaires figurent les poissons gras, les produits laitiers, les œufs, les céréales enrichies.
VITAMINE E	Assure une bonne structure des cellules en protégeant les membranes cellulaires.	Noix et graines, germe de blé, céréales, légumes à feuilles vertes.
ACIDE FOLIQUE	S'associe à la vitamine B12 pour former des globules sains. Réduit les risques de défaillances du système nerveux central.	Brocoli, chou de Bruxelles et autres légumes à feuilles vertes, asperges, petits pois, foie, pois chiches, lentilles, riz brun, agrumes
POTASSIUM	Contrôle l'équilibre des fluides dans le corps et contribue à réguler la tension artérielle.	Bananes, légumes, légumes secs, noix et graines, poisson, fruits de mer, bœuf, poulet, dinde, pain.
VITAMINE C	Assure la santé des cellules. Nécessaire pour le maintien de tissus conjonctifs sains.	Oranges et jus d'orange, fraises, cassis, brocoli, chou de Bruxelles, pommes de terre.
ZINC	Contribue au renouvellement des cellules et des enzymes. Assimile les glucides, les graisses et les protéines contenus dans l'alimentation. Aide à la cicatrisation.	Viande, fruits de mer, lait et autres produits laitiers, pain, germe de blé.

notamment. Voyons avec le tableau suivant le rôle de certains micronutriments.

Figure 60 : rôles de certains nutriments (38)

Aparté sur la supplémentation alimentaire dans le sport d'endurance :

L'objectif est de maintenir un travail musculaire soutenu pendant des temps très longs :

- **Glycérol** : prévention de la déshydratation pour les efforts longs effectués dans des conditions climatiques extrêmes. Joue un rôle important à partir de 1h30 d'effort (ex : mur du 30eme km sur un marathon). Faible amélioration des performances ;
- **Triglycérides à chaîne moyenne** : économie du glycogène (après avoir été hydrolysés en glycérol et acides gras). Faible amélioration des performances ;
- **Glutamine** : amélioration des défenses immunitaires (effet non prouvé). Evite de tomber malade quelques semaines après l'effort (à priori c'est assez fréquent sur les efforts d'endurance) ;
- **Acides aminés branchés** (leucine, isoleucine, valine) : diminution de la fatigue centrale par un meilleur équilibre en acides aminés. Pas d'amélioration prouvée des performances ;
- **Caféine** : effet stimulant et recul du seuil de fatigabilité. Effets avérés qui tendent à s'atténuer avec une consommation courante (sorte de tolérance). Mais attention car il y a un effet diurétique (risque de déshydratation), nervosité, élévation du rythme cardiaque et de la pression artérielle ;
- **Pyruvate** : meilleure utilisation du glucose sanguin et économie du glycogène musculaire. Effets avérés sur la performance, mais à de très fortes doses. (43)

La société française de nutrition estime que le recours à une supplémentation doit permettre d'augmenter ses performances, d'améliorer la récupération et de réduire la fatigue. Néanmoins avant d'y recourir il est très important de consulter un professionnel de santé. De plus le recours à la supplémentation devra se faire dans des commerces spécialisés : pharmacie, magasin de sport et de diététique.

II- Gérer l'effort

Pour gérer son effort le jour J, il faut une bonne préparation. Nous l'avons d'ailleurs longuement abordée. Il faut également se fixer un objectif réaliste et suivre une stratégie de course nous permettant de l'atteindre. L'objectif dépendra de notre niveau de départ et du plan d'entraînement que nous aurons suivi.

Une fois celui-ci fixé il faudra définir une stratégie de course. Le plus simple est de se fixer des temps de passage sur chaque bloc du marathon. Par exemple vous pouvez définir un temps pour les 10 premiers kilomètres puis pour la mi-parcours, les 30 kilomètres, les 35 et enfin les 40. En fractionnant ainsi la course par bloc, il devient en effet plus facile de prendre des décisions adéquates durant la course et d'ajuster son allure en fonction des sensations aux différents moments de l'épreuve.

A défaut, il s'avère souvent difficile de se décider. En effet, avec des objectifs et des temps de passage réalistes on peut savoir plus facilement s'adapter en cas de « défaut moteur » ou au contraire si on se rend compte qu'on a de la marge. Tout se joue sur nos sensations mais il ne faut jamais oublier que les dix derniers kilomètres sont plus compliqués que les autres. Il faut garder de l'énergie en réserve.

Fixer son allure est essentiel, après avoir étudié le parcours vous saurez s'il y a des zones plus difficiles (dénivelé positif par exemple) et vous pourrez garder de l'énergie pour ces moments délicats. Partir trop vite trop tôt pourra entraîner une accumulation d'acide lactique dans les muscles avant même d'avoir pu prendre une allure de croisière. Avoir une montre GPS va permettre de vérifier son allure tout au long de l'épreuve, et donc d'éviter un départ trop rapide.

Il existe des méthodes permettant d'éviter ces départs en « fanfare ». L'une d'elle est de courir en fonction de sa fréquence cardiaque maximale (FCmax). Après le départ suivez par exemple ce plan de course : (41)

- Du km0 au km5 : se caler à 75% FCmax ;
- Du km5 au km10 : venir progressivement se caler à 80%FCmax ;
- Du km10 au km30 : rester au maximum calé à 80-82%FCmax ;
- Du km30 au km35 : ne pas dépasser les 85%FCmax ;

- A partir du km35 : essayer de maintenir le plus longtemps possible l'allure de course.

Pour le coureur plus expérimenté au moment de déterminer son allure spécifique marathon, il faudra s'appuyer sur son record en course. Si le record a été établi dans la douleur, le prochain objectif sera tout simplement de le confirmer. Si au contraire, le coureur a réalisé ce chrono sans éprouver de trop grandes difficultés, il pourra revoir son objectif légèrement à la hausse. Mais attention à ne pas être trop gourmand. Un gain de 5 secondes par kilomètres serait déjà un très bon résultat. Il est préférable d'adopter la politique des « petits pas » que de vouloir faire trop d'un coup et « exploser » au-delà du 30ème kilomètre.

Nous l'avons déjà abordé à maintes reprises, au-delà d'un certain temps d'efforts les choses peuvent se compliquer. L'épuisement des stocks de glycogène entraîne une diminution inéluctable de l'intensité de l'effort jusqu'à un niveau déterminé par la capacité de l'organisme à mobiliser et à oxyder les graisses. Cet épuisement est d'autant plus rapide que l'intensité de l'effort en début de course est élevée. D'où l'importance pour le marathonien d'éviter toute forme de surrégime lors des trente premiers kilomètres, afin de ménager au maximum le niveau de ses stocks de glycogène.

Lorsque ces stocks s'épuisent le marathonien a l'impression d'être « collé » à la route et que chaque hectomètre s'effectue au prix d'un effort considérable. On dit alors qu'il a frappé le « mur ». Le mur du marathon est un phénomène que nous avons déjà évoqué. Il existe des méthodes permettant de l'éloigner et de finir la course dans de bonnes conditions.

Il faut d'abord respecter scrupuleusement l'allure travaillée lors des séances spécifiques marathon et ce dès les premiers mètres. Mais aussi savoir adapter son allure en cas de conditions météorologiques défavorables (vent de face, forte température, côtes non anticipées ect..) et/ou si le profil du parcours est accidenté.

Un apport énergétique pendant l'épreuve pourra également repousser ce mur. Il prendra la forme d'un apport glucidique régulier et permettra une augmentation significative du temps de maintien de l'effort, qui s'explique par une diminution de l'utilisation des réserves glycogéniques musculaires et hépatiques au profit de celle du glucose exogène que le coureur apporte. En pratique, l'apport glucidique doit être réalisé toutes les 30 minutes au cours de l'effort. Cet apport se fait essentiellement sous une forme liquide (boisson d'effort),

l'eau servant de vecteur pour l'absorption, et pourra être complété par des solides (barres de céréales dites « énergétiques ») lorsque l'épreuve est très longue. Il existe également des gels énergétiques riches en glucides prisés par les marathoniens de haut vol. Dans tous les cas l'intérêt réside dans l'apport de glucide. C'est ensuite à chacun de déterminer de quelle façon apporter ces glucides.

En effet on peut aussi se tourner vers les ravitaillements proposés en course. Ils sont généralement composés des mêmes éléments d'une course à l'autre. On en trouvera un tous les 5 kilomètres lors d'un marathon, ce qui permet de pouvoir s'alimenter et s'hydrater régulièrement. Ces ravitaillements se composent de fruits secs, d'agrumes (quartier d'orange), de bananes, de carrés de sucre et d'eau. On pourra parfois trouver des boissons de l'effort ou des boissons sucrées via des stands proposés par une marque (comme Powerade). Vers la fin de l'épreuve le ravitaillement évolue légèrement puisqu'on y trouvera des pommes et des biscuits salés.

Quand on regarde le ravitaillement proposé en course on retrouve les points essentiels que nous avons abordés : besoin d'eau, de glucide et même de minéraux.

Il faudra tout de même faire attention et ne pas trop en prendre d'un coup, au risque d'avoir des problèmes digestifs handicapant la suite de l'épreuve. C'est pour cela qu'il est très important de tester ces ravitaillements solides (ou liquides) pendant les séances d'entraînement. Si vous emmenez un gel énergétique ou une barre énergétique en course testez les avant. Si vous comptez vous ravitailler avec ce qui est proposé faites de même.



Figure 61 : photo d'un ravitaillement du marathon de Paris en 2016

Au cours d'un effort prolongé comme le marathon, il est donc essentiel de se ravitailler, mais il faut également et prioritairement restaurer un équilibre hydrique adéquat. Les pertes liquidiennes liées à la sudation peuvent perturber le système cardiaque et déséquilibrer le bilan thermique. Il faudra donc s'hydrater régulièrement pendant l'épreuve et ce sans attendre d'avoir soif. Les pertes sudorales par filtration du plasma entraînent également une fuite d'électrolytes, majoritairement du sodium (de 20 à 80 mmol/L) et du potassium (de 4 à 8 mmol/L) dont les carences peuvent induire une sensation de fatigue, une diminution des performances, ou encore avoir des conséquences plus graves comme des troubles neurologiques en cas de carence profonde.

Suivre un plan d'hydratation permettra d'éviter tout problème de ce côté-là. L'idéal est de boire 120 à 240 millilitres toutes les 35 à 45 minutes. Il faut boire à petites gorgées, en ralentissement (voire en marchant) le temps que l'on boit. Là aussi tester différentes boissons « du sport », ou tester des quantités d'eau ingérées, lors des entraînements permettra de déterminer les limites à ne pas franchir, et ainsi éviter les risques d'inconforts intestinaux.

Les boissons de l'effort vont permettre un apport continu en glucides et retarder ainsi la diminution des réserves énergétiques et de ce fait l'apparition de la fatigue. L'impact de ces boissons sera plus ou moins bénéfique suivant leur composition et l'effet désiré (hydratation/énergie apportée). Les boissons prises pendant l'effort doivent être rapidement absorbées par le corps. Dans ce but, elles doivent être hypotoniques ou isotoniques. Si l'épreuve dure moins d'une heure, boire de l'eau plate suffit. Si l'effort se prolonge, il est préférable d'enrichir sa boisson en glucides et en sel de cuisine.

On trouve sur le site Vidal.fr une recette facile et qui respecte les normes de ce type de boisson : (47)

- un litre d'eau ;
- deux cuillerées à soupe de sucre ou de miel ;
- un quart de cuillerée à café de sel ;
- une orange pressée.

