



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE LORRAINE
2016

FACULTE DE PHARMACIE

T H E S E

Présentée et soutenue publiquement

Le 18 novembre 2016, sur un sujet dédié à :

**Amélioration des performances mentales et physiques
du sportif en s'appuyant sur la phytothérapie**

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par
Camille Bloch

Née le 8 juillet 1989

Membres du Jury

Président :	Madame Dominique Laurain-Mattar,	Professeur des Universités
Juges :	Monsieur Jean-Claude Sonntag, Monsieur Christian Hollard, Monsieur TERENCE Courbariaux,	Pharmacien d'officine Pharmacien d'officine Pharmacien d'officine

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2016-2017

DOYEN

Francine PAULUS

Vice-Doyen

Béatrice FAIVRE

Directeur des Etudes

Virginie PICHON

Conseil de la Pédagogie

Président, Brigitte LEININGER-MULLER

Collège d'Enseignement Pharmaceutique Hospitalier

Président, Béatrice DEMORE

Commission Prospective Facultaire

Président, Christophe GANTZER

Vice-Président, Jean-Louis MERLIN

Commission de la Recherche

Président, Raphaël DUVAL

Responsable de la filière Officine

Responsables de la filière Industrie

Responsable de la filière Hôpital

Responsable Pharma Plus ENSIC

Responsable Pharma Plus ENSAIA

Responsable Pharma Plus ENSGSI

Responsable de la Communication

Responsable de la Cellule de Formation Continue

et individuelle

Responsable de la Commission d'agrément

des maîtres de stage

Responsable ERASMUS

Béatrice FAIVRE

Isabelle LARTAUD,

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Béatrice DEMORE

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Raphaël DUVAL

Igor CLAROT

Marie-Paule SAUDER

Béatrice FAIVRE

Béatrice FAIVRE

Mihayl VARBANOV

DOYENS HONORAIRES

Chantal FINANCE

Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Jeffrey ATKINSON

Jean-Claude BLOCK

Max HENRY

Alain MARSURA ✕

Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

Roger BONALY

Pierre DIXNEUF

Marie-Madeleine GALTEAU

Thérèse GIRARD

Michel JACQUE

Pierre LABRUDE

Vincent LOPPINET

Janine SCHWARTZBROD

Louis SCHWARTZBROD

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES

Monique ALBERT

Mariette BEAUD

Gérald CATAU

Jean-Claude CHEVIN

Jocelyne COLLOMB

Bernard DANGIEN

Marie-Claude FUZELLIER

Françoise HINZELIN

Francine KEDZIEREWICZ

Marie-Hélène LIVERTOUX

Bernard MIGNOT

ASSISTANTS HONORAIRES

Marie-Catherine BERTHE
Annie PAVIS

Jean-Louis MONAL
Blandine MOREAU
Dominique NOTTER
Christine PERDICAKIS
Marie-France POCHON
Anne ROVEL
Gabriel TROCKLE
Maria WELLMAN-ROUSSEAU
Colette ZINUTTI

ENSEIGNANTS

Section CNU*

Discipline d'enseignement

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

Danièle BENSOUSSAN-LEJZEROWICZ	82	Thérapie cellulaire
Jean-Louis MERLIN	82	Biologie cellulaire
Alain NICOLAS	80	Chimie analytique et Bromatologie
Jean-Michel SIMON	81	Economie de la santé, Législation pharmaceutique
Nathalie THILLY	81	Santé publique et Epidémiologie

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Christine CAPDEVILLE-ATKINSON	86	Pharmacologie
Igor CLAROT ☒	85	Chimie analytique
Joël DUCOURNEAU	85	Biophysique, Acoustique, Audioprothèse
Raphaël DUVAL	87	Microbiologie clinique
Béatrice FAIVRE	87	Biologie cellulaire, Hématologie
Luc FERRARI	86	Toxicologie
Pascale FRIANT-MICHEL	85	Mathématiques, Physique
Christophe GANTZER	87	Microbiologie
Frédéric JORAND	87	Eau, Santé, Environnement
Isabelle LARTAUD	86	Pharmacologie
Dominique LAURAIN-MATTAR	86	Pharmacognosie
Brigitte LEININGER-MULLER	87	Biochimie
Pierre LEROY	85	Chimie physique
Philippe MAINCENT	85	Pharmacie galénique
Patrick MENU	86	Physiologie
Jean-Bernard REGNOUF de VAINS	86	Chimie thérapeutique
Bertrand RIHN	87	Biochimie, Biologie moléculaire

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

Béatrice DEMORE	81	Pharmacie clinique
Alexandre HARLE ☒	82	Biologie cellulaire oncologique
Julien PERRIN	82	Hématologie biologique
Marie SOCHA	81	Pharmacie clinique, thérapeutique et biotechnique

MAITRES DE CONFÉRENCES

Sandrine BANAS	87	Parasitologie
Xavier BELLANGER	87	Parasitologie, Mycologie médicale
Emmanuelle BENOIT	86	Communication et Santé
Isabelle BERTRAND	87	Microbiologie
Michel BOISBRUN	86	Chimie thérapeutique
François BONNEAUX	86	Chimie thérapeutique
Ariane BOUDIER	85	Chimie Physique
Cédric BOURA	86	Physiologie

Joël COULON	87	Biochimie
Sébastien DADE	85	Bio-informatique
Dominique DECOLIN	85	Chimie analytique
Roudayna DIAB	85	Pharmacie galénique
Natacha DREUMONT	87	Biochimie générale, Biochimie clinique
Florence DUMARCAÏ	86	Chimie thérapeutique
François DUPUIS	86	Pharmacologie
Adil FAIZ	85	Biophysique, Acoustique
Anthony GANDIN	87	Mycologie, Botanique
Caroline GAUCHER	86	Chimie physique, Pharmacologie
Stéphane GIBAUD	86	Pharmacie clinique
Thierry HUMBERT	86	Chimie organique
Olivier JOUBERT	86	Toxicologie, Sécurité sanitaire
ENSEIGNANTS (suite)	Section CNU*	Discipline d'enseignement

Alexandrine LAMBERT	85	Informatique, Biostatistiques
Julie LEONHARD	86/01	Droit en Santé
Christophe MERLIN	87	Microbiologie environnementale
Maxime MOURER	86	Chimie organique
Coumba NDIAYE	86	Epidémiologie et Santé publique
Marianne PARENT ☒	85	Pharmacie galénique
Francine PAULUS	85	Informatique
Caroline PERRIN-SARRADO	86	Pharmacologie
Virginie PICHON	85	Biophysique
Sophie PINEL	85	Informatique en Santé (e-santé)
Anne SAPIN-MINET	85	Pharmacie galénique
Marie-Paule SAUDER	87	Mycologie, Botanique
Guillaume SAUTREY	85	Chimie analytique
Rosella SPINA	86	Pharmacognosie
Sabrina TOUCHET ☒	86	Pharmacochimie
Mihayl VARBANOV	87	Immuno-Virologie
Marie-Noëlle VAULTIER	87	Mycologie, Botanique
Emilie VELOT	86	Physiologie-Physiopathologie humaines
Mohamed ZAIYOU	87	Biochimie et Biologie moléculaire

PROFESSEUR ASSOCIE

Anne MAHEUT-BOSSER	86	Sémiologie
--------------------	----	------------

PROFESSEUR AGREGE

Christophe COCHAUD	11	Anglais
--------------------	----	---------

☒ *En attente de nomination*

***Disciplines du Conseil National des Universités :**

80 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

81 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

82 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

85 ; Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

86 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

87 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

11 : Professeur agrégé de lettres et sciences humaines en langues et littératures anglaises et anglo-saxonnes

SERMENT DES APOTHICAIRES

Je jure, en présence des 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 ; 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 et méprisé de mes confrères si j'y manque.

« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE APPROBATION, NI IMPROBATION AUX OPINIONS EMISES DANS LES THESES, CES OPINIONS DOIVENT ETRE CONSIDEREES COMME PROPRES A LEUR AUTEUR ».

Remerciements

A ma directrice de thèse et présidente du jury :

Madame DOMINIQUE LAURAIN-MATTAR,
Professeur des Universités, faculté de pharmacie de Nancy,
Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury et la direction de
cette thèse,
Pour vos conseils et votre disponibilité,
Veuillez trouver ici le témoignage de ma sincère reconnaissance.

A mes juges :

Monsieur JEAN-CLAUDE SONNTAG, pharmacien d'officine,
Pour l'intérêt que vous avez porté à l'égard de mon sujet,
Pour le temps accordé pour mener à bien ce travail,
Veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect.

Monsieur CHRISTIAN HOLLARD, pharmacien d'officine, maître de stage de 6^{ème}
année,
Pour avoir suscité mon intérêt pour la phytothérapie,
Pour m'avoir transmis d'inestimables connaissances,
Pour la confiance accordée,
Travailler au sein de votre officine fut pour moi source d'épanouissement.

A Monsieur TERENCE COURBARIAUX, pharmacien d'officine,
Pour avoir accordé un temps précieux à mon travail,
Pour m'avoir aidée et conseillée avec bienveillance,
Dans ces mots tu trouveras, l'expression de ma plus sincère reconnaissance.

A ma famille :

A JEAN-RICHARD ET ANNIE, mes parents,
Mes modèles de réussite, d'audace et de passion,
Pour votre soutien sans relâche,
Pour me montrer chaque jour le bon chemin,
Pour me transmettre votre immense savoir,
Aucun mot ne peut être à la hauteur de votre amour.

A XAVIER, mon amoureux,
Pour ta relecture attentive et salutaire malgré ce champ inexploré.
Les mots sont trop faibles pour exprimer notre force et notre amour inébranlable.

A MATHILDE, ma sœur,
A KENNY, ALICE et JEANNE.

A MARION, ma sœur,
A LUCIEN, MARIUS, etc.

A ALINE, ma sœur,
A CHRISTOPHE, GASPARD, LOUISON, etc.

A MEMES, PEPES, mes grands-parents.

A mes AMIS que je ne nommerai pas, les citer un à un me ferait, sans doute,
commettre une étourderie.

A l'équipe de la pharmacie SAINTE LIBAIRE,
A l'équipe de la pharmacie L'ATELIER SANTE,
A l'équipe de la pharmacie HOLLARD,
A l'équipe de la pharmacie de VERSAILLES,
A l'équipe de la pharmacie du SAINT SEBASTIEN,
Qui m'ont permis de m'élever, de m'épanouir et de m'enrichir un peu plus chaque
jour.

Sommaire

Sommaire	1
Introduction	8
Chapitre I : Les paramètres de la performance du sportif	10
Partie 1 : Paramètres psychologiques du sportif ; stress, anxiété et performance	10
1. Distinctions entre anxiété, stress, activation, émotion	10
1.1. L'activation	10
1.2. Le stress	10
1.3. L'émotion.....	11
1.4. L'anxiété.....	11
2. Physiologie du stress.....	11
2.1. Les trois phases du stress	11
2.1.1. Phase 1 ou phase d'alarme	12
2.1.2. Phase 2 ou phase de résistance	13
2.1.3. Phase 3 ou phase d'épuisement	13
2.2. Stress positif ou stress négatif	14
3. Théorie multidimensionnelle de l'anxiété.....	16
3.1. Anxiété « cognitive » et anxiété « somatique »	16
3.2. Différences entre « trait » et « état ».....	16
3.3. Différences entre mesures « globales » et « spécifiques » de l'état d'anxiété du sportif.....	17
3.4. Indépendance des dimensions d'anxiétés cognitive et somatique	17
4. Anxiété et performance.....	18
Partie 2 : Paramètres physiologiques de l'activité physique du sportif	20
1. Anatomie, histologie des muscles et des fibres musculaires.....	20
1.1. Les différents types de muscles.....	20
1.1.1. Les muscles lisses principaux	21
1.1.2. Le muscle cardiaque.....	21
1.1.3. Les muscles striés squelettiques.....	21
1.2. Différents types de cellules musculaires.....	21
1.2.1. L'unité de base : le myocyte	21
1.2.2. Fibres I.....	22
1.2.3. Fibres IIb.....	23
1.2.4. Fibres IIa	23
2. Les mécanismes biochimiques de la contraction musculaire	23
3. La mitochondrie, l'énergie au sein de la cellule musculaire	24
3.1. L'ATP, contraction musculaire et couplages énergétiques	24
3.1.1. Rôle de l'ATP	24
3.1.2. Consommation de l'ATP par les fibres musculaires	25
3.1.3. Les différentes voies de restauration de l'ATP	25
3.1.3.1. La glycolyse	26
3.1.3.2. Le cycle de Krebs.....	26
3.1.3.3. La chaîne respiratoire	26
3.1.3.4. La fermentation lactique	26
4. Réserves énergétiques	26
4.1. Voies énergétiques engagées dans l'effort	27
4.1.1. L'anaérobie alactique.....	27
4.1.2. L'anaérobie lactique.....	28
4.1.3. L'aérobie	29
5. Le lactate, facteur limitant des sportifs ?	30
5.1. Recyclage du lactate en glucose.....	31