On retrouve dans cette recette les éléments de base que va conseiller les nutritionnistes du sport. Par exemple Nicola Aubineau, diététicien nutritionniste du sport et en clinique, conseillera 30 grammes minimum de glucides, 3000 milligrammes de sodium et de potassium, 50 mg de magnésium et si possible des vitamines B et des antioxydants. Selon lui la boisson idéale pour un marathon est la suivante : Iso + d'Aptonia®.



Analyse moyenne	100g	38g
Valeurs énergétiques	372kcal (1582kJ)	141kcal (601kJ)
Graisses	< 0,1g	< 0,1g
Dont acides gras saturés	< 0,1g	< 0,1g
Glucides	93g	35g
Dont sucres	67g	25g
Protéines	< 1g	< 0,5g
Sodium	1g	0,4g
Sel	2,5g	1g
Potassium	800mg (40%)	304mg (15%)
Zinc	5mg (50%)	1,9mg (19%)
Vitamine B1	0,74mg (67%)	0,28mg (26%)
Vitamine B2	0,6mg (43%)	0,23mg (16%)

Figure 62 : Iso + d'Aptonia® et sa composition pour 100g et 38g

La quantité de sucre apportée est supérieure à 50% des glucides. C'est le seul bémol de la composition de cette boisson de l'effort, car il est généralement conseillé d'avoir un ratio de sucre inférieur à 50% pour orienter vers une qualité et un panel plus large des différents glucides apportés.

Il existe bien entendu beaucoup d'autres marques qui proposent des boissons avec un rapport qualité / prix correct. C'est encore une fois à chaque individu d'effectuer ses tests et de prendre celle qui lui plait le plus et qu'il supporte le mieux.

Bien entendu les conditions météo joueront un rôle important sur la quantité d'eau ou de ravitaillement qu'il faudra ingérer.

III- Récupérer après un marathon :

Passons maintenant à la récupération après un marathon. Tous les plans d'entraînement marathon s'arrêtent le jour de la course. C'est clairement une erreur qu'il faut connaître et éviter. La phase qui suit la course est importante pour qui veut récupérer correctement de son marathon. Après un marathon tout le corps est fatigué. À chaque pas parcouru, l'ensemble de l'organisme a subi des chocs très intenses. Les muscles mais aussi et c'est moins perceptible, les tendons et articulations sont usés et épuisés.

Après avoir dévalé plus de 40 kilomètres, il est souvent difficile de ne pas s'écrouler à la ligne d'arrivée. Néanmoins ce serait une erreur. L'idéal est de marcher, il faut revenir au calme lentement. Quelques étirements légers peuvent également être effectués. Cela réduira le risque de courbatures.

Même si on entretient son niveau d'hydratation et d'alimentation pendant la course, nos réserves seront amenuisées. Il faut se réhydrater rapidement et apporter des glucides à notre organisme. 15 à 30 minutes après la course on conseille généralement d'ingérer des aliments à index glycémique élevé. Cela permettra d'enclencher la régénération.

Dans les heures qui suivent il faut refaire les stocks énergétiques. L'idéal est de manger des petits encas riches en glucides et en protéines. Avec préférentiellement un rapport glucides protéines de 3 pour 1. Ce rapport permet de mieux stimuler l'insuline dont le rôle, nous l'avons vu, est important.

Au niveau liquidien il y a une technique assez simple qui consiste à se peser avant et après le marathon, et à boire 1 litre par kilo perdu. Néanmoins après avoir franchi la ligne d'arrivée on n'a pas forcément de pese personne à disposition. Boire 500 millilitres (lentement) après la course est un bon point de départ. (38)

Ensuite on continuera à boire en fonction de ses besoins et de son ressenti. Durant les 3 jours qui suivent le marathon, une alimentation saine à base de lait, d'œufs et de légumes vous aidera à mieux récupérer de vos efforts. Ce type d'alimentation a plusieurs avantages : grâce à ses fibres et protéines, il relancera le transit et reconstruira les fibres musculaires endommagées. De plus, il participera à votre réhydratation et aidera donc à éliminer les toxines produites lors de la course.

On peut se tourner vers les boissons de récupération. Il n'existe pas de réglementation spécifique, d'actif obligatoire pour une boisson de récupération. Il existe cependant un consensus sur la présence de protéines et de glucides.

Les protéines sont primordiales après l'effort car elles aident à maintenir la masse musculaire (resynthèse des protéines musculaires au niveau des tissus lésés pendant l'effort). Les boissons de récupération sont intéressantes si ces mêmes protéines sont présentes à plus de 30% des apports caloriques de la boisson (petit astuce pour vérifier : étant donné qu'1g de protéine = 4 kcal, alors la quantité de protéines indiquée multipliée par 4 doit représenter 30% des calories de la boisson minimum). Les glucides interviendront dans la resynthèse des stocks en glycogènes. Il faudra également apporter : antioxydants, magnésium (réduction de la fatigue), potassium et sodium (largement perdus dans la sueur), des vitamines du groupe B.

Ce type de boisson sert avant tout à optimiser sa récupération après l'effort. Elle doit être prise après la course (ou l'entraînement) mais sera surtout efficace en phase de préparation quand il faut enchaîner les efforts avec des délais de récupération courts. Néanmoins prendre ce type de boisson après le marathon permettra d'optimiser sa récupération et d'être plus rapidement apte à préparer votre prochaine échéance.

Quelques exemples de marques de boissons de récupération : *Aptonia*[®] – *Apurna*[®] – *Authentic Nutrition*[®] – *Eafit*[®] – *Effinov Nutrition*[®] – *Ergysport*[®] – *Isostar*[®] – *Isoxan*[®] – *Lactel*[®] – *MX3*[®] – *Nutratlétic*[®]...

Après le marathon il est indispensable de prévoir au moins 3 semaines de récupération, dont 5 jours d'arrêt total de tout sport afin d'éliminer les déchets produits par l'organisme pendant la course. Bien entendu cela va dépendre de votre ressenti personnel, mais dans tous les cas il faudra éviter de recourir pendant une dizaine de jours.

Ce temps va permettre aux fibres musculaires et aux tendons très sollicités de se régénérer. Cette coupure est indispensable pour éviter de laisser s'installer une blessure durable de type tendinite, inflammation, etc...

On pourra envisager de reprendre le sport avec du vélo (voire le roller) ou de la natation, mais sans forcer, en se contentant de prendre du plaisir. Après ces dix jours passés on pourra reprendre la course à pied. Avec un rythme faible et sans dépasser 1 heure d'efforts.

A partir de la 3ème semaine, on peut augmenter le volume de nos entraînements, mais en restant en endurance, en excluant toute séance de fractionné notamment.

Ce n'est qu'en semaine 4, que l'on pourra reprendre un plan d'entraînement pour notre prochain objectif. S'il s'agit d'un nouveau marathon, un plan de préparation sur 10 ou 12 semaines n'est pas forcément nécessaire, 6 ou 8 semaines suffiront normalement.

Il faut suivre une alimentation équilibrée pendant la récupération, cela permet de maintenir l'organisme en bon état et de pallier la baisse d'immunité que peut causer le marathon 15 jours après sa réalisation.

Quelques astuces pour améliorer sa récupération :

- Boire de l'eau riche en bicarbonate : juste après l'effort boire de l'eau gazeuse type « *St Yorre* » est très bénéfique. Car les bicarbonates qu'elle contient en grande quantité aident notre corps à réduire l'acidité musculaire ;
- Utiliser des chaussettes de récupération : ces chaussettes permettent, par leur effet de compression modérée, de mieux faire circuler le sang dans les jambes et donc drainer les muscles, la récupération est optimisée ;
- La cryothérapie : que ce soit sous forme de bain (immersion des membres inférieurs), ou en cabine exposant le corps entier, on trouve de plus en plus de centres spécialisés accessibles à tous. L'efficacité de la cryothérapie sur la récupération post-exercice repose sur la capacité à diminuer le processus inflammatoire en réduisant le métabolisme cellulaire local par le biais de la vasoconstriction. En effet, une exposition à des températures extrêmement basses stimule les réactions physiologiques de l'organisme qui favorisent la récupération. (48) Elle peut également être utilisée en traitement de certaines douleurs via des dispositifs adaptés ;
- Massages : ils permettent d'augmenter la circulation sanguine, et ont donc un effet drainant. Néanmoins c'est pour une autre raison qu'ils sont fortement conseillés (notamment chez le sportif professionnel), en effet ils réduisent considérablement la tension musculaire. Le muscle est plus détendu, on limite le risque de blessure et il est plus facile de retourner s'entraîner rapidement ;

- Les séances de kiné et ostéopathes seront utiles pour les sportifs de haut niveau ou si on ressent des douleurs inhabituelles après notre course.

Un programme de reprise sportive après un marathon pourrait être comme celui qui suit. C'est un programme que j'ai réalisé en faisant une synthèse de différents programmes trouvés sur des sites spécialisés : running-addict.fr, [jogging plus.fr](http://jogging-plus.fr), [l'équipe.fr](http://l'equipe.fr). Bien entendu ce programme ne prend pas en compte le ressenti de l'individu. Il devra être adapté en fonction de l'état physique de chaque personne au cours de la récupération.

	1	2	3	4	5	6	7
Semaine 1	Jour de compétition	Repos	Repos	Marche 20 à 30 minutes	Vélo 30 à 40 minutes	Repos	Natation 30 minutes
Semaine 2	Repos	Natation 30 à 40 minutes	Repos	Vélo 45 minutes	Jogging de 20 à 30 minutes	Repos	Musculation douce
Semaine 3	Vélo 1 heure	Jogging 30 minutes	Repos	Natation 30 à 40 minutes	Jogging 40 minutes	Repos	Musculation douce

Figure 63 : programme de la reprise musculaire en phase de récupération post marathon

Le vélo et la natation permettent de maintenir notre endurance sans forcer sur les articulations, les tendons et les muscles. Ces sports n'induisent pas de chocs répétés et délétères comme lors d'un marathon. Il faudra pendant ce programme ne jamais forcer et garder un rythme et une intensité modérés. Il faudra également suivre les autres conseils abordés précédemment (alimentation, hydratation, compression, massage, etc...) pour optimiser la récupération au maximum.

Focus sur les dispositifs médicaux de la cryothérapie :

- Les poches à usage unique : elles fonctionnent grâce à une réaction chimique endothermique entre du nitrate d'ammonium et de l'eau. Il est conseillé de comprimer fortement la poche pour provoquer cette réaction, puis d'agiter afin de mélanger le contenu. L'application doit se faire au travers d'un linge, pendant 20 à 30 minutes ;
- Les poches à conserver au froid : réutilisables, elles renferment un gel viscoélastique qui permet une accumulation du froid. Il est conseillé de placer la poche au réfrigérateur pendant 4 à 6 heures avant l'application ou une heure au congélateur. L'application sur la zone à traiter se fait au travers d'un linge pendant 20 à 30 minutes ;
- Les sprays : ils contiennent un gaz cryogène. Il est conseillé de les vaporiser à 10/15 cm de la peau en balayant la zone douloureuse ;
- Les gels à base d'alcool et de menthol : ils permettent d'absorber la chaleur dégagée par la peau en créant une sensation de froid en s'évaporant. Il est conseillé de les appliquer directement sur la peau.

PARTIE 4 : Les maux de la course à pied : rôle du pharmacien d'officine

Les recommandations actuelles de santé publique reconnaissent l'exercice régulier et l'activité physique comme la pierre angulaire de la prévention, de la gestion et du traitement de nombreuses maladies chroniques, notamment l'hypertension, les maladies coronariennes, l'obésité, le diabète de type 2 (DT2) et la fonte musculaire liée à l'âge (sarcopénie). (49) (50)

Malgré l'impact positif sur la santé, on ne peut pas occulter le nombre assez important de blessures qui sont répertoriées chez les adeptes de la course à pied. En particulier des membres inférieurs car soumis à de nombreuses contraintes. Pour un coureur régulier, elles ont une incidence qui va de 37 à 56%. Parmi ces blessures, celles touchant l'articulation du genou sont les plus importantes, suivent celles de la cheville et du pied. Les traumatismes les plus fréquents sont d'ordre tendineux (9%), puis ostéoarticulaires (7%) et enfin musculaires (6,5%). (51)

Le marathonien peut également subir des troubles digestifs. Ce sont des événements assez fréquents. Les problèmes sont généralement bénins mais auront un impact élevé sur la performance et le plaisir du coureur.

Les troubles dermatologiques sont également nombreux. Ils sont pour la plupart bien connus des coureurs, mais leur traitement est généralement négligé ou approximatif.

Dans tous les cas le rôle du pharmacien sera déterminant. Le sportif blessé ou dérangé par un trouble physique, aura tendance à se rendre dans une officine pour prendre un premier avis médical. Notre rôle est alors d'identifier le problème, d'en évaluer la gravité et ainsi de savoir si la prise en charge peut se faire à l'officine ou si elle exige une consultation médicale. Dans le premier cas, nous devons adapter les soins proposés au type de troubles et aux pratiques du patient. Il faudra également conseiller le patient dans la prévention et la reprise du sport.

Dans cette partie nous aborderons d'abord la traumatologie en lien avec la pratique de la course à pied d'endurance. Ensuite nous parlerons des troubles digestifs avant de finir avec les troubles dermatologiques.

I- Traumatologie et prévention des blessures

Les blessures physiques, qu'elles soient articulaires, musculaires ou tendineuses ont des conséquences certaines sur la pratique de la course à pied. Il est primordial de savoir les identifier et surtout de savoir les éviter. Il existe des facteurs prédisposant à ces blessures. Nous allons rapidement les énumérer avant de parler des blessures et de leur prise en charge.

A- Les facteurs prédisposant :

Les facteurs de risque sont généralement qualifiés d'extrinsèques ou d'intrinsèques. Dans le premier cas, le mécanisme de blessure est en rapport avec l'environnement dans lequel évolue l'athlète. À l'inverse un facteur de risque intrinsèque relève directement d'une caractéristique du sportif.

1. Les facteurs extrinsèques :

Ils sont nombreux et correspondent généralement à des erreurs d'entraînement :

- Un entraînement excessif ou surentraînement : il faut conseiller d'augmenter la durée et l'intensité des entraînements très progressivement, en fonction de son ressenti. Bruler une étape c'est prendre un risque ;
- Un échauffement insuffisant : nous l'avons abordé l'échauffement est fondamental pour progresser et pour limiter le risque de blessure. Il permet d'échauffer les muscles en douceur, de mettre en action les tendons et articulations. Un mouvement intense sans échauffement risque de causer un traumatisme ;
- Les conditions de courses sont également un facteur prédisposant. Un terrain accidenté est potentiellement dangereux. De même un circuit vallonné oblige le pied à se mettre dans une position non naturelle, ce qui augmente le risque de blessure. Il ne faut pas abuser de la course en côte, et cela même si elle est importante dans notre préparation au marathon ;

- Les chaussures utilisées par le marathonien peuvent aussi provoquer des blessures. Il faut qu'elles soient appropriées et il faut les changer dès qu'elles montrent des signes d'usure importants.

2. *Les facteurs intrinsèques :*

Nous avons déjà abordé une partie de ces caractéristiques individuelles, potentiellement dangereuses pour notre corps. Il y a notamment la façon dont nous courons et plus particulièrement la foulée :

- L'attaque du pied sur le sol avec le talon n'est pas conseillée, elle expose à des risques au niveau du talon (fracture de fatigue par exemple) ;
- La pronation ou supination du pied, si elle est excessive, peut causer des dommages déséquilibrant la foulée du coureur ;
- La posture est également importante. Il faut courir en maintenant une posture verticale avec un tronc perpendiculaire à la surface du sol.

Bien entendu si le sportif a un antécédant de blessure ou de lésions, il devra prendre des précautions. Les cas de récurrences sont fréquents. Pour éviter ces récurrences la prise en charge initiale et la rééducation du coureur seront fondamentales. Le pharmacien y tiendra un rôle important en orientant le patient lors de sa prise en charge initiale.

B- *Les lésions musculaires :*

Au sein des troubles musculaires, on différencie par ordre de gravité croissante, les blessures sans atteinte anatomique (crampe, courbature, contracture) et celles avec atteinte de la structure anatomique (l'élongation, le claquage et la rupture/déchirure). Les accidents surviennent dans plus de 50% des cas dans un contexte de surmenage, en raison de la répétition constante du même mouvement. (51)

Nous commencerons par les lésions musculaires avec atteintes anatomiques. Elles nécessitent une prise en charge médicale qui n'est pas du ressort du pharmacien. Il devra néanmoins savoir les identifier et déterminer leur gravité afin d'orienter au plus vite le patient vers le lieu de prise en charge adapté.

Le diagnostic de ces lésions reposera généralement sur de l'imagerie médicale. Elles seront ensuite classer en fonction de différents grades. En pratique clinique, on utilise la classification de Durey et Rodineau. Les stades 0 et 1 ne correspondent pas à une lésion avec atteinte anatomique. Ils seront abordés par la suite. (52) (53)

Grade	Terme clinique couramment utilisé	Apparence histologique	Apparence échographique
Grade 0	«Courbature»	Atteinte réversible de la fibre musculaire. Pas d'atteinte du tissu conjonctif de soutien	Aspect hyperéchogène global de la loge musculaire
Grade 1	«Contracture»	Atteinte irréversible de la fibre musculaire. Pas d'atteinte du tissu conjonctif de soutien	Zones floues hyperéchogènes sans désorganisation des fascicules musculaires
Grade 2	«Elongation»	Atteinte irréversible d'un nombre réduit de fibres musculaires. Atteinte du tissu de soutien	Zones floues hyperéchogènes avec flammèches de désorganisation des fascicules musculaires
Grade 3	«Claquage»	Atteinte irréversible d'un nombre important de fibres musculaires. Atteinte du tissu de soutien + hématome	Collections liquidiennes au niveau des jonctions myotendineuses ou myoaponévrotiques
Grade 4	«Rupture»	Rupture partielle ou totale d'un muscle	Lésion myotendineuse ou myoaponévrotique complète avec rétraction

Figure 64 : classification de Durey et Rodineau (51)

Lorsque les tissus sont atteints, il faut immédiatement stopper l'effort et se traiter convenablement. Le risque de récives ou d'aggravation est important si on ne suit pas ces règles.

1. L'élongation :

Il s'agit d'un étirement de fibres musculaires au-delà de leurs capacités physiologiques. On aura ni désorganisation des fibres musculaires ni hématome. (54)

Au niveau des symptômes on aura une douleur d'apparition brutale pendant l'exercice. Néanmoins elle reste modérée et il est fréquent que le sportif continue son effort. Cette douleur est très localisée, elle disparaît au repos et le muscle concerné sera sensible au toucher. Cette lésion de grade 2 n'est pas à prendre à la légère. Le diagnostic se fera par échographie ou IRM. Le repos sera le traitement principal et devra durer une dizaine de jours pour éviter toute récive ou aggravation. (53)

2. Le claquage :

Il survient brutalement au cours de l'effort. La douleur ressentie est semblable à un coup de couteau, elle s'étendra progressivement à tout le muscle sans diminuer au repos. Généralement la suite de l'activité physique ne peut se faire. On pourra observer un hématome, localement, à l'endroit du claquage. Le diagnostic se fera également par imagerie, mais la période sans activité physique devra être plus longue : de 4 à 8 semaines. Le repos quasi total du muscle devra s'effectuer pendant au moins 14 jours avant de commencer une phase de rééducation plus active.

3. La rupture musculaire (ou déchirure)

C'est le traumatisme le plus grave. La douleur est extrême brutale et intense, l'exercice est arrêté sans possibilité de continuer. Le muscle va grossir et un hématome sera souvent visible. (54)

La rééducation sera longue avec une phase de repos allant de 2 à 4 semaines suivie d'une rééducation progressive du muscle pouvant durer 4 à 6 semaines.

Les temps de rééducation vont différer en fonction de la gravité de la blessure (grade) et aussi en fonction du ressenti du patient. Elle peut varier de plusieurs semaines d'un patient à un autre sur le même type de blessure. (55)

Dans les trois cas que nous venons de voir la prise en charge aiguë sera toujours la même. On peut suivre différents protocoles :

- Protocole dit G.R.E.C : avec un Glaçage régulier de la zone (sans dépasser 20 minutes plusieurs fois par jour) ; un Repos musculaire total qui permet au muscle de cicatriser ; une Elévation du membre touché (on le décharge de tout poids) ; et une Compression du muscle lésé (l'objectif est de réduire le risque d'hématome).

→ Protocole P.O.L.I.C.E : décrit dans la figure 63. Il est plus complet car il explique la façon dont on doit aborder le début de la rééducation : progressivement et selon le ressenti !

P	Protection	Mise au repos du membre lésé pour prévenir toute récurrence (orthèses, cannes, écharpe, botte de marche, etc.). Limitation au maximum des douleurs
OL	Optimal Loading	Equilibrer repos et charge mécanique. Limiter au maximum la décharge complète et préférer une charge progressive selon douleur sur le membre atteint. Etirements statiques et contractions isométriques à débiter 48 h après le traumatisme ²¹
I	Ice	Cryothérapie locale précoce, 20-30 minutes toutes les 3 heures
C	Compression	Strapage circonférentiel, bas/bandes de contention
E	Elevation	Surélévation du membre lésé

Figure 65 : le protocole POLICE (51)

Un traitement antalgique par voie orale sera également prescrit. Le paracétamol et les antidouleurs de pallier 2 seront préférés au début de la guérison car les AINS retarderaient la guérison musculaire via leur propriété anti-coagulante.

La rééducation se fera généralement chez un kinésithérapeute, qui sera à même de guider le patient vers les bons exercices. Cela participera grandement à diminuer les risques de récurrence. La prévention passera par un bon échauffement, une alimentation variée et équilibrée, une bonne hydratation et des étirements doux après l'entraînement ou l'effort. (56)

Les lésions musculaires sans atteinte anatomique pouvant survenir au cours ou après une course à pied sont plus nombreuses. Leur prise en charge pourra généralement se faire seul, en suivant des conseils adaptés.



Figure 66 : exemple d'une méthode de cryothérapie

4. Les crampes musculaires :

Il s'agit d'une contraction musculaire involontaire, d'apparition spontanée et violente. Elle sera douloureuse et invalidante. Le coureur est forcé à l'arrêt. Elle durera généralement quelques minutes avant de disparaître aussi soudainement qu'elle est apparue. La douleur provoquée par la crampe serait due à une réduction de la vascularisation, localement, avec un effet garrot douloureux.

Les causes pouvant expliquer l'apparition des crampes sont au nombre de trois :

- Une déshydratation ;
- Un manque d'électrolyte (magnésium +++ et potassium notamment) ;
- La réalisation d'un effort intense avec une grande fatigue musculaire.