5.2.	L'accumulation de lactates entraîne t-elle la fatigue ?.....	31
5.3.	L'accumulation de lactates donne t-elle des crampes ?	34
5.4.	L'accumulation lactique donne-t-elle des courbatures ?	34
5.4.1.	Courbatures et muscles non entraînés.....	34
5.4.2.	Courbatures et travail musculaire excentrique.....	35
5.4.3.	Facteurs incriminés dans les courbatures.....	35
6.	Adaptations à l'effort.....	36
6.1.	Effets positifs.....	36
6.1.1.	Systèmes cardiovasculaires et respiratoires	36
6.1.1.1.	Rappels.....	36
6.1.1.2.	Adaptations cardiovasculaires et respiratoires	36
6.1.1.3.	Calcul du VO2max.....	37
6.1.1.4.	Augmentation du VO2max	38
6.1.1.5.	Augmentation des capacités cardiorespiratoires par l'entraînement en altitude 38	
6.1.2.	Système énergétique.....	39
6.1.2.1.	Adaptations du métabolisme.....	39
6.1.3.	Système tissulaire	40
6.1.4.	Effets de l'entraînement en sprint.....	40
6.2.	Effets négatifs	40
6.2.1.	Phénomène d'ischémie reperfusion.....	40
6.2.2.	Production de radicaux libres.....	40
6.2.3.	Stress oxydant	41
7.	Importance de l'hydratation	41
7.1.	Historique.....	41
7.2.	Mécanisme de déshydratation au cours de l'effort.....	42
7.3.	Recommandations d'hydratation avant, au cours de et après l'effort.....	43
8.	Activité sportive et apports de glucose	44
8.1.	Notions de glycémie pendant l'effort	44
8.2.	Effets d'un apport en hydrates de carbone sur la fatigue lors d'un effort intense .	45
8.3.	Conseils pour maintenir la glycémie lors de l'effort.....	45
8.4.	Boisson idéale de l'effort ; eau, glucose et minéraux.....	45
	Partie 3 : Paramètres physiologiques de la récupération	47
1.	Récupération des paramètres métaboliques	47
1.1.	Récupération des facteurs du métabolisme glucidique	47
1.2.	Récupération des facteurs du métabolisme protéique.....	48
1.3.	Récupération des facteurs du métabolisme lipidique	48
2.	Délais de récupération des substrats et oxygène en fonction du type d'exercice physique	48
3.	Métabolisme hydroélectrolytique et récupération	50
3.1.	Exercices de courte durée.....	50
3.2.	Exercices de longue durée	50
4.	Importance du retour veineux dans la récupération du sportif; rappel sur la physiologie	51
5.	Accumulation des toxines générées par l'effort sportif.....	52

Chapitre II : Améliorer les paramètres intervenant dans la performance du sportif en s'appuyant sur la phytothérapie

	Partie 1 : Amélioration mentale du sportif par les plantes.....	54
1.	Plantes stimulantes.....	54
1.1.	Caféine	55
1.1.1.	Métabolisme de la caféine.....	55
1.1.2.	Effets pharmacologiques de la caféine	56
1.1.3.	Évaluations cliniques.....	59
1.1.4.	Effets ergogéniques de la caféine recherchés par les sportifs	61
1.1.5.	Association caféine et glucides	62

1.1.6.	Effets indésirables et toxicité	62
1.1.7.	Interactions.....	63
1.1.8.	Posologie.....	63
1.1.9.	Dépendance à la caféine	64
1.1.10.	Statut de la caféine face aux autorités sportives	64
1.2.	Plantes riches en caféine	65
1.2.1.	Caféier	66
1.2.2.	Théier	68
1.2.3.	Yerba maté	70
1.2.4.	Guarana	72
1.2.5.	Kola	74
1.3.	Plantes stimulantes sans caféine.....	77
2.	Plantes favorisant la concentration et la gestion du stress.....	78
2.1.	Passiflore	79
2.2.	Aubépine.....	82
3.	Plante riche en précurseur de la sérotonine influant sur le stress	85
3.1.	Griffonia	85
4.	Exemples de préparations phytothérapeutiques favorisant la préparation mentale du sportif	
	86	
4.1.	Associations de plantes stimulantes.....	87
4.2.	Associations de plantes favorisant la gestion du stress	87
Partie 2 : Amélioration physique du sportif par les plantes		88
1.	Augmentation des performances par les plantes adaptogènes	88
1.1.	Historique et définition.....	88
1.2.	Différences entre plantes stimulantes classiques et adaptogènes.....	89
1.3.	Mode d'action présumé d'un adaptogène.....	91
1.4.	Pharmacologie.....	93
1.5.	Effets physiologiques attendus de l'emploi d'un adaptogène.....	94
2.	Analyses des plantes adaptogènes	95
2.1.	Ginseng.....	96
2.1.1.	Résumé des caractéristiques de la plante	96
2.1.2.	Expériences pharmacologiques	99
2.2.	Eleuthérocoque	101
2.2.1.	Résumé des caractéristiques de la plante	101
2.2.2.	Expériences pharmacologiques	103
2.2.2.1.	Préambules des études	104
2.2.2.2.	Description des études positives	105
2.3.	Rhodiola.....	107
2.3.1.	Résumé des caractéristiques de la plante	107
2.3.2.	Mécanisme d'action.....	109
2.3.3.	Expériences pharmacologiques	111
2.4.	Schisandre.....	112
2.4.1.	Résumé des caractéristiques de la plante	112
2.4.2.	Expériences pharmacologiques	114
2.5.	Ashwagandha.....	118
2.5.1.	Résumé des caractéristiques de la plante	118
2.5.2.	Expériences pharmacologiques	120
2.5.2.1.	Contexte, matériel et méthode de l'étude.....	120
2.5.2.2.	Résultats	121
2.5.2.3.	Discussion	125
2.5.2.4.	Conclusion.....	125
2.6.	Maca.....	126
2.6.1.	Résumé des caractéristiques de la plante	126

2.6.2.	Expérience pharmacologique 1.....	128
2.6.2.1.	Rappels de l'étude sur la fatigue des sportifs.....	128
2.6.2.2.	Contexte, matériel et méthode de l'étude.....	129
2.6.2.3.	Résultats.....	129
2.6.2.4.	Conclusion.....	130
2.6.3.	Expérience pharmacologique 2.....	130
2.6.3.1.	Contexte, matériel et méthode de l'étude.....	130
2.6.3.2.	Résultats.....	132
2.6.3.3.	Conclusion.....	133
2.7.	Astragale.....	134
2.7.1.	Résumé des caractéristiques de la plante.....	134
2.7.2.	Expérience pharmacologique.....	136
2.7.2.1.	Contexte, matériel et méthode de l'étude.....	136
2.7.2.2.	Rappels sur la fatigue.....	137
2.7.2.3.	Résultats.....	137
2.7.2.4.	Discussion.....	139
2.8.	Tribulus.....	143
2.8.1.	Résumé des caractéristiques de la plante.....	143
2.8.2.	Expériences pharmacologiques.....	145
3.	Exemples d'associations entre plantes adaptogènes et autres plantes soutenant les performances mentales et physiques du sportif.....	146
	Partie 3 : Amélioration de la récupération du sportif par les plantes.....	150
1.	Les plantes polyvalentes.....	151
1.1.	Spiruline.....	151
1.1.1.	Description et biologie.....	151
1.1.2.	Composition.....	151
1.1.3.	Historique.....	152
1.1.4.	Propriétés et applications dans la récupération du sportif.....	152
1.1.4.1.	Action immunostimulante.....	152
1.1.4.2.	Action antioxydante.....	152
1.1.4.3.	Intérêts nutritionnels.....	152
1.1.4.4.	Amélioration du système sanguin.....	153
1.1.4.5.	Élimination du lactate.....	153
1.1.5.	Analyses cliniques.....	153
1.1.6.	Effets secondaires et contre indications.....	154
1.1.7.	Posologie.....	154
1.2.	Baies de goji.....	155
1.2.1.	Dénomination et historique.....	155
1.2.2.	Répartition géographique.....	155
1.2.3.	Parties utilisées.....	155
1.2.4.	Aspects phytochimiques.....	156
1.2.5.	Principaux effets.....	156
1.2.6.	Intérêts dans la récupération des sportifs.....	157
1.2.7.	Données expérimentales : études in vivo et in vitro chez l'animal.....	157
1.2.7.1.	Stimulation du métabolisme.....	157
1.2.7.2.	Bénéfices cardiovasculaires.....	158
1.2.7.3.	Effets antidiabétiques.....	158
1.2.7.4.	Protection de la vision.....	158
1.2.7.5.	Effets antioxydants.....	158
1.2.7.6.	Effet anti-inflammatoire.....	159
1.2.7.7.	Effet antibactérien.....	159
1.2.7.8.	Effet anticancéreux.....	159
1.2.8.	Posologie.....	159

1.2.9. Toxicité.....	159
1.2.10. Statut légal.....	160
2. Lutte contre les radicaux libres : les plantes antioxydantes.....	161
2.1. Importance des antioxydants.....	161
2.2. Indice ORAC.....	162
3. Plantes favorisant le retour veineux.....	163
3.1. Vigne rouge.....	164
3.2. Hamamélis.....	166
4. Plantes hépatoprotectrices chez le sportif.....	168
Conclusion.....	170
Table des illustrations (figures et tableaux).....	173
Bibliographie.....	178
Annexes.....	189

Abréviations et acronymes :

ACTH : AdrenoCorticoTrophic Hormone
ALAT : Alanine aminotransférase
AM : Astragalus membranaceus
AVK : Antivitamine K
ASAT : Aspartate aminotransférase
ATP : Adénosine Tri Phosphate
BCAA : Branched Chain Amino Acid
BUN : Azote uréique sanguin
Cespharm : Comité d'éducation sanitaire et sociale de la pharmacie française
CIO : Comité International Olympique
CNOP : Conseil national de l'Ordre des pharmaciens
COMT : enzyme catéchol-O-méthyltransférase
CPK : Créatine Phospho Kinase
CRH : Corticotropin Releasing Hormone
CSAI-2 : Competitive State Anxiety Inventory-2
DHEA : DéHydroEpiandrostérone
DMLA : Dégénérescence Maculaire liée à l'Age
EEAC : Echelle de l'Etat d'Anxiété à la Compétition
EGCG : Epigallocatechine gallate
EPO : Erythropoïétine
EPS : Extraits fluides de plantes fraîches standardisées
ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène
ES : Eleutherococcus senticosus
Fc : Fréquence cardiaque
Fcm_{ax} : Fréquence cardiaque maximale
G-CSF : Granulocyte-Colony Stimulating Factor
GSH-Px : Glutathion peroxydase
Hb : Hémoglobine
HCI : Haut Conseil à l'Intégration
IMAO : Inhibiteur de la Mono Amine Oxydase
INR : International Normalized Ratio
IRS : Inhibiteur de la Recapture de la Sérotonine
IZOF : Zone Individualisée de Fonctionnement Optimal
LBP : Lipopolysaccharide binding protein
LSD : Diéthylamide de l'acide lysergique
MDA : Malondialdéhyde
MILDECA : Mission interministérielle de lutte contre les drogues et les conduites addictives
OE : Oligoéléments
ORAC : Oxygen Radical Absorbance Capacity (=capacité d'absorption des radicaux oxygénés)
PFK : PhosphoFructoKinase
PMA : Puissance Maximale Aérobie
RPE : Echelle de perception de l'effort
SAS : Sport Anxiety Scale
SCAE : Schisandra chinensis
SNC : Système Nerveux Central
SOD : Super Oxyde Dismutase
SRAA : Système Rénine Angiotensine Aldostérone

UV : Ultra Violet

Ve : Ventilation pulmonaire

VO₂max : Volume maximale d'oxygène consommé

Vs : Volume d'éjection systolique

Introduction

Améliorer la performance humaine est une obsession. De tout temps, l'homme a cherché à améliorer ses performances sportives par diverses manières. Ses premières tentatives datent de l'Antiquité. L'importance des performances sportives était telle que, dans la Grèce antique, on disait qu'une victoire à Olympie était plus importante pour la gloire d'une cité qu'une victoire sur le champ de bataille. On comprend alors aisément, que face à de tels enjeux, les athlètes aient mis en place des moyens pour améliorer leurs performances.

Les premières expériences, visant à déterminer si l'ingestion de certains produits augmentent les capacités de l'organisme, remontent à près de 5000 ans. A cette époque, les vertus anti-fatigues des plantes comme la noix de kola étaient parfaitement connues de plusieurs civilisations et prisées pour leurs vertus stimulantes. Les feuilles et les racines d'iboga (classées comme stupéfiant depuis 2007) permettaient aux indigènes du Gabon de réaliser des efforts physiques sans ressentir les effets de la fatigue. Tandis qu'il y a 4000 ans, les chinois appréciaient déjà les vertus stimulantes du ginseng.

Au VI^{ème} siècle avant Jésus Christ, les athlètes grecs ingéraient diverses viandes selon la discipline sportive qu'ils exerçaient. En effet, les sauteurs croquaient dans la viande de chèvre tandis que les boxeurs et les lanceurs consommaient de la viande de taureau. Quant aux lutteurs, ils préféraient manger de la viande grasse. (Ould Hammou, 2015) Ces spécialisations alimentaires furent perçues comme des dérives par rapport à l'esprit des jeux olympiques antiques. Elles furent alors régulées. Comme pour beaucoup de systèmes législatifs, la volonté d'améliorer leurs performances poussa certaines personnes à sortir de ce cadre. Nous parlons de dopage dès qu'un sportif utilise des substances ou des méthodes interdites pour améliorer ses résultats à l'entraînement et en compétition.