Lorsque la crampe apparaît il faut stopper l'activité et étirer le muscle touché. Généralement en quelques secondes la crampe disparaîtra. L'activité physique pourra reprendre par la suite. On peut également masser la zone avec une pommade décontractante (Sport relax de chez Akiléine par exemple). Lorsque l'on ressent les prémices d'une crampe musculaire il faut diminuer l'intensité de l'effort et s'hydrater. (55)

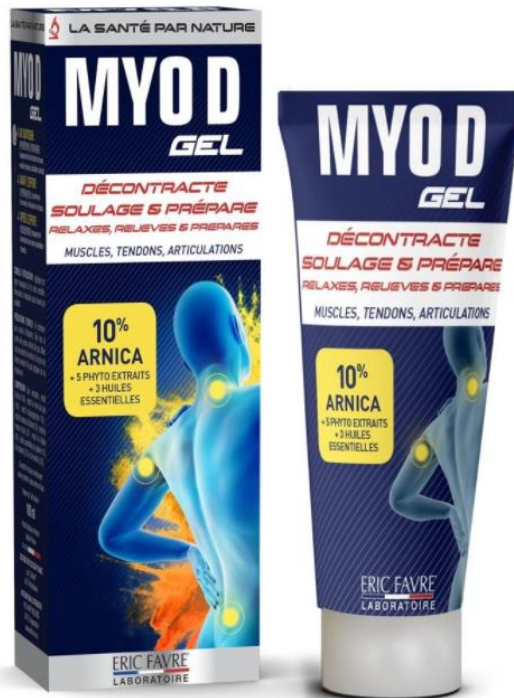


Figure 67 : exemple de gel relaxant musculaire

A l'officine si on est face à un patient sujet aux crampes pendant ses entraînements il faut lui donner les conseils suivants en prévention : (56)

- S'hydrater régulièrement et suffisamment ;
- Privilégier les eaux enrichies en oligo-éléments autour des entraînements ;
- S'échauffer convenablement ;
- Si les récives sont nombreuses, proposer une cure de magnésium pour palier une carence éventuelle. Ce type de cure devra durer un mois environ et il faudra apporter 400 milligrammes de magnésium par jour.

5. Les courbatures :

Elles correspondent à une lésion musculaire de grade 0 dans la classification évoquée précédemment. Elles sont fréquentes chez le sportif et correspondent à des douleurs musculaires d'apparition retardée. Elles peuvent concerner tout type de sportif, débutant comme confirmé, et se produiront généralement lors d'une reprise d'activité ou lorsque le patient modifiera son type d'entraînement. La douleur sera diffuse et concernera généralement tout un groupe musculaire. (54)

Les courbatures ne sont pas graves (grade 0) : elles sont en fait une simple conséquence du processus de régénération musculaire post effort. Processus qui induit une inflammation locale responsable de ces douleurs. Elles induiront néanmoins une baisse des performances et pourront augmenter le risque de blessures de gravité supérieure. L'idéal est donc de les traiter correctement avant de reprendre une activité physique. Le « traitement » est assez simple : attendre que les courbatures disparaissent.

On peut néanmoins proposer au patient qui se plaint de courbatures importantes, de masser les zones douloureuses avec certains baumes de notre pharmacie. Le baume Saint Bernard® par exemple. Ces massages vont jouer un rôle antalgique. Le traitement par le froid et la prise d'AINS va également aider à atténuer la douleur.

Mais pour que les entraînements se déroulent dans les meilleures conditions et que le patient puisse progresser plus rapidement il faut l'aider à éviter la survenue de courbatures. Il faudra qu'il augmente progressivement l'intensité et la durée de ses entraînements. Pratiquer des étirements doux en fin de séance ainsi que des activités dites de « décrassage » (marche ou course lente) les jours suivants peuvent nettement diminuer le taux d'apparition des courbatures. La prise de certains médicaments homéopathiques comme l'arnica 9CH ou la Sporténine® permettrait également de réduire ces risques.



Figure 68 : médicaments pouvant être utilisés dans le traitement des douleurs musculaires comme les courbatures

6. Les contractures :

Il s'agit d'une contraction douloureuse et durable d'un muscle. La souffrance musculaire est généralement due à une utilisation excessive. Elle disparaîtra en quelques jours.

Pour la traiter on pourra appliquer de la chaleur sur la zone douloureuse (thermothérapie). Les massages et la prise de décontractants musculaires comme le Miorel® (thiocolchicoside) peuvent également être associés. Les décontractants musculaires par voie orale devront être prescrits par un médecin.

Les méthodes de prévention sont les mêmes que celle évoquées précédemment.

7. La contusion musculaire :

Elle sera rare chez le sportif marathonien car elle correspond à un coup reçu sur le muscle en contraction. La douleur est située au point d'impact, on pourra observer une ecchymose dans certains cas. Elle est aussi appelée « béquille ». La peau peut devenir bleue violacée au bout de quelques heures, puis jaune verdâtre après quelques jours. (54)

Il faudra mettre au repos le muscle touché, appliquer localement du froid, masser avec un gel anti-inflammatoire, et prendre des antalgiques par voie orale si la douleur est importante. Si un patient se plaint d'une douleur importante après un choc sur le muscle il faut rester prudent car une contusion peut parfois cacher un problème plus important. Consulter un médecin peut s'avérer nécessaire.

Le tableau suivant est un récapitulatif des principales lésions musculaires et de leur prise en charge. Il faudra néanmoins adapter la prise en charge à chaque individu. Le ressenti musculaire est primordial. Il faut avancer à son rythme et sans bruler les étapes. En faisant ainsi on minimise le risque de récives.

Classification selon Jackson	Grade I (légère)		Grade II (modérée)	Grade III (sévère)	
	Grade 0 (courbature ou DOMS)	Grade I (contracture)		Grade III (claquage)	Grade IV (rupture)
Classification selon Durey-Rodineau et Brasseur					
Imagerie	Pas nécessaire		Echographie ± IRM		
Prise en charge médicale aiguë et subaiguë	<ul style="list-style-type: none"> • Charge adaptée • Antalgie si nécessaire (paracétamol) • Cryothérapie locale 		<ul style="list-style-type: none"> • POLICE dans les 48 premières heures • Antalgie (paracétamol ± opiacés palier 2) • Avis spécialisé ± ponction hématome entre J2 et J10 		
Phase 1 rééducative 3 x/jour :	Pas nécessaire	48 h	48 h-J7	48 h-J14	48 h-J14
<ul style="list-style-type: none"> • Stretching statique 3 x/jour • Douleur max. tolérée: 4/10 					
Phase 2 rééducative 7 jours/7 :	Pas nécessaire	J3	J7-J10	Semaine 2-4	Semaine 2-4
<ul style="list-style-type: none"> • Contractions isométriques d'intensité progressive • Douleur max. tolérée: 4/10 					
Phase 3 rééducative 3 jours/7 :	Pas nécessaire	J4	J10-J14	Semaine 5-6	Semaine 5-8
<ul style="list-style-type: none"> • Séries de 15 contractions excentriques et concentriques lentes d'intensité progressive • Réduire progressivement le nombre de répétitions 					
Phase 4 rééducative 3 jours/7 :	Pas nécessaire	≥ 5 jours	≥ 2 semaines	≥ 6 semaines	≥ 8 semaines
<ul style="list-style-type: none"> • Ajouter à la phase 3 des exercices explosifs et poursuivre l'augmentation des charges • Stretching, stabilisation et proprioception du tronc 					
Retour au sport :	≥ 2 jours	≥ 5 jours	≥ 2 semaines	≥ 6 semaines	≥ 8 semaines
<ul style="list-style-type: none"> • Amplitudes articulaires et force comparable au côté controlatéral • Absence de douleurs en activité. 					
Reprise de l'entraînement à intensité progressive, puis de la compétition					

Figure 69 : prise en charge des certaines lésions musculaires (51)

C- Les lésions tendineuses ou tendinopathies :

La principale lésion des tendons est la tendinite. C'est une inflammation chronique qui proviendra, dans la plupart des cas, d'une mauvaise adaptation du tendon aux muscles au cours d'un effort. Elle peut également provenir d'une répétition de microtraumatismes.

La tendinite est à l'origine d'un gonflement et d'une douleur d'apparition le plus souvent progressive. Cette douleur est susceptible d'irradier de façon plus ou moins importante dans le muscle et se manifeste lors de la mise en activité du tendon. Dans certains cas, elle persiste au repos et s'avère très gênante dans la réalisation des activités quotidiennes.

Les autres tendinopathies :

- La ténosynovite, qui touche le tendon dans son ensemble ;
- la tendinopériostite, qui affecte les insertions osseuses des tendons ;
- la ténosynovite, qui concerne la gaine du tendon ;
- la bursite, qui touche les bourses séreuses qui protègent le tendon ;
- la luxation tendineuse qui est une perte du trajet anatomique du tendon.

Ces tendinopathies surviennent généralement lorsque la personne est insuffisamment échauffée et hydratée. On peut classer ces tendinopathies en fonction du ressenti et via un interrogatoire du patient.

Stade 1	Douleur apparaissant après la réalisation de l'effort physique et régressant au repos
Stade 2	Douleur survenant en début d'exercice mais régressant une fois l'échauffement réalisé et réapparaissant au repos
Stade 3	Douleur survenant au début de l'effort physique et augmentant en intensité durant toute la durée de celui-ci, imposant son arrêt
Stade 4	Rupture tendineuse

Figure 70 : gravités des tendinites : classification de Blazina (57)

A l'officine il faudra orienter le patient vers une consultation médicale. Néanmoins il nous est possible d'effectuer les premiers soins :

- Mise au repos du tendon : c'est la base du traitement ;
- Immobilisation du tendon (orthèse ou strapping) ;
- Pommade anti-inflammatoire ;
- Cryothérapie : quelques minutes deux à trois fois par jour.

Dans le cas d'une tendinite, la reprise d'activité se fera après un repos d'au moins 10 à 15 jours. L'avis d'un médecin permettra d'évaluer la blessure et d'estimer la date de reprise d'activité.

Au niveau de la prévention il faudra rappeler les règles hygiéno-diététiques que nous avons évoquées dans la partie sur la préparation du marathon. Il faudra également revoir les techniques d'échauffement et les étirements après l'effort. Un rappel sur l'importance d'avancer progressivement dans sa préparation peut être nécessaire.

On peut également conseiller le port de bandage anti-tendinite pendant l'effort. Cela limitera le risque de récurrences. L'utilisation de certains patchs relaxants ou chauffants après l'effort peut également diminuer le risque de tendinites (Elastoplast® patchs, VoltaCare® Patchs chauffants, etc...).



Figure 71 : exemples de patchs autochauffants

D- Les lésions ligamentaires :

Les entorses sont des atteintes des ligaments générées par un mouvement forcé de l'articulation. L'exemple le plus courant pour les marathoniens est l'entorse de la cheville avec l'entorse des ligaments externes (voir figure 66).



Figure 72 : entorse de la cheville (57)

On trouvera également beaucoup d'entorses du genou. Elles seront généralement dues à une torsion du genou vers l'intérieur. C'est plus rare que l'entorse de cheville chez le coureur mais cela peut arriver.