Cependant, il est important de distinguer ce travail d'un écrit sur le dopage. Nous admettons que pour parvenir aux niveaux supérieurs de la performance, l'athlète doit tirer le maximum de ses possibilités mentales et physiques. Toutefois, par cette thèse intitulée « Amélioration des performances mentales et physiques du sportif en s'appuyant sur la phytothérapie », nous avons souhaité révéler l'existence d'alternatives légales, efficaces et ne présentant aucun danger sur la santé du sportif. En s'appuyant sur la phytothérapie, ce travail tente de témoigner de l'action des plantes, considérées comme non dopantes, sur le mental et la performance du sportif. Nous aborderons donc les plantes dont la consommation est licite en 2016. Pour cela, nous nous appuyons sur la réglementation anti dopage, constamment réactualisée.

Dans le premier chapitre, nous établirons les différents paramètres de la performance du sportif. Nous aborderons dans une première partie, les paramètres psychologiques du sportif qui distinguent et relient l'anxiété, le stress, l'activation et l'émotion. Après avoir analysé les trois phases du stress, nous discernons le stress positif du stress négatif. Puis nous aborderons une théorie multidimensionnelle de l'anxiété avec les anxiétés somatique et cognitive. Nous différencierons les anxiétés de trait et d'état, les mesures globale et spécifique. Ensuite, nous constaterons une indépendance des dimensions d'anxiété cognitive et somatique. Enfin nous établirons un lien entre l'anxiété et la performance.

Dans une deuxième partie, nous exposerons les paramètres physiologiques de l'activité physique du sportif en développant l'anatomie et l'histologie des muscles et des fibres musculaires. Nous expliquerons ensuite les mécanismes biochimiques de la contraction musculaire, la mitochondrie et l'ATP (Adénosine Tri Phosphate) ainsi que les différentes filières énergétiques engagées dans l'effort. Puis, nous nous intéresserons à la molécule de lactate. Ensuite, nous verrons l'adaptation des différents systèmes de l'organisme à l'effort. Enfin, nous exposerons l'importance de l'hydratation et de l'apport en glucose sans lesquels l'usage de la phytothérapie chez le sportif ne serait pas pertinent.

Dans la troisième partie, nous analyserons les paramètres physiologiques de la récupération chez le sportif.

Le chapitre deux sera dédié à l'amélioration des paramètres intervenant dans la performance du sportif en s'appuyant sur la phytothérapie.

Nous étudierons en partie une, les plantes intervenant dans l'amélioration mentale du sportif. Certaines de ces plantes sont stimulantes (avec ou sans caféine), d'autres favorisent la concentration et la gestion du stress, tandis que certaines sont riches en précurseur de la sérotonine influant sur le stress. Des exemples de préparations phytothérapeutiques illustreront cette partie.

Dans une deuxième partie, nous verrons comment les plantes améliorent les facteurs physiques du sportif. Nous commencerons par décrire les plantes adaptogènes et leur pertinence dans l'augmentation des performances physiques de l'athlète. Puis nous énoncerons les associations possibles entre plantes adaptogènes ou autres plantes qui participent à l'amélioration des performances sportives.

Dans une troisième partie, nous aborderons l'amélioration par les plantes de la phase de récupération du sportif. En effet, certaines plantes ont de multiples propriétés essentielles dans l'amélioration globale de la récupération chez le sportif. Par la suite, nous traiterons de la lutte contre les radicaux libres avec les plantes antioxydantes. Enfin, nous aborderons l'amélioration de la récupération en s'appuyant sur les plantes favorisant le retour veineux ainsi que les plantes hépatoprotectrices.

Chapitre I : Les paramètres de la performance du sportif

Partie 1 : Paramètres psychologiques du sportif ; stress, anxiété et performance

L'influence des états émotionnels sur l'activité du sujet et sur sa performance constitue un thème majeur de recherche dans la psychologie du sportif. Intuitivement, on pressent que cette influence est complexe. En effet, si le stress peut être dans une certaine mesure bénéfique en permettant au sujet de se mobiliser, au-delà d'une certaine limite, il a au contraire des effets affaiblissants sur la performance. L'un des aspects primordiaux de l'expertise du champion est d'être capable de s'accommoder du stress. (Jones, Hardy, 1989)

1. Distinctions entre anxiété, stress, activation, émotion

Dans le domaine du sport, les entraîneurs et les sportifs considèrent la gestion des émotions comme essentielle dans la quête de la performance. Au regard de cette affirmation, l'anxiété fut l'objet d'un intérêt spécifique de la part des chercheurs.

Toutefois, sa définition reste complexe et elle est souvent confondue avec d'autres notions comme l'émotion, l'activation ou le stress. Cette ambivalence rend désuet certains résultats sur le type de relation présent entre l'anxiété et la performance.

1.1. L'activation

L'activation est « un état général d'éveil physiologique et psychologique de l'organisme qui varie sur un continuum allant d'un sommeil profond à une intense agitation » (Gould, Krane, 1992). C'est l'énergie physique et psychologique de l'individu à un moment donné, et elle est fortement imprégnée de la notion de motivation. L'activation semble avoir des effets sur la performance. Elle représente les dimensions intensive et énergétique du comportement, et a intéressé les chercheurs dans son influence sur l'efficacité des processus perceptifs, cognitifs ou moteurs.

1.2. Le stress

« Le stress est un processus qui implique une perception d'un déséquilibre substantiel entre la demande environnementale et la capacité de réponse, dans des conditions où l'échec de la rencontre avec la demande est considérée comme pouvant avoir des conséquences importantes et qui aboutit à une augmentation du niveau d'anxiété » (Martens et al., 1990)

Le stress est une réaction de l'organisme qui se produit quand survient un changement dans la vie de l'individu, que ce changement soit positif ou négatif.

Lorsque le corps est soumis à un évènement inhabituel, il met en action un processus physiologique pour s'y adapter. Dans la pratique du sport, l'organisme est confronté à un stress intense lié au challenge de la victoire, à l'appréhension d'une blessure, à l'environnement inconnu, etc. Le stress peut être perçu positivement et peut donner les clés pour faire face à l'épreuve. Cependant, le stress peut être perçu de façon négative et être source de certains troubles physiques voire psychologiques. (Arnaud, Palazzolo, 2012)

1.3. L'émotion

« Une émotion est une réaction à un stimulus évènementiel ; elle entraîne un changement viscéral et musculaire de la personne et est ressentie subjectivement d'une façon caractéristique ; elle s'exprime à travers certaines mimiques et induit des comportements subséquents ». (Deci, Ryan, 2010)

L'émotion peut donc être appréhendée selon trois composantes: La première correspond à l'expérience subjective que l'on a de la situation et, point primordial, ce que l'on ressent peut être agréable ou désagréable. La seconde se traduit par des comportements observables personnels et sociaux. La troisième se manifeste par des changements physiologiques. (Cox, 2005)

1.4. L'anxiété

Les études sur la psychologie du sport s'interrogent depuis longtemps sur les relations entre l'état émotionnel des sportifs et leur performance. Le concept d'anxiété est souvent évoqué pour expliquer les mauvaises performances d'un athlète.

Considérons le stress comme une réaction à une situation. L'anxiété sera plutôt une réaction d'anticipation face à une situation. Elle est considérée comme une « peur sans objet ». L'anxiété va être déclenchée par différents facteurs, situations futures ou imaginaires, vécues comme un danger ou quelque chose de difficilement surmontable.

Contrairement au stress ou à l'émotion (vécue avec des sensations de plaisir ou déplaisir), l'anxiété est ressentie de manière désagréable. Suivant les individus, l'anxiété est vécue comme un état banal (appelé souvent trac) ou pouvant reposer sur une pathologie allant jusqu'à la panique. Dans la plupart des cas, les sportifs font l'expérience d'une anxiété non pathologique. Cependant, elle peut devenir invalidante si la situation est perçue comme menaçante. (Delignières, 2015a)

2. Physiologie du stress

Le stress implique une mise en actions de processus physiologiques, cognitifs et émotionnels.

2.1. Les trois phases du stress

Le stress s'organise en trois phases : une phase d'alarme accompagnée d'un pic d'adrénaline, une phase de résistance et enfin une phase d'épuisement où un pic de cortisol se manifeste.

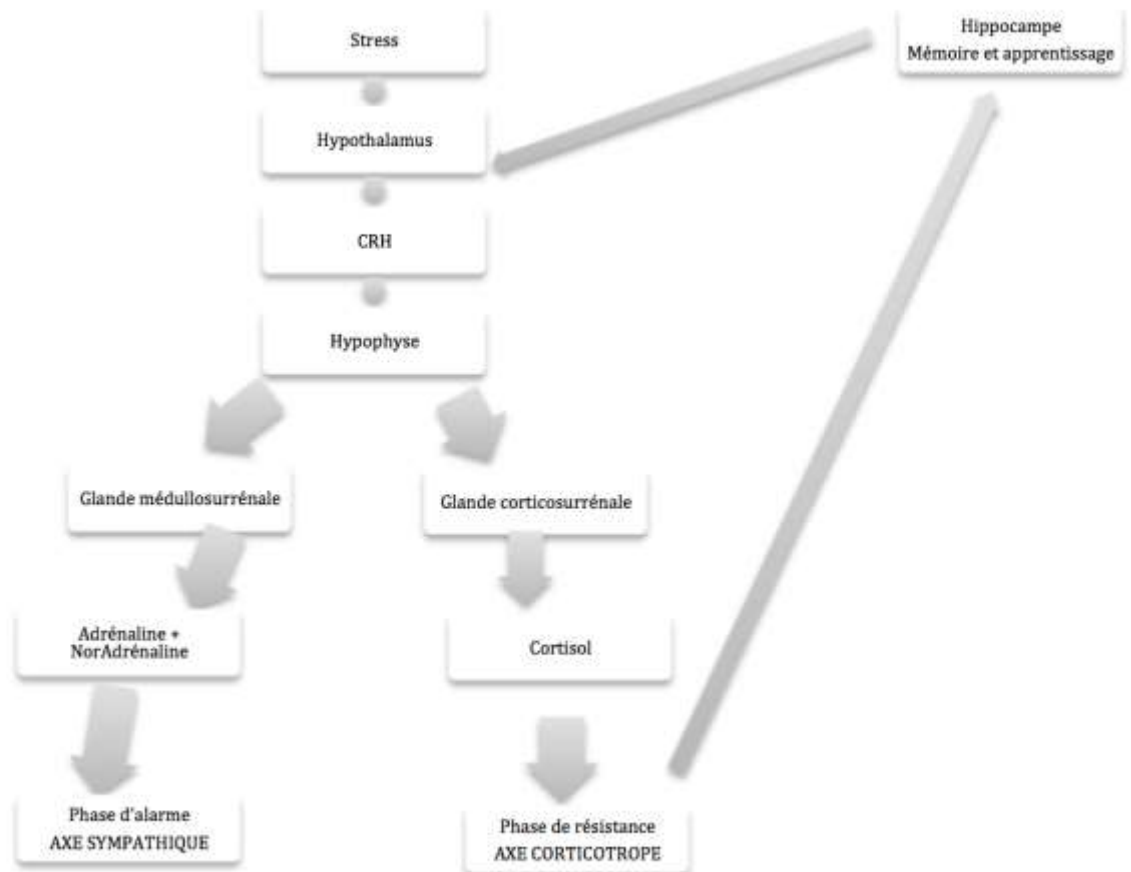


Figure 1: Mécanisme du stress

Détaillons les phases du stress à l'aide de la figure 1.

2.1.1. Phase 1 ou phase d'alarme

Sous l'action des stimuli agressifs, une réaction émotionnelle intense très brève est déclenchée. Le stress agit sur l'hypothalamus et provoque la libération de la corticotropin releasing hormone (CRH). Cette hormone va agir sur l'hypophyse qui envoie alors un signal d'alarme par les nerfs neuronaux à la partie centrale des glandes surrénales (médullosurrénale) induisant la libération d'adrénaline et de noradrénaline. Cette libération d'hormones dans le sang induit de nombreux changements. Via l'axe sympathique, le corps se prépare à l'action (figure 1).

Ces changements se manifestent aux niveaux :

- Cardio-vasculaire : on observe l'augmentation de la fréquence cardiaque (le cœur bat plus vite), la vasodilatation au niveau des muscles (les muscles sont mieux irrigués par le sang) et la dilatation des pupilles.
- Respiratoire : il se produit une augmentation de la fréquence et de la profondeur de la respiration.
- Musculaire : on remarque l'augmentation du tonus musculaire (afin que les muscles se tendent).

- Cutané : Il apparaît un phénomène de vasoconstriction (les petites artères se contractent), une augmentation de la sudation, une horripilation (les poils se dressent).
- Digestif : on remarque une diminution de la motilité digestive (la digestion se ralentit, voire s'arrête).
- Sanguin : on observe une diminution du temps de coagulation du sang et une augmentation de la glycémie). (Cox, 2005)

2 . 1 . 2 . Phase 2 ou phase de résistance

La phase de résistance encore appelée phase d'adaptation (figure 1) est une phase de durée variable et de mobilisation totale de toutes les ressources énergétiques de l'organisme pour s'adapter à la situation nouvelle. Durant cette phase, l'hypothalamus envoie le messenger CRH en direction de l'hypophyse. Rappelons que l'hypophyse est la glande endocrine reliée à la partie antérieure du cerveau sécrétant plusieurs hormones, dont l'ACTH (adrénocorticotrophique hormone). Cette ACTH stimule la glande corticosurrénale qui libère des glucocorticoïdes (cortisol, cortisone et corticostérone) dans le sang. Lors de la réaction d'alarme, les réserves immédiates de glucose ont été utilisées. Or, il est essentiel de maintenir la production de glucose à un niveau élevé afin de répondre aux besoins des muscles, du cerveau et du cœur. C'est pourquoi les corticoïdes entrent en action et provoquent la synthèse de glucose de l'organisme, libérant une source d'énergie immédiatement disponible. Ainsi l'individu résiste lorsqu'il ne peut pas contrôler directement l'agent stressant.

La libération des glucocorticoïdes dans le sang provoque :

- La dégradation des protéines en acides aminés afin de produire du glucose.
- La diminution de la consommation de glucose dans la peau et les viscères.
- La régulation de la vasodilatation (dilatation des vaisseaux sanguins) induite pendant la réaction d'alarme afin d'éviter l'hypotension.
- L'inhibition, par les glucocorticoïdes, du système immunitaire et des fonctions inutiles pour faire face à un stress (reproduction, croissance).

2 . 1 . 3 . Phase 3 ou phase d'épuisement

La phase d'épuisement (figure 1) se produit lorsque l'organisme, débordé et sollicité en permanence par la situation de stress qui se prolonge et s'intensifie, ne réussit plus à mobiliser ses ressources et s'épuise. Il ne peut plus faire face aux agressions en raison de leur intensité. L'organisme s'écroule. Les réserves psychiques et biologiques sont épuisées. C'est au cours de cette phase d'épuisement que peuvent apparaître certaines pathologies obligeant l'arrêt de l'emballement de l'organisme.

Une des causes d'épuisement est la perte de glucocorticoïdes, ceci provoque un abaissement de la glycémie, ce qui empêche aux cellules de recevoir suffisamment de nutriments pour fonctionner.

L'affaiblissement des organes est également une cause d'épuisement car une phase de résistance trop longue ou trop intense peut créer une forte demande pour le corps, principalement au niveau du cœur, des vaisseaux sanguins et de la médullosurrénale.

La phase d'épuisement est celle de tous les dangers. Elle peut donner lieu à différentes pathologies :

- Pathologies somatiques : hypertension, maladies cardiovasculaires (infarctus du myocarde), troubles gastroentériques (constipation, colite, ulcère), diabète (car les glucocorticoïdes induisent une résistance à l'insuline), obésité.
- Pathologies psychiques : indifférence, introversion, passivité, résignation, dépression et anorexie mentale, troubles anxieux.
- Trouble du comportement socioprofessionnel : irritabilité, risque d'accident accru.

Si ces troubles surviennent chez le sportif, ils risquent de porter préjudice aux performances de l'athlète.

2.2. Stress positif ou stress négatif

On a vu précédemment que le stress était une réaction physiologique, psychologique et comportementale de l'individu pour faire face et s'adapter à toute situation. Le stress peut avoir des effets positifs ou négatifs sur la performance.

Si la première phase est bien maîtrisée, elle est intéressante à stimuler chez le sportif. Elle contribue à mobiliser toutes les ressources de l'organisme et accroît son attention. On parle de stress positif ou d'eustress. Lorsque le stress positif est à son paroxysme, on parle d'« état de grâce ». Il existe plusieurs hypothèses qui expliquent cet « état de grâce » chez un sportif. Les deux plus courantes sont la théorie du U inversé et celle de l'IZOF pour « Individual Zone of Optimum Functioning » (Zone Individualisée de Fonctionnement Optimal).



Figure 2 : Utilité du stress selon Yerkes Dodson (Perea, 2016)

La théorie du U inversé illustrée par la figure 2 est une notion qui explique la zone optimale de performance. La performance se situe à un moment précis d'activation (zone bleue), ni trop importante (excitation néfaste), ni trop faible (endormissement). Lorsque qu'on détecte précisément son niveau d'activation, on est alors performant. C'est une loi de Yerkes et Dodson datant de 1906 qui résume le stress améliorant la performance (stress positif) et le stress faisant diminuer la performance (stress négatif). Suivant cette loi (représentée par la courbe), il existe un optimum de niveau d'activation permettant d'obtenir la performance la plus élevée. Un taux de stress plus important que cet optimum deviendrait du stress négatif (zone rose) alors qu'une quantité de stress moindre que cet optimum serait légèrement bénéfique (zone verte).

Cependant, en psychologie du sport, en fonction de l'activité pratiquée, le niveau optimum d'activation permettant la performance maximale est différent. Un haut niveau d'activation est essentiel pour les activités nécessitant des mouvements musculaires fins, de la coordination, de la concentration et de l'équilibre.

On suppose qu'un des aspects de l'habileté en sport consiste en la capacité à ajuster son niveau d'activation au niveau optimal. (Delignières, 2015b)

Athlète A (IZOF bas)	Dans la zone (performance optimale)	En dehors de la zone	
Athlète B (IZOF moyen)	En dehors de la zone	Dans la zone (performance optimale)	
Athlète C (IZOF haut)	En dehors de la zone		Dans la zone (performance optimale)

Figure 3: Modèle IZOF de Hanin (O'Connor, 2016)

En 1980, Hanin propose un nouveau modèle : la Zone Individualisée de Fonctionnement Optimal (IZOF) illustré par la figure 3. Il part du principe que chaque athlète possède sa propre zone d'anxiété. Cette zone représente un état optimal à l'intérieur de laquelle le sportif réalisera ses meilleures performances. Ce modèle diffère de celui du U inversé :

- Il introduit la notion d'individualité : chaque individu possède sa propre zone de fonctionnement optimal, celle-ci pouvant être totalement différente d'un individu à un autre.
- Hanin a construit son modèle à partir d'une évaluation de l'état d'anxiété précompétitive mesurée en situation réelle juste avant la compétition.

(Marcel, 2006)

Sur la figure 3, la zone de fonctionnement optimal (« In zone, best performance ») est le résultat d'une interaction entre le sportif et son environnement. Elle se situe entre une zone d'intensité élevée et une zone d'intensité faible (« state anxiety level »). En fonction des individus, l'IZOF peut être plus ou moins étendue afin de s'adapter à une gamme très large de situations. L'une des missions de l'entraîneur ou du sportif va être d'apprendre à saisir quel est le degré d'anxiété

qui est de l'ordre de la stimulation positive de celui qui, au contraire, sera de l'ordre du handicap avec en retour, des contre-performances.

Ainsi, lors de l'entraînement, le sportif pourra utiliser ce modèle pour améliorer ses performances. En soumettant son organisme à des contraintes d'activités physiques, soit en quantité, soit en intensité, il va déclencher des facultés d'adaptations et acquérir des changements dans sa morphologie, sa physiologie, ou encore sa technicité, etc. Si ces contraintes sont trop faibles, il n'y aura pas de modification sensible, et si elles sont trop fortes, il peut y avoir épuisement des ressources avec régression de son niveau. On note alors l'importance d'un programme d'entraînement parfaitement adapté à la personne et spécifique pour chaque sport. Chaque sportif devrait donc entreprendre d'identifier sa propre zone optimale en déterminant avec quel niveau de stress il a réalisé ses meilleures performances. Le sportif devra ensuite réguler son stress et tenter d'atteindre cette zone optimale avant chaque compétition, à l'aide de supports phytothérapeutiques que l'on identifiera dans la partie suivante. (Chouaieb et al, 2016)

3 . T h é o r i e m u l t i d i m e n s i o n n e l l e d e l ' a n x i é t é

3 . 1 . A n x i é t é « c o g n i t i v e » e t a n x i é t é « s o m a t i q u e »

Selon Borkovek, il existe trois réponses séparées de l'anxiété mais qui sont en interaction :

- L'anxiété cognitive,
- L'anxiété somatique,
- Les manifestations comportementales de l'anxiété.

L'anxiété cognitive représente des inquiétudes relatives à sa performance, une impossibilité à se concentrer et une attention perturbée.

L'anxiété somatique renvoie à la notion d'activation et se manifeste par des perceptions de symptômes corporels issus des processus d'excitation autonome : souffle court, rapides battements du cœur, mains moites, estomac noué, muscles tendus, etc.

Les manifestations comportementales de l'anxiété se traduisent par des expressions faciales, des changements de modes de communication qui traduisent l'agitation, l'impatience et la nervosité. (Cury et al., 1999)

3 . 2 . D i f f é r e n c e s e n t r e « t r a i t » e t « é t a t »

Être anxieux peut également être lié à un état ou à un trait de personnalité. Il s'agit de distinguer le type d'anxiété pour intervenir dans la préparation mentale du sportif.

Le comportement d'un individu est déterminé par des caractéristiques stables et individuelles des traits. D'autre part, il est déterminé par les caractéristiques d'une situation qui contraignent et incitent la personne à agir d'une certaine manière. Nous discernons le style typique de comportement (traits) et l'effet de la

situation sur le comportement (état). *L'anxiété de trait* découle de la personnalité, c'est une tendance qui influence le comportement. Par exemple, deux sportifs de niveau équivalent peuvent percevoir le même match de façon totalement différente. L'un, prédisposé à un tempérament anxieux, va percevoir le match de manière très offensive. Tandis que l'autre, doté d'un caractère peu anxieux, sera relativement détendu.

Contrairement à *l'anxiété de trait*, *l'anxiété d'état* varie en fonction de la situation. Elle décrit l'état émotionnel de l'individu à l'instant T. En effet, au cours de la même rencontre, l'état d'anxiété d'un tennisman peut être très changeant. Tendue avant le match, décontracté au cours du second set, puis devenir angoissé quand le match bascule en sa défaveur.

Afin de comprendre et prédire le comportement, il est important de tenir compte des traits et des états du sportif. (Cox, 2005)

Il existe un questionnaire mesurant uniquement le trait d'anxiété somatique du sportif, le Sport Competition Anxiety Test (SCAT) de Martens. (Martens, 1977). On constate une relation entre le trait et l'état d'anxiété : les individus ayant des scores de trait d'anxiété élevés ont davantage tendance à ressentir un état d'anxiété augmenté lors des situations compétitives ou évaluatives.

3 . 3 . D i f f é r e n c e s e n t r e m e s u r e s « g l o b a l e s » e t « s p é c i f i q u e s » d e l ' é t a t d ' a n x i é t é d u s p o r t i f

La mesure globale de l'état d'anxiété permet de prédire d'une manière générale les réactions d'anxiété des sportifs à partir d'une seule variable de personnalité. Face à la faiblesse des résultats obtenus avec des outils globaux, les psychologues du sport ont construit des tests d'anxiété spécifiques à la situation sportive. Exemple du test CSAI-2 (« Competitive State Anxiety Inventory-2 ») qui mesure de manière fiable et valide l'état d'anxiété cognitive et somatique des individus quand ils sont confrontés de manières spécifiques à une compétition sportive. En mesurant spécifiquement la personnalité du sportif et les caractéristiques propres de la situation, il est possible de prédire de manière plus fiable le comportement du sportif. Une version française du test CSAI-2 existe (Annexe 1): la EEAC (Echelle de l'Etat d'Anxiété à la Compétition). (Cury et al., 1999)

3 . 4 . I n d é p e n d a n c e d e s d i m e n s i o n s d ' a n x i é t é s c o g n i t i v e e t s o m a t i q u e

Un certain nombre de données expérimentales tendent à démontrer l'indépendance de ces deux dimensions. Certains facteurs situationnels accroissent l'anxiété cognitive mais pas l'anxiété somatique. C'est le cas notamment de l'absence de feedback (rétroaction) ou de l'évaluation sociale. D'une manière générale, l'anxiété cognitive semble sensible aux représentations de soi-même, à la difficulté et aux enjeux. A l'inverse, on observe que la crainte de chocs électriques augmente sélectivement l'anxiété somatique.

Il est démontré que ces deux dimensions présentent des évolutions différenciées dans le temps. En effet, à l'approche d'une compétition, l'anxiété cognitive augmente précocement et demeure à un niveau élevé (plusieurs jours voire plusieurs semaines avant l'évènement), alors que l'anxiété somatique n'est généralement affectée qu'à l'arrivée sur le lieu de compétition.

De même, l'anxiété somatique tend à décroître dès le début de la compétition, alors que l'anxiété cognitive reste stable (Martens et al., 1990).

Abadie a pu mettre en évidence que le résultat obtenu lors d'une compétition affectait en retour le niveau d'anxiété. Plus spécifiquement, la victoire diminue l'anxiété, et à l'inverse la défaite l'accroît. Or cette influence n'affecte que l'anxiété cognitive (Abadie, 1989).

Néanmoins les deux dimensions varient en situation stressante, probablement car ces dernières contiennent simultanément des éléments les affectant.

Les distinctions entre anxiété cognitive et anxiété somatique sont actuellement réalisées au niveau des états.

Le Sport Anxiety Scale (SAS) mesure les états d'anxiété cognitive et somatique. (Smith et al., 1990) Ce test a été transposé en français et renommé « Échelle de l'anxiété sportive » (Annexe 2). (Marcel, Paquet, 2010)

Le CSAI-2 vu précédemment mesure également les états d'anxiété cognitive et somatique, ainsi que la confiance en soi. (Martens et al., 1990)

4. Anxiété et performance

L'influence de l'anxiété cognitive et l'anxiété somatique sur la performance constitue également un argument en faveur de leur indépendance.