Les symptômes d'une entorse se traduisent par une douleur importante, qui s'atténue d'abord avant de réapparaître lorsque le corps refroidit après l'effort. S'ensuit l'apparition d'un œdème, d'une ecchymose et d'une gêne pour se déplacer. (54)

Si le délai d'apparition de l'œdème et de l'ecchymose est rapide ou si le patient a entendu un craquement au moment de la blessure il faudra rapidement l'orienter vers la consultation médicale. Ce sont des signes qui attestent d'une entorse de gravité élevée. Ces signes devront être recherchés par le pharmacien lorsqu'un patient se présente avec une entorse. Il devra également orienter le patient vers un médecin si la douleur est trop intense ou si elle persiste au-delà de 48 heures après la mise au repos de l'articulation. S'il s'agit d'un enfant il s'agira le plus souvent d'une fracture plutôt qu'une entorse (les articulations et ligaments des enfants sont plus souples) il faudra donc l'envoyer chez le médecin également.

Dans les autres cas on pourra conseiller au patient de suivre le protocole G.R.E.C que nous avons déjà décrit : glaçage, repos, élévation (qui permettra de diminuer l'œdème via le retour veineux) et contention.

Pour cette dernière il faudra l'adapter à la gravité de l'entorse. Pour l'entorse de cheville :

- Chevillière ligamentaire ou strapping : pour les entorses bénignes ;
- Orthèse de cheville pour les entorses modérées.



Figure 73 : différents orthèses de cheville, le maintien augmentant de gauche à droite (58)

Pour l'entorse du genou il faudra :

- Une immobilisation totale (figure 68) pour les entorses graves ;
- Une genouillère souple avec renforts latéraux pour les cas moins graves.

C'est généralement le médecin (un spécialiste est conseillé dans le cas du genou) qui déterminera la gravité de l'entorse, ainsi que le traitement et le type de contention qui l'accompagne.



Figure 74 : attelle d'immobilisation totale

Une prise en charge de la douleur par topiques anti-inflammatoires et antalgiques par voie orale peut également être nécessaire. Par la suite, lorsque la cheville n'est plus douloureuse, la prise en charge par un kinésithérapeute est fortement recommandée avant toute reprise d'activité physique afin de récupérer la stabilité et l'équilibre du pied (rééducation proprioceptive) et ainsi d'éviter les récives.

La reprise d'une activité physique se fera dans un délai d'une à deux semaines pour une entorse bénigne et jusqu'à six à huit mois pour une entorse grave. Elle sera alors décidée lors de la rééducation par le médecin et le kinésithérapeute. (54)

La prévention des entorses repose sur un renforcement des ligaments de la cheville ou du genou par quelques exercices. En cas d'entorses à répétition, notamment au niveau de la cheville, un strapping durant l'activité physique permet de diminuer le risque. (57)

Le strapping peut être utilisé dans le traitement des entorses, mais aussi en prévention. L'objectif est de limiter l'amplitude du ligament tout en laissant à l'articulation sa liberté de mouvement habituelle. Mais attention, pour être efficace il doit être parfaitement posé. Il faudra également changer les bandes régulièrement.



Figure 75 : exemples de bandes de strapping

E- Les lésions ostéoarticulaires :

Dans cette partie nous allons aborder les pathologies aiguës, qui pourront survenir chez le sportif marathonien.

1. La fracture de fatigue :

Elle se manifeste par une douleur mécanique qui apparaît insidieusement lors d'un effort jusqu'à devenir invalidante. L'os n'est pas complètement fracturé mais il est fissuré. Ces fractures de fatigue sont dues à la répétition du geste (microtraumatismes répétés), au changement de nature du sol sur lequel le sportif pratique et à l'intensité de l'entraînement qui est régulièrement augmentée à l'approche des objectifs que le sportif s'est fixés. Il en est de même lorsque le sujet pratique une activité inhabituelle.

L'interrogatoire du patient sera la clé pour découvrir la fracture. Il faut rechercher l'historique de la douleur, le mode de survenu. Connaître les habitudes d'entraînement du coureur aidera dans le diagnostic. C'est l'imagerie qui permettra d'obtenir un diagnostic précis.



Figure 76 : radiographie d'une fracture de fatigue du métatarse du pied

La prise en charge commencera par la prise d'antalgiques. Il faudra décharger le membre touché (cannes anglaises) et la correction des facteurs qui ont pu provoquer cette fracture. La reprise d'activité se fera au bout de 4 à 8 semaines en fonction de la gravité. Il faudra évidemment faire une reprise lente et progressive. Certains entraînements croisés pourront être ajoutés au programme d'entraînement. L'objectif sera d'ajouter des séances où la zone de la fracture ne subira pas de traumatisme (natation +++). (59)

Il faudra également porter des chaussures en bon état et adaptées à la morphologie du coureur ainsi qu'à sa foulée. L'orientation vers un podologue devra être envisagée.

2. Le périostite tibiale :

Le syndrome de stress tibial médial (SSTM), aussi appelé périostite tibiale est une des pathologies les plus fréquentes chez le sportif pratiquant la course à pied. La manifestation clinique se situe du bord interne de la jambe, proche de la jonction entre l'os et les muscles du mollet. On constate une inflammation du périoste (aponévrose accrochée à l'os) causée par une contraction trop importante des muscles s'y insérant. Elle se manifeste dans différents sports nécessitant de fortes impulsions et des courses répétées.

La douleur est proportionnelle à l'intensité de l'effort. Elle diminuera jusqu'à l'arrêt au repos dans les débuts de la pathologie. Lors de la phase d'installation, les douleurs peuvent persister plusieurs jours même au repos. Dans les cas où elle n'est pas prise en charge on aura une évolution vers la chronicité avec une douleur permanente. Il est donc important de prendre en charge rapidement cette pathologie.

Il faudra arrêter l'activité physique pendant plusieurs dizaines de jours en fonction de la chronicité de la blessure. On ira de 15 jours pour les formes récentes jusqu'à 4 mois dans les formes sévères. (60)

Cet arrêt sera associé à de la cryothérapie et la prise d'un antalgique en fonction de la douleur. En prévention il faut corriger la foulée si elle est instable (semelle orthopédique par exemple) et faire correspondre les chaussures avec le type de foulée. Des chaussures avec un bon amorti réduiront le risque de pathologies ostéoarticulaires. Toujours augmenter progressivement la charge de travail.

II- Troubles dermatologiques et conseils associés

Les troubles et lésions cutanés sont légions chez le sportif. Nous avons abordé précédemment un trouble fréquent du coureur marathonien qui consiste en un échauffement et une irritation cutanés. Les mouvements répétés provoquent ces irritations, et c'est assez fréquent au niveau des mamelons (chez le coureur masculin) par exemple. Le traitement est avant tout préventif, avec le port de vêtements spécifiques en matière synthétique douce et non irritante. La taille doit être ajustée pour éviter les frottements. Enfin l'application d'une protection mécanique avant la course reste la meilleure solution avec l'application de pansements ou d'un corps gras (type vaseline). (38)

Mais c'est surtout au niveau des pieds du marathonien que l'on observera la majorité des lésions dermatologiques.

A- La phlyctène de friction :

Il s'agit en fait des ampoules, ce sont des lésions courantes. On les retrouvera généralement lorsque le sportif vient de changer de chaussures ou s'il débute la course à pied. Les ampoules sont la conséquence des frottements répétés, associée généralement à une augmentation de la chaleur et de l'humidité. (61)

Les ampoules renferment un liquide séreux. Elles peuvent soit rester fermées soit s'ouvrir et laisser la peau à vif (sans épiderme). La prise en charge va dépendre du type d'ampoule.

Phlyctène non percée et peu gênante	Phlyctène non percée mais gênant / douloureuse	Phlyctène percée	Phlyctène avec signe d'infection
<ul style="list-style-type: none"> • Remédier au frottement (changer chaussures ou type de chaussettes) ; • Nettoyer doucement avec eau et savon et placer un pansement adapté (généralement protecteur). 	<ul style="list-style-type: none"> • Nettoyer et sécher doucement. Puis percer l'ampoule (geste indolore) avec un outil stérile) ; • Evacuer le liquide, sécher la zone, recouvrir d'un pansement hydrocolloïde ; • Attendre jusqu'à ce que le pansement tombe et hydrater la zone. 	<ul style="list-style-type: none"> • Désinfecter la peau avec une solution antiseptique (Biseptine) ; • Placer un pansement hydrocolloïde ; • Attendre jusqu'à ce que le pansement tombe et hydrater la zone. 	<p>Dans ce cas il faudra orienter le patient vers une consultation médicale.</p> <p>Il faut faire attention aux patients diabétiques également.</p>

Figure 77 : prise en charge des différents phlyctènes (62)

La prévention reposera sur le port de chaussures et de chaussettes adaptées. De plus on pourra placer un pansement dit « anti-ampoule » sur les zones sensibles de nos pieds afin d'éviter toutes récurrences. Penser également à la crème anti-frottement qui comme nous l'avons déjà évoquée permettra de lubrifier et ramollir la peau. (62)

B- Hématome sous-unguéal :

Il s'agit d'une accumulation de sang sous l'ongle. Chez le marathonien il concernera généralement le gros orteil et sera assez fréquent. C'est, dans la plupart des cas, indolore mais si l'hématome est important il pourra provoquer une chute de l'ongle. (63)

Il faudra donc adapter la prise en charge à la taille de l'hématome et à la douleur que peut potentiellement ressentir le coureur. La douleur proviendra de la pression exercée par le sang sur l'ongle. Pour la diminuer il suffira de percer la plaque unguéale, la pression sera immédiatement réduite, tout comme la douleur qui l'accompagne.

Pour éviter une chute de l'ongle on appliquera un pansement compressif en faisant attention à ne pas couper la circulation sanguine.



Figure 78 : photographie d'un hématome sous unguéal au niveau du gros orteil

C- Les hyperkératoses : cors, durillons et callosités.

Les cors sont les hyperkératoses les plus fréquentes chez le marathonien. Il s'agit en réalité d'une réaction d'autodéfense de notre organisme. Face aux frottements répétés de la course à pied notre organisme va développer des excroissances « protectrices ». Ces cors seront durs ou mous. On les verra généralement apparaître sur les orteils.

Avant de chercher à les éliminer (ou du moins en parallèle) il faudra écarter la cause de leur survenue. Bien souvent il faudra changer de chaussures car le frottement sera bien souvent dû à ces dernières. C'est pour cette raison (et bien d'autres) qu'il est préférable de choisir ses chaussures de course avec les conseils d'un professionnel.

Pour éliminer le cor on appliquera une lotion kératolytique à base d'acide salicylique. L'objectif sera de décaper et d'éliminer le cor. (64)



Figure 79 : pansement et solution de traitement des cors

On va retrouver différentes formes pharmaceutiques : pommades, emplâtres ou encore solutions et pansements imprégnés comme sur la figure 70. Pour la solution (ou pommade) il faudra l'appliquer au coucher pendant 7 à 14 jours en fonction de la taille du cor. A titre personnel, je conseille d'appliquer un vernis transparent autour du cor : cela afin de protéger la peau contre la solution d'acide salicylique (risque de brûlure superficielle). Il

faudra d'ailleurs arrêter le traitement si la peau est lésée et le reprendre après cicatrisation. (65)

Si le cor est douloureux on pourra utiliser des coussinets plantaires ou des pansements adaptés (figure 70) qui peuvent être imprégnés et qui joueront un double rôle de protection et de traitement.

En cas de cors, callosités récalcitrantes ou de patient potentiellement à risque, il est recommandé de consulter un spécialiste afin qu'il intervienne avec des instruments professionnels pour pratiquer une excision.