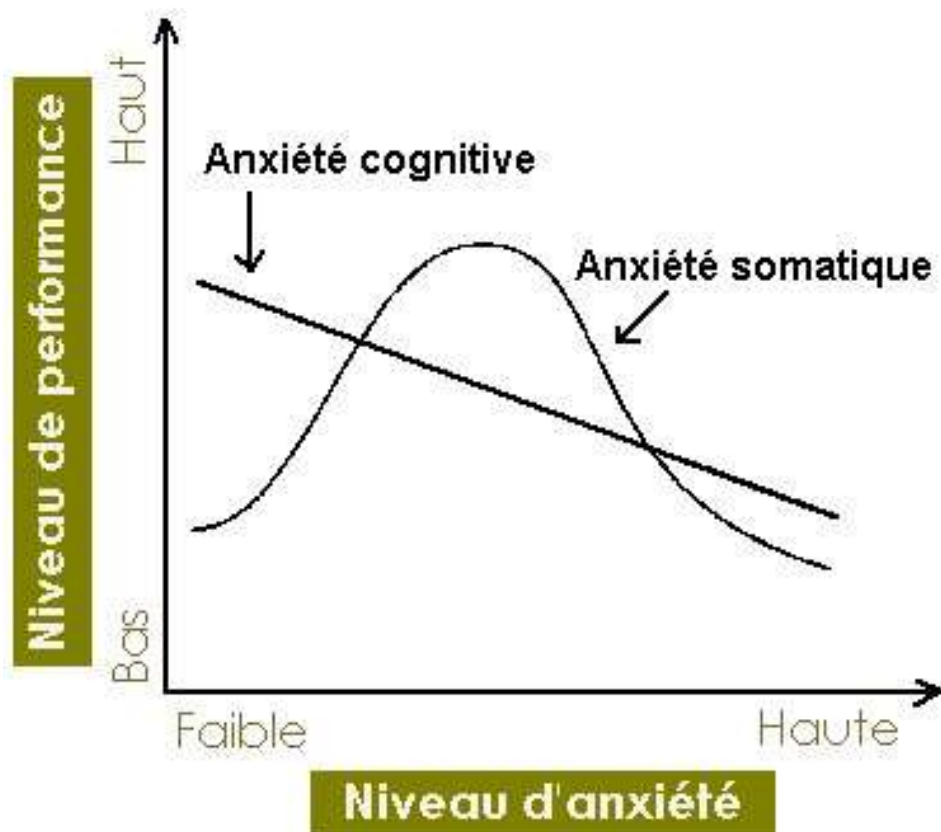


Figure 4: Anxiété cognitive et anxiété somatique (Burton, 2010)

Si la performance décroît de manière linéaire quand s'élève l'anxiété cognitive, l'anxiété somatique est liée à la performance par la relation en U inversé vue précédemment (Burton, 2010) (Linda Petlichkoff, 2010). Dans un premier temps, l'anxiété somatique permet une amélioration du niveau de performance, mais au-delà d'un optimum, cette dernière tend à se détériorer.

Quant à l'influence négative de l'anxiété cognitive, elle est généralement expliquée par le détournement de l'attention qu'elle induit. Le sujet, absorbé par ses attentes négatives, ne peut focaliser son attention sur les signaux pertinents (figure 4).

Nous avons pu constater que la psychologie du sportif est complexe. Il est important de différencier l'anxiété, le stress, l'activation et l'émotion. Après avoir analysé les trois phases du stress, il nous est apparu important de discerner le stress positif du stress négatif. Puis nous avons découvert une théorie multidimensionnelle de l'anxiété avec les anxiétés somatique et cognitive. Nous avons différencié les anxiétés de trait et d'état, les mesures globale et spécifique. Ensuite, nous avons constaté une indépendance des dimensions d'anxiété cognitive et somatique. Enfin nous avons pu établir un lien entre l'anxiété et la performance. Après avoir étudié la psychologie du sportif, la partie suivante nous amène à développer les différents paramètres physiologiques intervenant dans l'activité physique du sportif.

Partie 2 : Paramètres physiologiques de l'activité physique du sportif

Afin de comprendre de manière plus aisée le mécanisme des plantes améliorant les performances physiques du sportif, nous allons préalablement détailler la physiologie de l'activité physique du sportif en développant l'anatomie et l'histologie des muscles et des fibres musculaires puis les mécanismes biochimiques de la contraction musculaire, la mitochondrie et l'ATP (Adénosine Tri Phosphate) ainsi que les différentes filières énergétiques engagées dans l'effort. Puis nous nous intéresserons à la molécule de lactate. Ensuite nous verrons l'adaptation des différents systèmes de l'organisme à l'effort et enfin nous nous pencherons sur l'importance de l'hydratation et l'apport de glucose.

1. Anatomie, histologie des muscles et des fibres musculaires

Le sport est caractérisé par le mouvement et l'activité physique. Un organisme vivant bouge grâce aux mécanismes complexes de contraction et de relâchement musculaires. Le muscle est l'élément moteur unique qui permet à l'athlète d'effectuer les gestes propres à sa discipline. Les muscles sont aussi responsables de l'équilibre postural. Quelle que soit la position, les contractions contrôlées des muscles par reflexes médullaires myotatiques et par la proprioception assurent une cohésion statique de l'ensemble du corps.

1.1. Les différents types de muscles

Le corps humain est composé de plus de six cents muscles partagés en trois catégories.

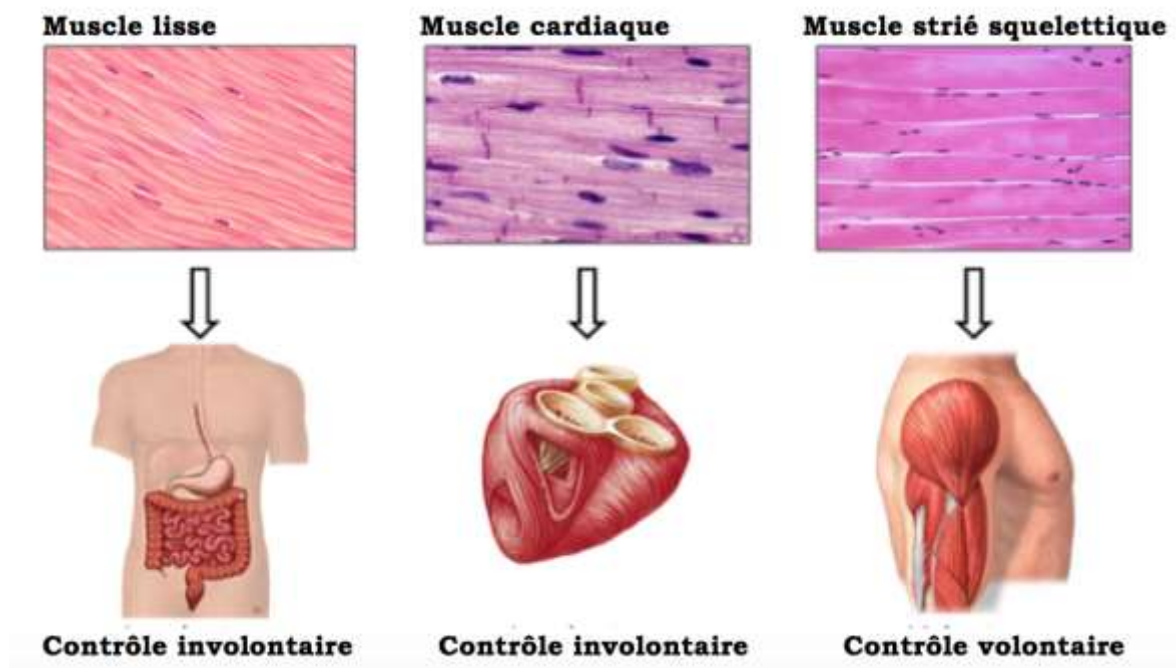


Figure 5: Les 3 types de muscle (Smarttoughmom, 2015)

Les trois catégories de muscles sont les muscles lisses, le muscle cardiaque et les muscles striés squelettiques (figure 5).

1 . 1 . 1 . Les muscles lisses principaux

Ils constituent la paroi des viscères, la paroi des vaisseaux sanguins, la structure contractile des glandes exocrines et de quelques glandes endocrines. Ils se contractent indépendamment de la volonté, sous le contrôle du système nerveux autonome ou du système neurovégétatif (figure 5).

1 . 1 . 2 . Le muscle cardiaque

C'est un muscle strié mais il fonctionne selon un système nerveux autonome interne (le nœud de Keith et Flack et le nœud d'Ashoff Tawara) dont les fonctionnements peuvent être modulés par l'action des hormones, comme par exemple l'adrénaline, et par l'intermédiaire du système nerveux autonome (figure 5).

1 . 1 . 3 . Les muscles striés squelettiques

La régulation des contractions des muscles striés squelettiques permet le mouvement et le maintien postural. Ils fonctionnent sous le contrôle du système nerveux central de façon volontaire ou involontaire selon un arc réflexe médullaire : le réflexe myotatique (figure 5).

1 . 2 . Différents types de cellules musculaires

Il existe trois types de fibres musculaires de morphologies différentes avec des propriétés contractiles différentes.

Les fibres musculaires sollicitées seront adaptées en fonction de l'activité du sportif (activité intense et courte ou activité de longue durée).

1 . 2 . 1 . L'unité de base : le myocyte

La fibre musculaire appelée aussi myocyte est l'unité de base des muscles.

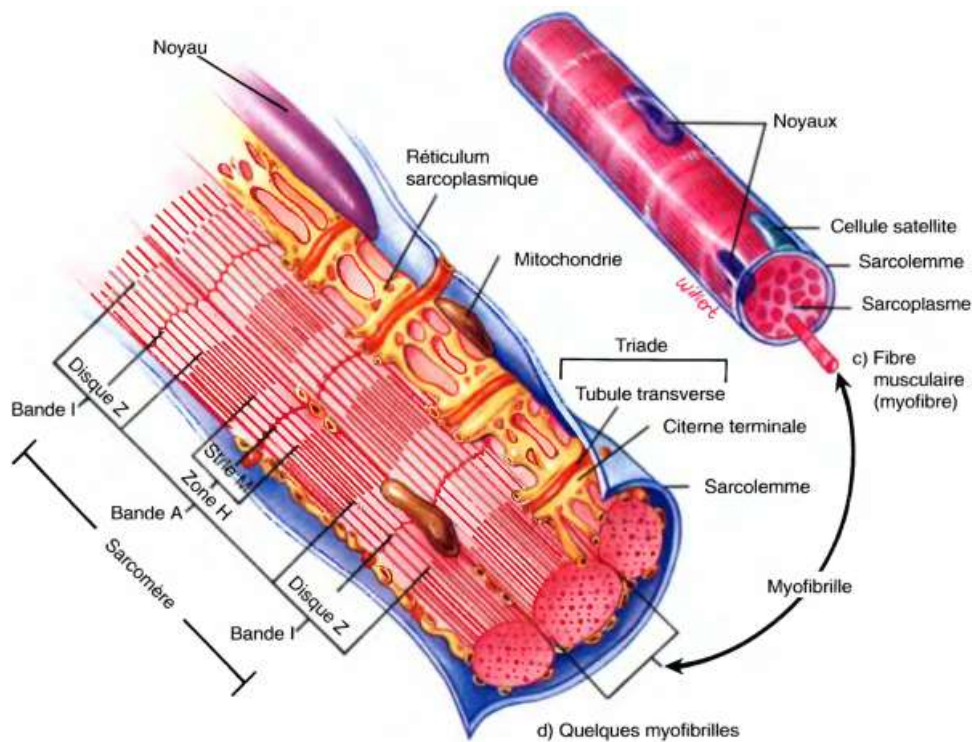


Figure 6: Ultrastructure d'un myocyte

La fibre musculaire est de très petite taille et correspond à une seule cellule. Lorsqu'elle se raccourcit, elle provoque le mouvement, c'est le phénomène de contraction.

Lorsqu'il y a une contraction musculaire, seul un petit nombre de fibres se raccourcissent puis se relâchent rapidement tandis que d'autres fibres prennent le relais. Les fibres musculaires sont dites asynchrones.

Ce mécanisme permet de répartir la fatigue et fonctionne différemment face à un exercice intense ou prolongé. Quand la force à développer est d'une plus grande intensité ou d'une durée plus longue, le nombre de fibres musculaires sollicitées pour la contraction et lui aussi plus important.

Les cellules musculaires des muscles striés (muscles squelettiques et cardiaques) sont formées à partir d'unités contractiles : les myofibrilles, elles-mêmes formées de sarcomères (figure 6).

1 . 2 . 2 . F i b r e s I

Les fibres I ou fibres rouges sont des fibres dites lentes. Elles sont innervées par de petits motoneurones avec une fréquence de décharge faible ainsi qu'un délai de contraction important. Ceci conduit à une faible force maximale mais une résistance très importante à la fatigue. Les fibres I présentent une surface réduite procurant aux muscles un faible volume. Les fibres I possèdent beaucoup de capillaires permettant un meilleur afflux sanguin et une meilleure oxygénation. Ces fibres sont également dotées d'un nombre important de mitochondries permettant la synthèse d'un haut taux d'énergie à partir de l'oxygène.

Ce type de fibres est principalement utilisé dans les sports d'endurance, comme par exemple le marathon.

1.2.3. Fibres IIb

Les fibres IIb (fibres blanches) sont appelées fibres rapides. Elles sont innervées par de gros motoneurones. Elles présentent une fréquence de décharge importante ainsi qu'un faible délai de contraction. Elles permettent une force maximale importante mais une très faible résistance à la fatigue. Ces fibres monopolisent une grande surface mais possèdent peu de capillaires. Elles synthétisent l'ATP sans oxygène. Les exercices explosifs comme le sprint ou le saut utilisent en grande partie ce type de fibres.

1.2.4. Fibres IIa

Ce sont les fibres intermédiaires. Elles sont moyennement fatigables, moyennement fortes et moyennement endurantes. Ces fibres seront sollicitées lors d'exercices brefs et intenses, c'est à dire de demi fond comme le 200 ou le 400 mètres.