En prévention on conseillera un ponçage régulier des callosités après un bain de pied dans l'eau chaude. Le bain permet de ramollir la peau. Le ponçage est indolore. Hydrater ses pieds régulièrement est un plus. (66)

Les durillons sont également des excroissances épaisses. Ils siègent généralement sous le pied (talon et plante). Ils se forment au niveau des zones de pression. On pourra les éliminer avec une solution coricide (acide salicylique) : pansement (Urgo durillon®) ou solution (Kérafilm®). Le traitement ressemble à celui des cors (64), tout comme la prévention (66).

D- Mycose cutanée :

Chez le coureur il est fréquent de développer une mycose appelée « pied d'athlète » ou intertrigo interdigital. Sa survenue est favorisée par un milieu chaud, humide et alcalin. Ce qui correspond à la transpiration et la macération. La contamination se fait par contact direct (interhumain, sol de piscine, vestiaires) et le champignon peut survivre plusieurs semaines dans un environnement favorable. (67)

Généralement les lésions apparaissent au quatrième espace interdigital, elles sont accompagnées d'un prurit important et parfois d'une sensation de brûlure. (68)



Figure 80 : photographie d'un intertrigo interdigital du pied (pied d'athlète)

Le traitement consiste à assécher les lésions par l'application d'éosine à l'eau à 2% et l'application locale d'une crème antifongique. Le choix de la forme galénique dépendra de l'aspect de la lésion : localisée ou étendue, suintante ou sèche. (67)

Il sera recommandé d'utiliser une lotion ou un gel pour les zones suintantes. En prévention, une poudre antifongique pourra être conseillée en application quotidienne dans les chaussures (voire sur les chaussettes).

Les antifongiques de type : Imidazolés (comme par l'éconazole) ou Allylamines (comme la terbinafine ou encore le ciclopirox olamine) seront recommandés en première intention. Ils sont généralement bien tolérés si ce n'est une légère irritation temporaire. La durée du traitement est de deux à huit semaines à raison d'une à deux applications par jour, et devra être prolongée même après la disparition des symptômes cliniques afin de limiter le risque de récurrence.

Une surinfection bactérienne est possible, elle nécessitera un traitement antibiotique local. Dans tous les cas il faudra conseiller le patient d'aller consulter un médecin, puis lui expliquer les bons gestes lors de l'application des traitements. Par exemple il faut conseiller de se laver soigneusement les mains avant et après l'application.

D'autres petites pathologies cutanées comme la **pseudochromidrose plantaire** ou les **papules piézogéniques**, peuvent concerner le sportif marathonien. Il peut être utile pour le pharmacien de savoir les reconnaître (figure 72) mais elles ne nécessitent pas de traitement et sont totalement bénignes. Elles disparaîtront après la diminution ou l'arrêt de l'activité physique.



Figure 81 : pseudochromidrose plantaire à gauche et papule piézogénique à droite

III- Troubles digestifs chez le coureur en endurance :

Il s'agit généralement de problèmes bénins. Ils auront une incidence sur la performance et pourront atteindre psychologiquement le coureur. Lorsqu'ils apparaissent souvent chez le même individu on a un risque élevé d'automédication. Il faut donc insister sur la prévention de ces troubles, prévention qui reposera sur un entraînement adapté et des mesures nutritionnelles. Pour plus de clarté on va regrouper ces troubles en fonction de leur localisation.

- Manifestations œsophagiennes qui concerneront le haut du système digestif : l'œsophage ;
- Manifestations gastriques : concerneront l'estomac qui se situe au milieu du système digestif ;
- Manifestations coliques : concernent les intestins qui se situent en bas du système digestif.

On trouve également les manifestations hémorragiques, qui sont beaucoup plus rares.

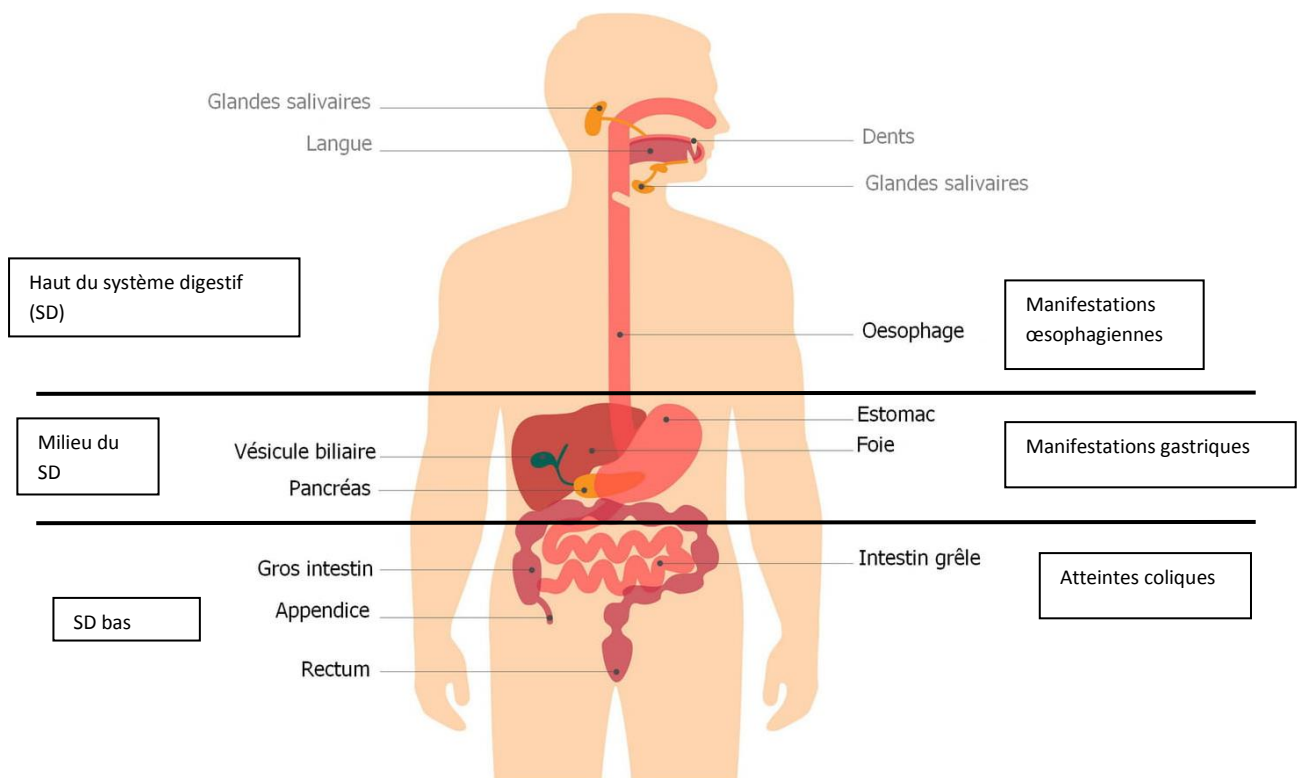


Figure 82 : le système digestif humain

A- Manifestations hémorragiques :

Commençons par une atteinte rare mais potentiellement dangereuse. Ces hémorragies se révèlent de manière plus prononcée en compétition, mais peuvent survenir dans le cas d'un effort moindre chez les sujets peu entraînés. Elles apparaîtront pendant l'épreuve ou rapidement après l'arrêt de l'effort. (69)

Nous avons déjà parlé des adaptations induites par l'effort prolongé au niveau digestif. L'ischémie digestive induite par la course à pied peut perdurer plusieurs heures après l'arrêt de l'effort. Dans certains cas cette ischémie provoquera des lésions de la muqueuse (via une diminution de la production du mucus protecteur). C'est généralement à l'arrêt de l'effort et lors de la redistribution vasculaire que surviendront les phénomènes hémorragiques. (70)

Dans ce cas assez rare il faudra orienter le patient vers une hospitalisation. L'objectif est double : corriger le problème et surveiller son évolution. Par la suite il faudra maintenir des activités d'endurance modérée et augmenter le rythme très progressivement.

B- Atteintes basses ou coliques :

Ce sont les troubles digestifs que l'on rencontrera le plus : douleurs abdominales, envie de défécation pressante et diarrhée du coureur. La diarrhée du coureur est assez rare, néanmoins elle peut se produire chez le sportif très stressé ou atteint d'une colopathie fonctionnelle (ischémie ou réaction anaphylactique induite par l'effort).

L'ischémie digestive amène, une anomalie du transit (il sera ralenti ou accéléré en fonction des individus) qui pourra, dans certains cas, causer des troubles. Mais ces manifestations coliques proviennent également de la modification de la perméabilité intestinale. En se modifiant elle laisse passer certaines bactéries, cela provoque des réactions inflammatoires pouvant expliquer les douleurs et gênes ressenties. (70)

Le pharmacien pourra jouer un rôle important dans le traitement et la prévention de ces troubles. En période d'entraînement il faudra adapter son entraînement en fonction de l'objectif final. Dans le cas d'un marathon il faudra notamment habituer notre corps à des efforts longs. Pour éviter tout problème pendant la course il faudra adapter sa diététique en

amont : alimentation variée, équilibrée et régulière. Les ravitaillements auront été testés en amont (lors de l'entraînement « simulation marathon » par exemple).

Si les conseils hygiéno-diététiques ne suffisent pas, un traitement symptomatique sera mis en place : la diosmectite (Smecta®) par ses propriétés absorbantes et protectrices constitue le traitement de premier recours.

C- Les manifestations gastriques :

On y regroupe les douleurs gastriques (comme les crampes d'estomac), les nausées et les vomissements. Ces manifestations proviennent d'une modification de la vidange gastrique. Celle-ci sera modifiée en fonction de l'effort fourni : elle sera inchangée ou accélérée pour des efforts se situant entre 50 et 70% de la VO₂max, et sera ralentie au-delà. La répétition d'efforts modérés (d'intensité inférieure à 70% de la VO₂max) suffit à engendrer un ralentissement de la vidange gastrique. (71)

Mais généralement l'effort seul ne provoquera pas de manifestation gastrique, l'alimentation aura un rôle fondamental dans l'apparition de ces troubles. Par exemple l'ingestion d'aliments ou de boissons fortement concentrés en glucose pourra provoquer un ralentissement de la vidange gastrique. (70) (71)

Des erreurs individuelles commises lors d'un ravitaillement pendant l'effort (comme l'ingestion répétée de volumes trop importants et/ou pris de manière trop rapprochée) risquent également de majorer les symptômes.

Le traitement résidera principalement dans la prévention. En effet une alimentation équilibrée et variée, accompagnée d'une hydratation correcte, limitera fortement les risques gastriques. De plus l'entraînement aura des effets bénéfiques. En effet, chez les athlètes entraînés la vidange gastrique resterait quasi identique au cours d'un effort. (38)

Nous avons vu précédemment que les glucides constituent le ravitaillement principal pendant le marathon. Il faudra néanmoins éviter certaines erreurs pouvant provoquer des désordres gastriques. Les conseils du pharmacien : (43)

- Tester ses ravitaillements en amont (par exemple pendant l'entraînement) ;
- Augmenter progressivement la concentration en glucide de ses ravitaillements (afin d'identifier le seuil de tolérance gastrique) ;
- Pendant la course suivre les conseils abordés dans la partie III, chapitre II : gestion de l'effort. Conseils sur l'alimentation et l'apport hydrique.