2. Les mécanismes biochimiques de la contraction musculaire

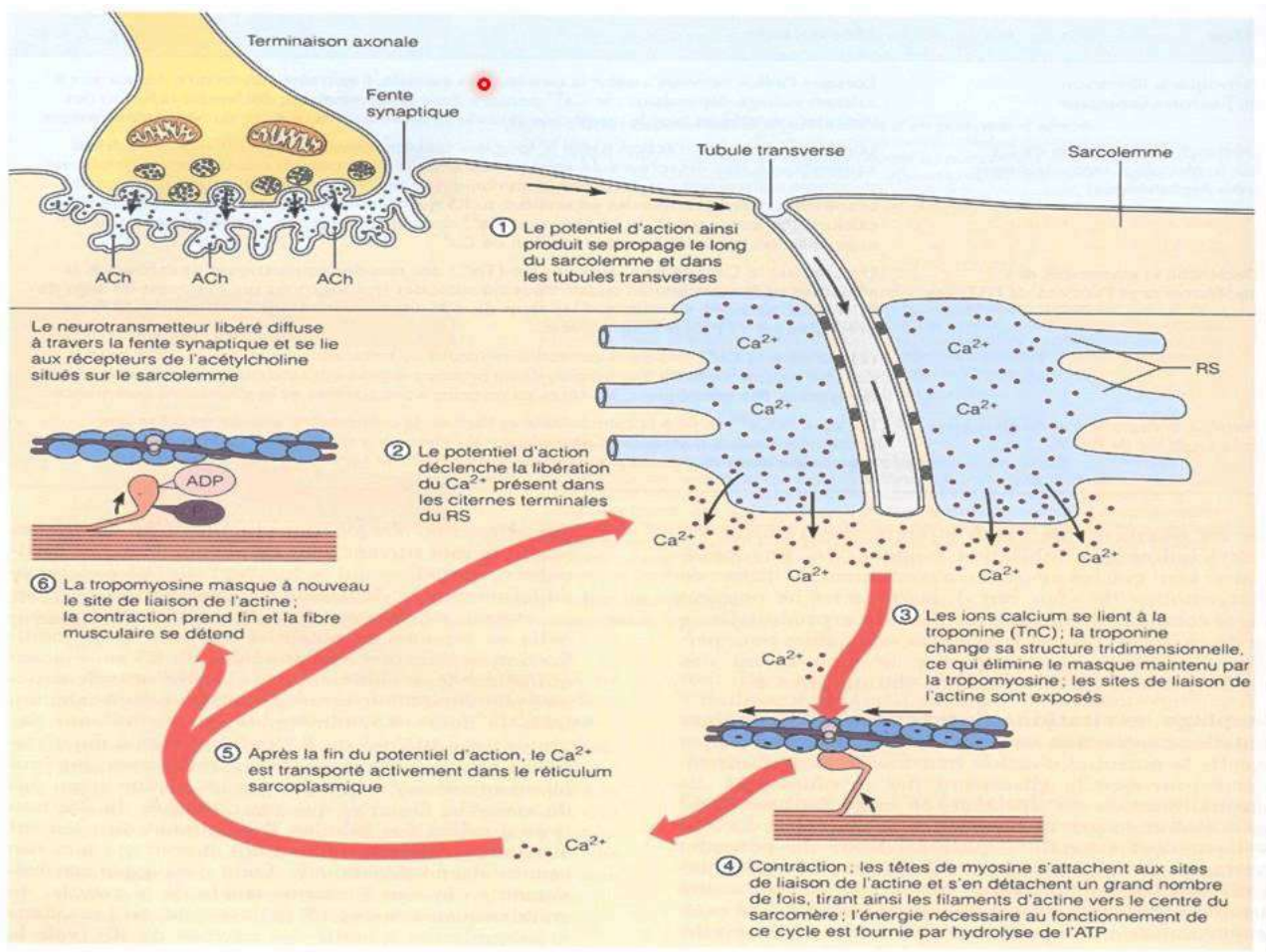


Figure 7: contraction musculaire("Institut de myologie", 2015)

La fibre musculaire se contracte lorsqu'elle reçoit un ordre d'une fibre nerveuse (figures 7). Cet ordre est la manifestation d'un influx provenant d'une cellule nerveuse ou neurone et se propageant le long d'une fibre nerveuse ou axone. La

fibre nerveuse n'est pas en contact direct avec la fibre musculaire. La terminaison nerveuse motrice ou effectrice est séparée de la fibre musculaire par un espace synaptique, au niveau d'une structure musculaire nommée plaque neuromotrice. Quand l'influx nerveux arrive à l'extrémité de l'axone, il y a libération dans l'espace synaptique d'un médiateur chimique, l'acétylcholine. Ce médiateur chimique se fixe au niveau des sites spécifiques présents sur la plaque neuromotrice. Le message reçu par cette plaque provoque une variation du potentiel électrique de la membrane cellulaire. Le potentiel d'action se répand dans toute la fibre musculaire. Puis les ions calcium sortent du réticulum endoplasmique dans lequel ils étaient stockés. Ces ions calcium activent les molécules contractiles du sarcomère (actine et myosine), celui-ci se raccourcit, la fibre musculaire se contracte. Ensuite, les ions calcium ressortent de la cellule, le muscle se relâche. Le magnésium régule les entrées et les sorties du calcium dans la cellule. C'est un cofacteur enzymatique des chaînes métaboliques énergétiques. C'est à cette étape que le magnésium intervient. Ainsi un manque de magnésium provoquerait des crampes car le calcium resterait concentré dans la cellule et le muscle se contracterait en permanence.

Le magnésium permet également la phosphorylation du glucose en glucose 6 phosphate dans le cadre de la contraction musculaire anaérobie lors de la glycolyse.

Le sportif a donc besoin de suffisamment de calcium et de magnésium circulants et biodisponibles en plus des molécules d'ATP qui fournissent l'énergie. Les fruits et légumes sont d'excellentes sources de calcium biodisponible. En plus de diminuer le stress, il est indispensable à la contraction musculaire et potentialise les performances physiques. (Girardin-Andreani, 2013)

3 . La mitochondrie, l'énergie au sein de la cellule musculaire

Les myocytes sont riches en mitochondries. La mitochondrie est une structure intra-cytoplasmique propre à toutes les cellules eucaryotes. Elle représente la centrale énergétique capable de transformer le carburant (le pyruvate issu de la transformation du glucose par la glycolyse) en énergie nécessaire au fonctionnement de la cellule : l'ATP (Adénosine Tri Phosphate), grâce à l'oxygène apporté par l'hémoglobine sanguine. Celle-ci emporte le gaz carbonique, déchet de la combustion cellulaire, jusqu'aux poumons où il sera éliminé par le mécanisme de la respiration.

3 . 1 . L'ATP, contraction musculaire et couplages énergétiques

3 . 1 . 1 . Rôle de l'ATP

Le rôle principal de l'ATP est de fournir l'énergie nécessaire aux réactions chimiques des cellules. C'est un nucléotide servant à stocker et transporter l'énergie.

3.1.2. Consommation de l'ATP par les fibres musculaires

La contraction des muscles représente une dépense énergétique importante (sous forme de travail mécanique et de chaleur).

C'est l'hydrolyse de l'ATP qui fournit directement aux cellules musculaires l'énergie nécessaire à la contraction.

La transformation de l'ATP en énergie nécessite la rupture d'une liaison phosphate grâce à l'ATPase qui hydrolyse l'ATP. L'hydrolyse d'une molécule d'ATP permet de libérer une énergie de 7,3 kcal. L'ATP est stockée dans le muscle. Cependant, la concentration d'ATP intramusculaire est très limitée et représente 5mmol par kilogramme de muscle. L'organisme ne stocke qu'une très faible quantité d'ATP car la molécule d'ATP est très lourde. La masse d'ATP nécessaire pour un marathon serait de 80 kilogrammes. Donc l'ATP est stockée pour une durée d'exercice très faible (entre 2 et 4 secondes). Il est indispensable de resynthétiser l'ATP pour prolonger l'activité au delà de quelques secondes. Il existe plusieurs mécanismes de restauration de l'ATP.

3.1.3. Les différentes voies de restauration de l'ATP

En s'appuyant sur la figure 8, nous allons décrire les mécanismes de la glycolyse, du cycle de Krebs, de la chaîne respiratoire et de la fermentation lactique au sein de la cellule.

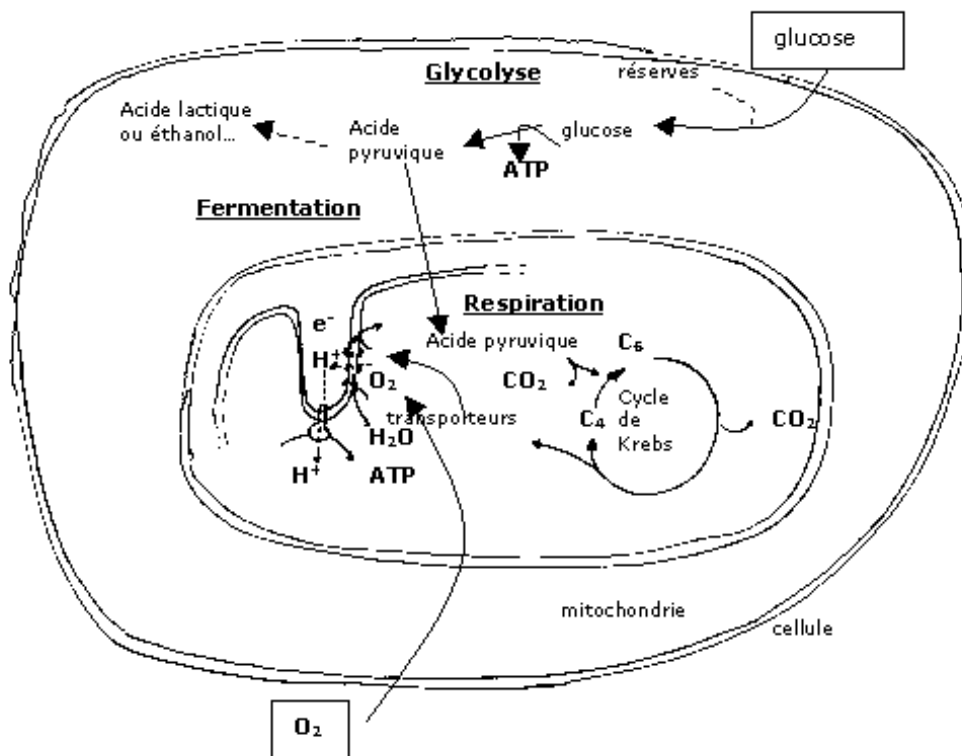


Figure 8: La respiration cellulaire : glycolyse, cycle de Krebs, chaîne respiratoire (Polin, 2014)

3 . 1 . 3 . 1 . L a g l y c o l y s e

En l'absence d'oxygène, le glucose est oxydé en acide pyruvique dans le cytoplasme de la cellule. L'énergie libérée par cette oxydation permet la synthèse de 2 molécules d'ATP (figure 8).

3 . 1 . 3 . 2 . L e c y c l e d e K r e b s

Il se déroule dans la matrice des mitochondries. L'acide pyruvique est dégradé sous l'action d'enzymes conduisant à la production de dioxyde de carbone (CO₂), de transporteurs et de 2 molécules d'ATP (figure 8).

3 . 1 . 3 . 3 . L a c h a î n e r e s p i r a t o i r e

Des molécules sont enchâssées dans la membrane interne des mitochondries. Ces molécules réoxydent les composés réduits produits par la glycolyse et le cycle de Krebs. Les transporteurs de la chaîne respiratoire se transmettent les électrons jusqu'à l'O₂ (accepteur final). En acceptant électrons et protons, il se produit une formation d'eau et de 32 molécules d'ATP (figure 8).

La respiration cellulaire permet de produire 36 molécules d'ATP par molécule de glucose dégradé.

3 . 1 . 3 . 4 . L a f e r m e n t a t i o n l a c t i q u e

Lors de la contraction musculaire, la demande énergétique (ATP) est plus importante. La réserve d'oxygène s'épuise. Les cellules ont alors recours à la fermentation pour obtenir de l'ATP à partir du glucose. La réduction du pyruvate en lactate produit 2 molécules d'ATP à partir d'une molécule de glucose (figure 8).

Ces mécanismes énergétiques sont importants chez le sportif car ses besoins sont majorés par rapport à ceux du sédentaire. Cependant, la production d'énergie par combustion du glucose, au sein de la mitochondrie, est à la source de nombreux problèmes et troubles physiologiques et biochimiques puisqu'elle s'accompagne de la libération massive de radicaux libres et de déchets métaboliques toxiques comme l'urée et l'acide lactique. (Girardin-Andreani, 2013)

4 . R é s e r v e s é n e r g é t i q u e s

La capacité à réaliser une performance sportive dépend de nombreux facteurs et tout particulièrement des réserves en substrats.