Si les symptômes persistent malgré les recommandations il faudra se tourner vers la médication. Le Smecta® pris en amont de l'exercice sera généralement suffisant. Face à un cas de récurrences préoccupantes malgré le suivi de toutes les recommandations précédentes il faudra orienter le patient vers la consultation médicale.

D- Les manifestations œsophagiennes :

Là encore, ces manifestations seront influencées par l'intensité de l'exercice et sa durée. Généralement asymptomatique, le symptôme prépondérant de ces manifestations sera le reflux gastro-œsophagien (RGO). (70)

Pour limiter les risques de reflux il est important de respecter un certain délai entre l'ingestion d'un repas et la pratique sportive. Ou alors il faudra que ce repas ressemble à un ravitaillement (petite quantité, facile à assimiler, etc...). Face à un patient qui présente des reflux pendant un effort le pharmacien pourra conseiller la prise d'anti-H2 (comme la ranitidine 150 milligrammes) ou d'inhibiteurs de la pompe à protons (IPP comme l'oméprazole 20 milligrammes). Il devra aussi orienter le patient vers une consultation médicale si ces problèmes apparaissent régulièrement. En effet si la douleur ressemble à une précordialgie (douleur située en avant du cœur dans la région précordiale) il faudra éliminer une cause cardiaque. (69)

IV- Les autres troubles du sportif marathonien :

Dans ce chapitre nous aborderons d'autres petits maux qui peuvent accompagner la pratique de la course à pied en endurance. Ils sont facilement évitables car généralement liés à des facteurs environnementaux.

A- Le coup de chaleur :

Nous l'avons vu, notre organisme est capable de mettre en place certaines adaptations afin de maintenir une température corporelle acceptable. Néanmoins lorsque la température extérieure sera supérieure à 30°C les mécanismes compensatoires ne suffiront plus. Il pourra alors se produire un coup de chaleur (ou hyperthermie d'effort). (72)

Il n'est pas à prendre à la légère, en effet, s'il n'est pas pris en charge rapidement il pourra entraîner la mort du coureur. Cliniquement on observera :

- Une élévation de la température au-delà de 40°C ;
- Un arrêt de la sudation avec une peau chaude et sèche ;
- Un pouls et une respiration anormalement rapides ;
- Un comportement délirant ou une perte de connaissance.

C'est ce dernier point qui sera le plus évocateur, le système nerveux est en effet très sensible à l'élévation de la température corporelle. Le traitement est simple : il faut refroidir la personne. On peut par exemple la plonger dans un bain d'eau froide et la couvrir d'un linge humide froid. Ventiler la personne est également important.

La prévention est également assez simple : (72)

- éviter de faire votre sortie aux heures les plus chaudes ;
- boire régulièrement de l'eau sans attendre d'avoir soif ;
- se rafraîchir et se mouiller le corps (au moins le visage et les avant bras) plusieurs fois au cours de la séance ;
- garder un effort physique mesuré en cas de sortie sous une température élevée ;
- penser à donner régulièrement des nouvelles à ses proches et, dès que nécessaire, demander de l'aide.

B- Hypothermie :

L'hypothermie est, quant à elle, associée à une longue période d'exposition au froid. Elle se traduira par une baisse de la température corporelle en dessous de 35°C. Les fonctions vitales se dégraderont progressivement jusqu'à l'arrêt cardiorespiratoire de l'individu. Elle concernera moins les sportifs marathoniens mais il est préférable de savoir la traiter et l'éviter. (73)

La prise en charge d'une hypothermie si elle est modérée consiste simplement à couvrir le sportif avec une couverture, porter des vêtements secs et boire des boissons chaudes. Si l'hypothermie est plus sévère une prise en charge médicale sera nécessaire.

Les mesures préventives sont également assez simples, avec le port de vêtements adaptés, isolants, en multipliant les couches, et la connaissance des conditions météorologiques de la sortie. Il ne faut pas minimiser le port des gants ou de chaussettes épaisses lorsqu'il fait très froid. Le risque est d'attraper une engelure, ce qui peut être douloureux et potentiellement grave pour la partie du corps concernée.

C- Asthme d'effort : (74)

C'est un problème fréquent chez le sportif. Il concernera les sportifs exposés au froid là encore. Et attention il peut survenir chez tous les sportifs, même ceux qui n'ont pas de pathologies asthmatiques. Cet asthme est provoqué par un refroidissement des voies respiratoires, l'inhalation d'un air froid et sec va favoriser sa survenue. Il se traduit par des symptômes d'une crise d'asthme qui débute par une toux sèche ou une respiration sifflante, survenant au décours d'un effort ou, plus souvent, juste après son arrêt.

D'autres facteurs comme l'intensité et la durée de l'effort peuvent favoriser la survenue de cet asthme. En effet un effort intense augmente le débit ventilatoire, ce qui oblige à respirer la bouche ouverte. Cette respiration buccale ne permet plus à l'air d'être réchauffé et humidifié par le nez. De plus, les allergènes ou les particules irritantes présentes dans l'air ne sont plus filtrés par le nez et arrivent directement dans les bronches.

Chez le sportif qui possède un terrain asthmatique il pourra être prévenu en inhalant un bronchodilatateur (Ventoline par exemple) quelques minutes avant l'effort. Chez les autres individus il faudra stopper l'effort, tenter de calmer sa respiration et attendre que la crise passe. Ne pas paniquer est important.

Pour la prévention il faut :

- Un échauffement de 15 minutes, pour habituer les bronches à l'activité et à la température ambiante ;
- Le port d'une écharpe devant la bouche quand il fait très froid ;
- Une hydratation régulière ;
- Un arrêt très progressif de l'effort.

D- Le point de côté :

Même si le point de côté est inoffensif, il peut être très douloureux ce qui nous obligera parfois à nous arrêter en plein entraînement. Il correspond à un signal d'alarme de notre corps. Un défaut d'afflux sanguin ou une respiration irrégulière et superficielle peuvent causer un point de côté.

Pour l'éviter il faut bien s'échauffer, manger et s'hydrater convenablement, garder une allure correcte et augmenter le rythme de façon progressive. Avoir un corps bien gainé est un atout dans la prévention des points de côté. Il faudra également contrôler sa respiration, la garder régulière autant que faire se peut. (75)

CONCLUSION

Nous venons de le voir, le pharmacien d'officine a un rôle à jouer dans l'accompagnement du sportif marathonnien, que ce soit dans l'optimisation de la dépense énergétique, dans l'amélioration de la diététique ou dans la prise en charge et la prévention des maux du marathonnien.

La pratique sportive est fortement encouragée de nos jours. On en fait la publicité partout, que ce soit à la télévision, à l'école dès le plus jeune âge et même dans la prise en charge et la prévention de certaines maladies de nos aînés. Il s'agit d'un enjeu de santé publique et notre rôle de pharmacien sera de savoir conseiller les patients et les accompagner dans la pratique de ces activités.

Comme nous l'avons abordé en première partie de ce travail, le marathon est une course mythique à laquelle aspire de très nombreuses personnes. Et ce nombre ne cesse d'augmenter. Dans ce contexte le pharmacien doit pouvoir conseiller les coureurs.

Sur le plan de la diététique, l'alimentation du sportif doit être variée et équilibrée, on note encore trop souvent des erreurs commises par les sportifs. De plus face à l'explosion des compléments alimentaires destinés au sportif, il faut que nous (pharmaciens) soyons vigilants quant à la qualité des produits que nous proposons. Nous devons avant tout promouvoir les apports alimentaires variés et équilibrés tout en aidant le marathonnien à les adapter à sa dépense énergétique.

Pour ce qui est de la pratique de la course à pied, le pharmacien devra rappeler les bases telles que la préparation, l'échauffement et la récupération, qui sont trop souvent négligés alors qu'ils sont bénéfiques pour la performance et dans la prévention des maux de la course à pied. L'échauffement est primordial, il permet de solliciter nos muscles, nos tendons, nos articulations mais aussi de préparer notre organisme aux conditions extérieures (élévation de la température corporelle). La récupération est également fondamentale, notamment après une compétition car si elle n'est pas respectée nous exposons notre corps à des risques de fatigue physique et de surentrainement qui auront des conséquences néfastes. Notamment un risque majoré de survenue de blessure.

Mais la prévention des blessures passent aussi par l'achat d'un matériel adapté à notre corps : chaussures spécifiques à notre type de foulée, utilisation de semelles orthopédiques, vêtements permettant à notre corps de faire des échanges gazeux avec l'extérieur, chaussettes et gants épais lorsqu'il fait très froid, matières limitant le frottement et les risques associés, etc...

Le pharmacien doit également connaître et se tenir informé des nouvelles tendances gravitantes autour de la pratique des sports. Par exemple la cryothérapie et son évolution.

Avec son accessibilité et sa proximité, l'officine est généralement le premier le lieu où se rendra un sportif blessé (selon la gravité de la blessure bien entendu). Le pharmacien doit donc avoir les notions lui permettant d'orienter le patient dans la prise en charge de sa blessure ou de son traumatisme. Il faudra notamment savoir orienter le patient vers une consultation médicale et apporter les conseils de la prise en charge immédiate (compression, poche de chaud, de froid, prise d'antalgique, etc...).

Pour toutes ces raisons, le pharmacien a une place importante dans l'accompagnement du sportif marathonien, et du sportif en général. Nous devons savoir conseiller le sportif afin que son activité reste avant tout un plaisir. Les conseils engloberont la préparation, la diététique et la récupération notamment afin que les performances augmentent et que l'individu puisse réaliser ses objectifs le jour J sans blessure ou trouble associé.

BIBLIOGRAPHIE

1. LAGRUE P. MARATHON, sport. In Encyclopædia Universalis;
2. Lunzenfichter A, Radcliffe P. De Marathon au marathon: 2500 ans de marathon (-490-2010). 3e édition mise à jour. Biarritz (Pyrénées Atlantiques): Atlantica; 2010.
3. Pointu R, Mimoun A. Les Marathons olympiques: Athènes 1896, Athènes 2004. Paris: Calmann-Lévy; 2003.
4. L'étrange marathon de Londres devenu légendaire [Internet]. Olympics.com. Disponible sur: <https://olympics.com/fr/series-originales/episode/l-etrange-marathon-de-londres-devenu-legendaire>
5. Denzler R. Le marathon : une pratique de classe ? Sociétés Contemp. 1991;5(1):163- 5.
6. Les 7 plus grands marathons du monde en chiffres [Internet]. leparisien.fr. 2016. Disponible sur: <https://www.leparisien.fr/sports/interactif-les-7-plus-grands-marathons-du-monde-en-chiffres-02-04-2016-5681307.php>
7. Zatopek fait passer le marathon pour une promenade de santé [Internet]. Olympics.com. Disponible sur: <https://olympics.com/fr/series-originales/episode/zatopek-fait-passer-le-marathon-pour-une-promenade-de-sante>
8. Eliud Kipchoge: Fastest marathon distance (male) [Internet]. Guinness World Records. [cité 14 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.guinnessworldrecords.com/records/hall-of-fame/eliud-kipchoge-fastest-marathon-distance-male>
9. Jones DA, Round J, Haan A de, Sesboüé B, Rieu M. Physiologie du muscle squelettique: de la structure au mouvement. Paris: Elsevier; 2005.
10. Cordonnier M-N. La mémoire des muscles [Internet]. Purlascience.fr. Pour la Science; [cité 25 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.purlascience.fr/theme/immunité/https://www.purlascience.fr/theme/immunité/la-memoire-des-muscles-10654.php>
11. Mécanismes de la contraction [Internet]. Institut de Myologie. Disponible sur: <https://www.institut-myologie.org/enseignement/connaissances-sur-le-muscle/mecanismes-de-la-contraction/>
12. Di Giorgio C. Cours sur l'hygiène et la diététique de sportif. Faculté de Pharmacie de Marseille; 2020.
13. Kuo, Browning, Ivy. Regulation of GLUT4 protein expression and glycogen storage after prolonged exercise. Acta Physiol Scand. 1999;165(2):193- 201.
14. Casanova M. Cours sur la Physiologie de l'activité sportive. Faculté de Pharmacie de Marseille; 2020.

15. Casanova M. Cour sur les activités physiques et sportive. Faculté de Pharmacie de Marseille; 2020.
16. Egan B, Zierath JR. Exercise Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation. *Cell Metab.* 5 févr 2013;17(2):162- 84.
17. Larson P, Higgins E, Kaminski J, Decker T, Preble J, Lyons D, et al. Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *J Sports Sci.* déc 2011;29(15):1665- 73.
18. Lacour J-R. Activité musculaire et dépense d'énergie. *Rev Mal Respir.* 1 déc 2011;28(10):1278- 92.
19. Brigaud F, Verrier LP. Guide de la foulée avec prise d'appui avant-pied. Gap, France: Éd. Désiris; 2015. 95 p.
20. Ehrström S. Analyse de la performance en trail courte distance Déterminants physiologiques, spécificité de la sollicitation musculaire et stratégies d'optimisation. 2020.
21. Brigaud F. Guide de la foulée avec prise d'appui avant-pied. Gap: Éd. Désiris; 2015.
22. Niko. Eliud Kipchoge en moins de 2h au marathon : l'analyse détaillée [Internet]. *Running Addict.* 2019 [cité 14 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.running-addict.fr/portraits-de-coueurs/eliud-kipchoge-moins-de-2h-au-marathon/>
23. Nicolas Spiess. Comment choisir une chaussure running qui VOUS convient ? [Internet]. *Running Addict.* 2018. Disponible sur: <https://www.running-addict.fr/conseil-running/comment-choisir-une-chaussure-running/>
24. Bassez A. Le système respiratoire. Société française des infirmiers anesthésistes. 2013.
25. Perrault H, Richard R. Adaptation du transport cardiocirculatoire à l'exercice. *Rev Mal Respir.* 1 avr 2012;29(4):501 - 20.
26. L'adaptation du système cardiovasculaire à l'effort [Internet]. VIDAL. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/sante/sport/corps-sport/coeur-vaisseaux-pendant-sport/adaptation-effort.html>
27. Brooks GA. Importance of the 'Crossover' Concept in Exercise Metabolism. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 1997;24(11):889- 95.
28. Trudeau F, Milot M, Paré M, Plourde K. Réponses plasmatiques et ajustement de l'intensité d'exercice par la fréquence cardiaque ou la charge de travail. *Sci Sports.* 1 avr 1997;12(2):123- 8.
29. Comment adapter son hydratation à l'effort ? [Internet]. IRBMS. 2015 [cité 2 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.irbms.com/hydratation-effort/>
30. Kern L. Dépendance et exercice physique: une échelle de dépendance à l'exercice physique. *Psychol Fr.* 1 déc 2007;52(4):403- 16.

31. La prise en charge officinale des blessures du sportif. *Actual Pharm.* 1 juin 2014;53(537):21- 32.
32. Beaudouin E. Anaphylaxie alimentaire induite par l'effort : épidémiologie et aspects cliniques. *Rev Fr Allergol.* 1 avr 2010;50(3):184- 7.
33. Gomez-Merino D, Portero P. Besoins en protéines et activités physiques: Aspects pratiques. *Kinésithérapie Rev.* 1 mai 2007;7(65):40- 4.
34. Hinton PS. Iron and the endurance athlete. *Appl Physiol Nutr Metab.* sept 2014;39(9):1012- 8.
35. L'Institut national du sport, de l'expertise et de la performance [Internet]. INSEP. [cité 1 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.insep.fr/fr>
36. Gêrus P épouse D, Berton E. Modélisation biomécanique de l'interaction tendon-aponévrose-fibre pour estimer les forces musculaires: apport des mesures échographiques. 2011.
37. Kiens B, Essen-Gustavsson B, Christensen NJ, Saltin B. Skeletal muscle substrate utilization during submaximal exercise in man: effect of endurance training. *J Physiol.* sept 1993;469:459- 78.
38. Saunders C, Wilkinson, Dunne, Palffy, Sturgeon, Fox. *The complete running and marathon book.* Dorling Kindersley Limited; 2014.
39. Jones DA, Round J, Haan A de, Sesboüé B, Rieu M. *Physiologie du muscle squelettique: de la structure au mouvement.* Paris: Elsevier; 2005.
40. Bringard A, Denis R, Belluye N, Perrey S. Compression élastique externe et fonction musculaire chez l'homme. *Sci Sports.* 1 févr 2007;22(1):3- 13.
41. time to. *MARATHON, LE GUIDE DE PREPARATION.* :25.
42. Schneider Electric Marathon de Paris - Plans & Guides [Internet]. [cité 6 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.schneiderelectricparismarathon.com/fr/se-preparer/plan-guides>
43. Di Giorgio C. *Cour sur la supplémentation et l'hygiène du sportif.* 2020.
44. Vallier J-M, Mazure C, Hausswirth C, Bernard T, Brisswalter J. Coût énergétique de la course à pied lors de l'enchaînement spécifique d'un duathlon. *Can J Appl Physiol.* oct 2003;28(5):673- 84.
45. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis | *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* [Internet]. [cité 7 nov 2021]. Disponible sur: <https://journals-physiology-org.lama.univ-amu.fr/doi/full/10.1152/ajpregu.00114.2004>
46. Martin-Krumm C. *Les diplômes des activités physiques et sportives: anatomie, physiologie, neuroscience du sport et entraînement.* Paris: Dunod; 2016. (Je prépare).

47. Que boire pendant le sport ? [Internet]. VIDAL. [cité 17 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/sante/nutrition/equilibre-alimentaire-sportif/besoins-eau-sportifs/que-boire.html>
48. Bieuzen F, Louis J, Hausswirth C. Cryothérapie corps entier et exercice. *Sci Sports*. 1 avr 2015;30(2):113- 8.
49. Egan B, Zierath JR. Exercise Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation. *Cell Metab*. 5 févr 2013;17(2):162- 84.
50. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and Type 2 Diabetes: The American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care*. 1 déc 2010;33(12):e147- 67.
51. Rochcongar P, Pernes J, Carré F, Chaperon J. Incidence des traumatismes liés à la course à pied. Résultats d'une enquête auprès de 1153 coureurs. *Sci Sports*. 1 janv 1995;10(1):15- 9.
52. Besch S, Khiami F, Rodineau J, Journée de traumatologie du sport de la Pitié-Salpêtrière. Un sport, une lésion deux options. Montpellier, France: Sauramps Médical; 2018. 222 p.
53. Prise en charge des lésions musculaires aiguës en 2018 [Internet]. *Revue Medicale Suisse*. [cité 12 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2018/revue-medicale-suisse-613/prise-en-charge-des-lesions-musculaires-aigues-en-2018>
54. Walker B, Gengoux M. Anatomie des blessures du sportif: guide illustré pour prévenir, reconnaître et traiter les blessures sportives. Noisy-sur-École, France: Budo éditions; 2015. 270 p.
55. Rochcongar P, Rivière D, Monod H. Médecine du sport pour le praticien. Issy-les-Moulineaux, France: Elsevier, Masson, DL 2013; 2013. xviii+570.
56. Le rôle du pharmacien dans la prévention des blessures du sportif. *Actual Pharm*. 1 juin 2014;53(537):18- 20.
57. La prise en charge officinale des blessures du sportif. *Actual Pharm*. 1 juin 2014;53(537):21- 32.
58. Attelles d'immobilisation de cheville: protections, chevillère de maintien... [Internet]. [cité 12 nov 2021]. Disponible sur: <https://fr.thuasne.com/fr/tous-les-produitspar-partie-du-corps/cheville>
59. Frey A. Fracture de fatigue au niveau des pieds. *Wwwem-Premiumcomdatarevues17667313v15i87S1766731319300639* [Internet]. 23 mai 2019 [cité 12 nov 2021]; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.lama.univ-amu.fr/article/1294760>
60. Baron M. Les facteurs de risque de la périostite tibiale chez le coureur à pied. 30 juin 2020;73.

61. Descamps V, Doumenc B, Claessens Y-E, Haegy J-M, Gaston P, Ganansia O, et al. Manifestations cutanées au cours des ultratrails : expérience du marathon des sables 2014. *Ann Dermatol Vénéréologie*. 1 déc 2014;141(12, Supplement):S359- 60.
62. Que faire en cas d'ampoules ? [Internet]. [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/ampoules-cloques/que-faire-quand-consulter>
63. Traumatisme de l'ongle et de l'extrémité du doigt [Internet]. [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/urgence/accidents-domestiques/traumatisme-ongle-extremite-doigt>
64. Traitement des cors, callosités et durillons des pieds [Internet]. [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/cors-pieds/traitement>
65. Comment Enlever un Cor au Pied et Éviter son Inflammation? | Compeed® [Internet]. Compeed® FR. 2019 [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.compeed.fr/traitements/cors/comment-enlever-un-cor-au-pied-et-eviter-son-inflammation/>
66. Prévenir les cors, callosités et durillons [Internet]. [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/cors-pieds/prevention>
67. Salmon-Ehr V, Kalis B. Dermatoses du sportif. *Rev Fr Allergol Immunol Clin*. 1 mai 1997;37(3):367- 9.
68. Dreyfuss G, Marquet P, Antonini M, Dalmay F, Chassain A. Mycoses cutanées du sportif: Résultats d'une étude épidémiologique descriptive de 18 mois. *Sci Sports*. 1 mars 1990;5(1):53- 9.
69. Watelet J, Bronowicki J-P. Pathologie hépatogastroentérologique du sportif. *EMC - Hépatogastroenterol*. 1 févr 2005;2(1):1- 11.
70. Troubles hépato-digestifs du sportif. *Gastroentérologie Clin Biol*. 1 mai 2005;29(5):522- 32.
71. Gomez-Merino D, Portero P. Nutrition glucidique et exercice physique : aspects pratiques. *Kinésithérapie Rev*. 1 oct 2006;6(58):38- 43.
72. Lavallart B, Cretin C, Michelon P, Gentric A. Prise en charge médicale des pathologies liées à un excès de chaleur. Numéro thématique. Plan National Canicule [Internet]. 2004 [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/article/prise-en-charge-medicale-des-pathologies-liees-a-un-exces-de-chaleur>
73. Hypothermie [Internet]. [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/froid-pathologies-sante/hypothermie>
74. L'asthme d'effort n'est pas une fatalité ! [Internet]. [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/asthme-vivre-maladie/asthme-effort-pas-une-fatalite>

75. Marre des points de côté pendant la course ? 12 conseils pour l'éviter [Internet]. Blog adidas Runtastic. 2019 [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.runtastic.com/blog/fr/12-conseils-pour-eviter-le-point-de-cote-pendant-la-course/>

SERMENT DE GALIEN

Je jure, en présence de mes maîtres de la Faculté, des conseillers de l'Ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

- ❖ D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- ❖ D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- ❖ De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.*
- ❖ En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.*

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre, méprisé de mes confrères, si j'y manque.