Tableau 1: Les réserves énergétiques chez l'homme (Poortmans, 1986)

<i>Substrats</i>	<i>Muscle strié squelettique</i>		<i>Corps entier</i>	
	<i>Quantité (en $\mu\text{mol/g}$ tissu frais)</i>	<i>Energie disponible (en $\mu\text{mol -P/g}$ tissu frais)</i>	<i>Quantité (en kg)</i>	<i>Energie disponible (en kJ)</i>
ATP	6	4,5	0,08	5
Phosphorylcréatine	15	10	0,09	17
Résidus glucosyles	120	4350	0,5	5 300
Triglycérides	10	3510	12	446 500
Acides aminés	36	800	6	78 200

Le tableau 1 montre la quantité de substrats et l'énergie disponible dans le muscle strié squelettique et dans le corps entier. L'apport d'énergie indispensable à la contraction musculaire réside dans l'hydrolyse de la molécule d'ATP. La quantité de substrats disponibles pour une conversion en ATP varie en fonction des cycles métaboliques. Le catabolisme lipidique fournit des acides gras. Le catabolisme glucidique fournit du glucose. Le catabolisme des protéines libère des acides aminés, etc. On remarque que les triglycérides sont une grande source d'énergie disponible par rapport à la créatine phosphate.

4 . 1 . Voies énergétiques engagées dans l'effort

En fonction de la pratique sportive, l'intensité et la durée de la contraction musculaire varient. Les trois voies énergétiques (anaérobie alactique, anaérobie lactique et aérobie) peuvent être sollicitées.

4 . 1 . 1 . L'anaérobie alactique

La puissance maximale d'un effort peut être poursuivie sur une durée très courte. L'anaérobie alactique se produit donc dans les cas d'exercices de très courtes durées (6 à 8 secondes maximums). L'anaérobie alactique a lieu sans oxygène et ne produit pas de déchet (type acide lactique) et dégrade la phospho-créatine présente en faible quantité dans le muscle. Lors d'activités explosives, on a besoin d'une grande quantité d'énergie de façon immédiate. L'anaérobie alactique est sollicitée dans les sports de puissance (vitesse et force), sprints, lancers, sauts, etc.

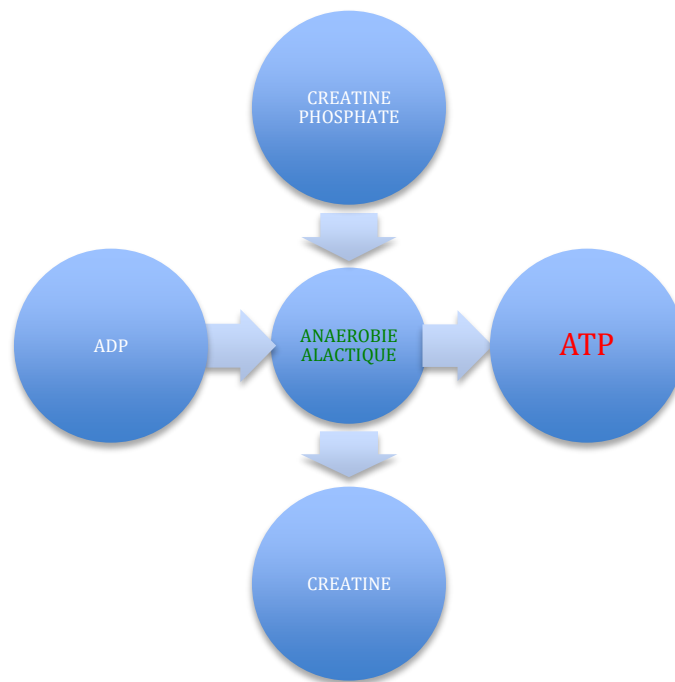


Figure 9: Filière anaérobie alactique

Sous l'action de la créatine kinase, la réaction suivante se produit :
 $\text{ADP} + \text{créatine phosphate} \rightarrow \text{ATP} + \text{créatine}$ (figure 9).

La capacité de cette filière est faible, une seule molécule d'ATP est resynthétisée à partir d'une molécule de créatine phosphate. Malgré la production d'une grande puissance, cette filière ne peut être maintenue dans le temps.

4 . 1 . 2 . L ' a n a é r o b i e l a c t i q u e

Si on souhaite prolonger l'exercice intense, le stock de créatine phosphate devient insuffisant. Il convient alors de changer de filière énergétique. L'anaérobie lactique permet la resynthèse d'ATP en conditions d'exercices relativement intenses toujours en l'absence d'oxygène et grâce à d'autres substrats énergétiques : le glucose ou le glycogène.

La capacité de cette filière est supérieure à la filière anaérobie alactique avec la créatine phosphate. En effet, on réalise la production de deux molécules d'ATP à partir d'une molécule de glucose (ou glycogène). Cependant, 10 réactions sont nécessaires à la glycolyse pour une seule réaction nécessaire dans la filière créatine phosphate.

Une onzième réaction consiste en la dégradation du pyruvate obtenue lors de la glycolyse en acide lactique par la lactate déshydrogénase. Tant que l'exercice se poursuit, recycler l'acide lactique permet de continuer la glycolyse et poursuivre l'exercice intense. Cependant, l'accumulation de l'acide lactique au niveau des tissus perturbe leur activité. En fonction de la durée de l'effort, l'accumulation d'acide lactique peut conduire à une acidose et stopper l'exercice du sportif.

Lors de la glycolyse, on assiste à une production de NADH et de protons H⁺ à partir de NAD⁺. Ces protons H⁺ se dirigent vers la chaîne de transport d'électrons permettant la resynthèse d'énergie.

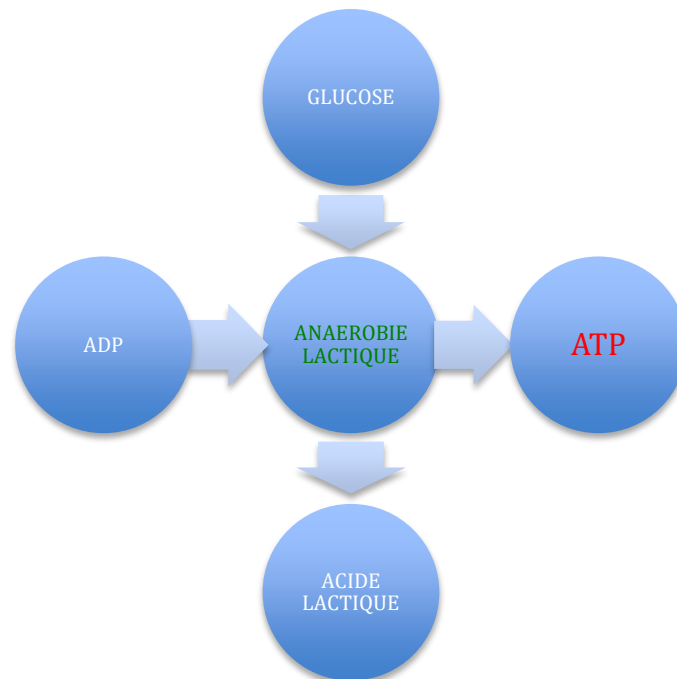


Figure 10: filière anaérobie lactique

La figure 10 illustre la réaction engendrée lors de l'anaérobiose lactique :
 $ADP + \text{glucose} \rightarrow ATP + \text{acide lactique}$.

L'anaérobiose lactique s'établit dans le 400 mètres en athlétisme, le 200 mètres en natation, les sports de combats (judo, lutte, etc).

4 . 1 . 3 . L ' a é r o b i e

L'aérobiose se produit lors d'exercices de longue et très longue durée. Elle se rencontre dans les sports d'endurance comme le marathon, le cyclisme ou le triathlon, etc. Cette filière permet la resynthèse d'ATP quand les besoins sont faibles mais quand les besoins se portent sur une longue durée. On appelle également cette voie la filière mitochondriale car il y a utilisation d'oxygène dans la mitochondrie. On peut initier cette filière en utilisant des substrats comme le glucose ou le glycogène. Dans ce cas, le début des réactions sera commun avec la filière anaérobie lactique. Néanmoins, il est possible d'utiliser les lipides et les protéines en tant que substrats. La glycolyse permet la formation d'ions pyruvates qui seront transformés en acétyl coenzyme A qui sera oxydé pendant le cycle de Krebs. Le cycle de Krebs libère des électrons provenant des protons H⁺. Ces électrons sont transportés par la chaîne respiratoire par NAD. La chaîne respiratoire, située sur la paroi interne de la mitochondrie, permet la resynthèse de l'ATP et la réoxydation du NADH. L'ensemble des réactions au niveau de la chaîne respiratoire se nomme la phosphorylation oxydative. Cette filière comporte un grand nombre de réactions chimiques. Le débit de resynthèse de l'ATP ainsi que la puissance sont faibles par rapport aux deux précédentes filières.

Cette filière permet les efforts de longues durées et elle est intéressante dans la possible exploitation des protéines mais surtout des lipides.

En effets, les lipides comme les triglycérides, sont constitués de glycérol et d'acides gras. Le glycérol est intégré dans la glycolyse tandis que les acides gras sont intégrés dans le cycle de Krebs après bêta oxydation. Il s'ensuit une libération de protons H⁺ qui seront intégrés dans la chaine de transport d'électrons et qui permettront le dégagement d'ATP. Une molécule de lipide peut dégager jusqu'à 460 ATP soit davantage que les 36 ATP produits pour une molécule de glucose. Cette utilisation des lipides augmente largement l'endurance du métabolisme.

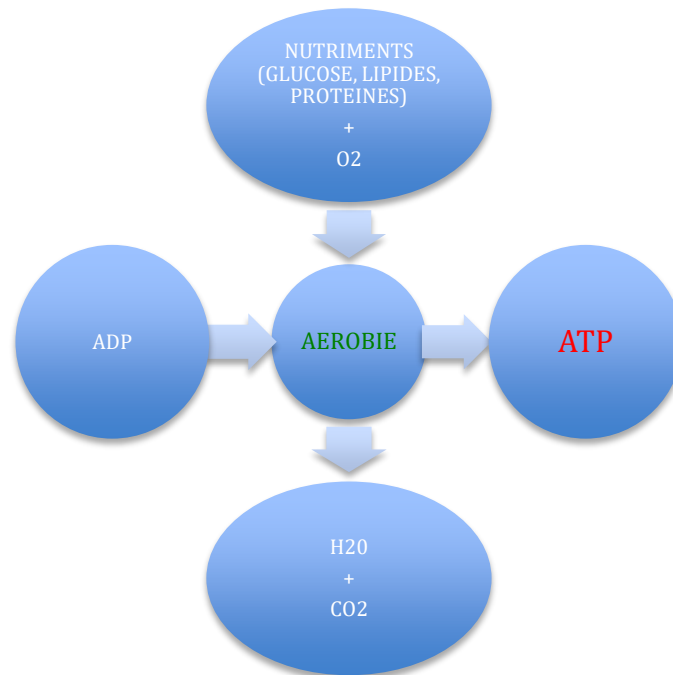


Figure 11: Filière aérobie

La filière aérobie décrite figure 11 engendre la réaction suivante :
 $ADP + O_2 + \text{Nutriments} \rightarrow ATP + CO_2 + H_2O$

Cette oxydation ne produit aucun déchet, uniquement de l'eau et du gaz carbonique. Ceux-ci sont évacués et produisent de la chaleur. Les limites de cette filière, appelées VO₂ max, sont dépendantes de la capacité de l'organisme à prélever, transporter et distribuer l'oxygène nécessaire à l'exercice.

Le pourcentage d'ATP provenant de la filière anaérobie est d'environ 98% pour une course de 100 mètres. En revanche, le marathon nécessite 100% de la filière aérobie.

5. Le lactate, facteur limitant des sportifs ?

Dans le domaine sportif, les lactates sont accablés de tous les maux, pourtant on a vu précédemment que les lactates sont réutilisés dans la synthèse du glucose.

5.1. Recyclage du lactate en glucose

L'activité physique induit une importante consommation de glucose musculaire. Afin de maintenir la glycémie constante, il convient d'obtenir une bonne stimulation de la glycogénolyse hépatique. Cette dégradation des réserves de glycogène hépatique et musculaire est associée à la transformation des acides aminés issus du catabolisme des protéines. Elle va permettre la synthèse du glucose. L'association de cette glycolyse cytoplasmique anaérobie des muscles et de la néoglucogenèse hépatique constitue le cycle de Cori.

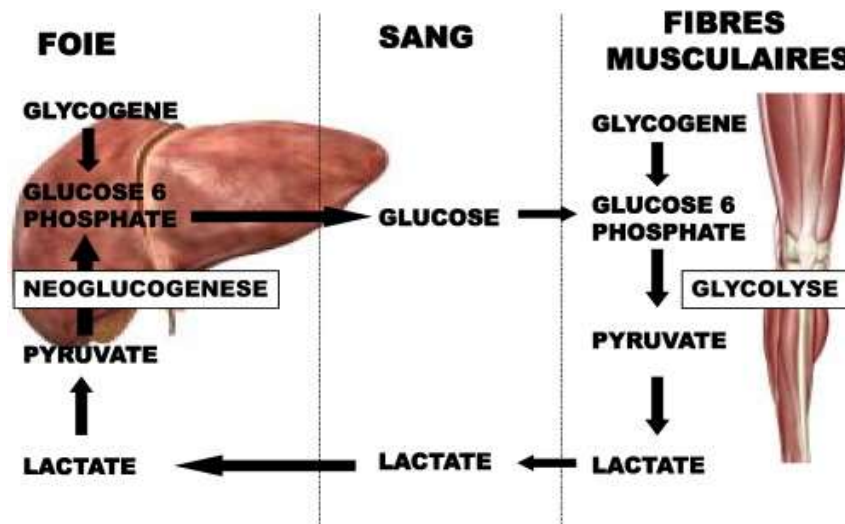


Figure 12 : cycle de Cori (Watelet, 2008)

Décrivons le cycle de Cori illustré figure 12. Au début de l'effort, la glycolyse utilise du glucose et libère du pyruvate au niveau musculaire. Celui-ci est réduit en lactate qui est transporté vers le foie par voie sanguine. Au niveau hépatique, le lactate est oxydé en pyruvate qui va former du glucose, via la néoglucogenèse. Le glucose libre provenant des hépatocytes vers la circulation sanguine va maintenir la glycémie à un taux normal. Ce cycle permet alors au glucose d'être de nouveau oxydé par les muscles. (Watelet, 2008)

Il semblerait qu'un entraînement intensif facilite la néoglucogenèse hépatique. (Ken, 2016)

L'augmentation de la production d'acide lactique par la tumeur testiculaire, qu'a enduré le cycliste Lance Armstrong, pourrait également avoir participé à stimuler la néoglucogenèse hépatique. Ceci expliquerait, entre autres, les performances et succès du cycliste dans le Tour de France (Bongaerts, Wagener, 2007).

5.2. L'accumulation de lactates entraîne-t-elle la fatigue ?

Il est facile d'incriminer l'acide lactique comme responsable de la tétanisation musculaire et des membres inférieurs qui se dérobent après un exercice violent (course de 400 mètres par exemple). L'habitude de dénoncer l'acide lactique vient de la concomitance habituelle de la production de protons H^+ et d'anions lactates in vivo. C'est la concentration en protons et non la concentration en lactates qui intervient dans les modifications acido-basiques et les perturbations homéostatiques à l'origine probablement de la fatigue. « Le lactate n'est en fait

que le témoin innocent de la présence des protons » (Cailler, 1996). La part la plus importante des protons est issue de l'hydrolyse de l'ATP et non de la glycolyse et de la glycogénolyse. Leur faible capacité de réabsorption protonique leur confère la propriété acidifiante à laquelle on se réfère pour tenter d'expliquer les phénomènes de fatigue musculaire. La vitesse d'accumulation des protons est une fonction directe du niveau d'activation de la glycolyse et donc de l'intensité d'exercice et du recrutement progressif des fibres rapides. L'acidose métabolique qui en résulte est considérée par de nombreux auteurs comme le principal facteur de fatigue et d'arrêt de l'exercice intense et de courte durée : 30 secondes à 5 minutes.

Diverses hypothèses sont proposées pour expliquer la fatigue musculaire. Le modèle élaboré par Hermansen qui en synthétise les principales est actuellement le plus souvent cité. (Hermansen, 1977)

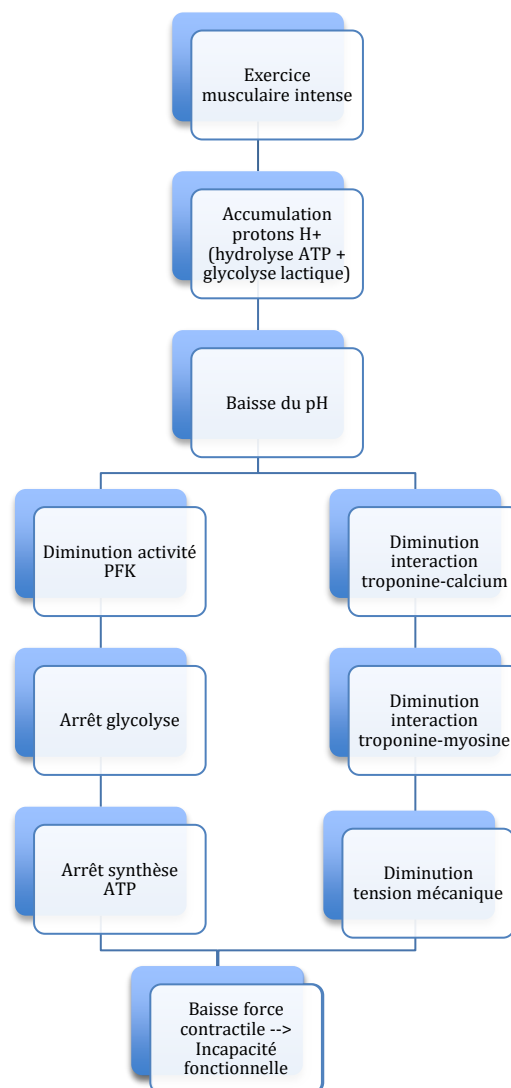


Figure 13 : Hypothèse d'Hermansen (1977) concernant les effets de la baisse du pH intracellulaire sur les enzymes régulatrices de la glycolyse et sur les pontages de l'actine et de la myosine.

Selon le modèle in vitro d'Hermansen représenté figure 13, l'accumulation de protons H^+ entraîne une baisse importante du pH cellulaire qui inhibe l'activité de l'enzyme régulatrice de la glycolyse : la phosphofructokinase ou PFK. Cette inhibition entraînerait l'arrêt de la glycolyse et en conséquence l'arrêt de la synthèse de l'ATP, donc une baisse de la force contractile, synonyme d'incapacité fonctionnelle. Toujours in vitro, les protons entreraient en compétition avec les ions calcium, les empêchant d'interagir avec les sites calciques de la troponine. Dans ces conditions, la levée de l'inhibition exercée au repos par le complexe troponine-myosine sur la formation des ponts d'actomyosine ne pourrait être réalisée : la contraction musculaire ne pourrait donc avoir lieu. (Léger et al., 2001)

Ces deux causes possibles de la baisse fonctionnelle liées à l'accumulation protonique H^+ , donc à la chute du pH, ne résistent cependant pas aux données expérimentales in vivo. En effet, l'inhibition de la PFK est partiellement levée lorsque l'on reconstitue le milieu intracellulaire d'un muscle actif. Par exemple, en rajoutant du phosphate inorganique (Pi), de l'ADP, de l'AMP et une faible concentration de Fructose 6 Phosphate (F6P), l'inhibition de la PFK est surmontée. 70 à 80 % de son activité enzymatique maximale sont immédiatement retrouvés.

Par ailleurs, concernant la compétition des protons avec les ions calcium, deux études récentes émettent actuellement un sérieux doute sur le bien fondé des résultats obtenus in vitro pour tenter d'expliquer la baisse de la tension musculaire concomitante d'une chute du pH. Deux à trois minutes de repos suffisent pour que le muscle puisse recouvrer sa capacité fonctionnelle après arrêt par épuisement consécutif à un exercice intense ayant entraîné une importante chute du pH. Or, le suivi des variations du pH utilisant la résonance magnétique nucléaire montre que 10 minutes sont nécessaires pour retrouver sa valeur de repos.

En conséquence, bien que l'acidose soit concomitante de la fatigue musculaire et de l'incapacité fonctionnelle, ces données expérimentales semblent indiquer qu'il n'y a pas de relation de cause à effet entre la chute du pH et la baisse de la force contractile.

La force contractile provient de l'enchaînement de nombreuses étapes neuro-musculaires et métaboliques au cours desquelles une perturbation de l'équilibre acido-basique peut entraîner un dysfonctionnement spécifique. Il serait donc très simpliste de n'envisager qu'une seule cause à la fatigue alors que celle-ci résulte probablement de l'interaction complexe de nombreux facteurs. Actuellement, on ne sait pas de façon précise à quel endroit et comment cette interaction perturbe ou rompt l'enchaînement des étapes neuro-musculaires et métaboliques du travail musculaire lors de la fatigue.

Néanmoins, lors de l'analyse des études cliniques qui vont suivre en partie 4, nous considérerons l'augmentation du taux de lactates comme un des témoins de la fatigue physique.

5.3. L'accumulation de lactates donne t-elle des crampes ?

Des crampes peuvent survenir en même temps qu'une forte accumulation de lactates. Cependant, si une relation de cause à effet existait, il faudrait qu'à chaque accumulation lactique, il survienne une crampe. Ceci n'est heureusement pas le cas dans les activités physiques à forte production de lactates, comme les courses de 400, 800 et 1500 mètres, le 100 et le 200 mètres nage ou les 5 kilomètres en cyclisme. Pourtant, on y relève souvent des lactatémies de 20 à 25 mmol/L, sans que les sportifs se plaignent de crampes. Inversement, dans de nombreux sports à faible accumulation de lactates comme le football ou les courses de longues distances (semi-marathon, marathon), il n'est pas rare que les athlètes développent des crampes. En outre, on peut développer des crampes pendant le sommeil à un moment où la lactatémie est la plus basse ! Éventuellement, une forte accumulation protonique pourrait expliquer une inhibition partielle de la contraction musculaire, mais non une contraction maintenue comme dans le cas d'une crampe.

En conséquence, la crampe n'a aucune relation avec l'accumulation de lactates. Phénomène mal connu, la crampe résulte probablement d'une hyperexcitabilité neuromusculaire due elle-même à des déséquilibres hydrominéraux, soit par déshydratation, soit par carences minérales.

5.4. L'accumulation lactique donne-t-elle des courbatures ?

Comme pour les crampes, les courbatures ou douleurs musculaires retardées peuvent parfois se développer lorsque l'accumulation de lactates a été importante sans pour autant de relation de cause à effet.

5.4.1. Courbatures et muscles non entraînés

Si on demande à un nageur très entraîné de réaliser le plus rapidement possible un 400 mètres en course à pied, il accumulera beaucoup de lactates et développera très certainement le lendemain et les jours suivants de fortes douleurs musculaires au niveau de ses membres inférieurs. Un premier réflexe serait d'incriminer l'accumulation lactique. Cependant, si on demande à ce même nageur de nager un 100 mètres en sprint, l'accumulation lactique sera toujours importante sans enregistrer de douleurs musculaires retardées. Le résultat sera le même si on demande à un coureur spécifiquement entraîné au 400 mètres de courir cette distance ou une distance voisine.

D'une façon générale, les douleurs musculaires retardées se développent inévitablement, même chez les sportifs très entraînés, lorsqu'ils réalisent un exercice inhabituel sollicitant de façon intense un groupe musculaire non entraîné à ce type d'exercice.

5.4.2. Courbatures et travail musculaire excentrique

Un muscle peut travailler de deux manières principales : en concentrique et en excentrique. En concentrique, le muscle se contracte pour raccourcir son trajet et donc provoquer une flexion au niveau de l'articulation à laquelle il est rattaché. Tandis que lors du travail en excentrique, le muscle ne sert pas à créer un mouvement de flexion mais à ralentir un mouvement d'extension.

L'expérience de Schwane (Schawne, 1983) consiste à faire courir les mêmes sujets à la même vitesse sur un tapis roulant à pente nulle et à pente négative (tapis roulant incliné en descente afin d'optimiser le travail musculaire excentrique). Dans cette deuxième expérimentation, la lactatémie était significativement plus faible, alors que des courbatures, évaluées à partir d'un questionnaire, étaient nettement ressenties les jours suivants, ce qui n'était pas le cas après la course à pente nulle. D'une façon générale, le travail excentrique entraîne une moindre accumulation lactique, mais provoque habituellement des douleurs musculaires retardées. On peut citer l'exemple du travail excentrique lors des grandes descentes pédestres en montagne provoquant d'importantes courbatures chez les randonneurs.

En conséquence, cet ensemble d'exemples montre que les courbatures n'ont aucune relation de cause à effet avec l'accumulation du lactate dans le muscle.

5.4.3. Facteurs incriminés dans les courbatures

Les courbatures de reprises d'entraînement (muscles fragiles et insuffisamment entraînés), ou celles consécutives à des exercices intenses et inhabituels réalisés par des sportifs même bien entraînés, relèveraient de l'hypothèse des micros déchirures musculaires et péri musculaires.

En revanche, les douleurs retardées consécutives aux exercices utilisant un travail musculaire excentrique relèveraient de la thèse des micros déchirures du tissu conjonctif musculaire et tendineux.

La modification de la pression osmotique liée à une accumulation de métabolites intracellulaires, entraînant une rétention d'eau dans les tissus avoisinants, pourrait également causer des courbatures.

Dans ces trois cas, un échauffement progressif accompagné et suivi d'étirements statiques, envisagés avant, pendant et après les exercices intenses aident non seulement à prévenir la douleur mais aussi à la soulager lorsqu'elle est présente. (Léger et al., 2001)

6. Adaptations à l'effort

6.1. Effets positifs

Les adaptations à l'effort concernent de nombreux systèmes dans l'organisme.

6.1.1. Systèmes cardiovasculaires et respiratoires

6.1.1.1. Rappels

- L'oxygène est transporté par l'hémoglobine, celui-ci est un pigment contenu dans les globules rouges. L'augmentation du nombre de globules rouges en réponse à l'entraînement aérobic constitue un atout pour les efforts de longues durées.
- La myoglobine est la protéine de stockage de l'oxygène dans les muscles.
- Le débit cardiaque est le volume pompé par chaque ventricule en une minute.
- La fréquence cardiaque est le nombre de battements cardiaques (ou pulsations) par unité de temps (classiquement la minute).
- La fréquence cardiaque maximale (FCM) est le rythme que le cœur humain atteint lors des plus puissantes sollicitations.
- Le volume d'éjection systolique (V_s) est la quantité moyenne de sang éjecté à chaque contraction.
- La ventilation pulmonaire (V_e) est le renouvellement de l'air contenu dans les poumons (respiration). Elle se manifeste en deux temps : l'entrée de l'air dans les poumons lors de l'inspiration et la sortie de l'air lors de l'expiration.
- La consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}) est le volume maximal d'oxygène qu'un sujet humain peut consommer par unité de temps lors d'un exercice dynamique aérobic maximal. VO_{2max} s'exprime généralement en litres d'oxygène par minute (L/min). Il révèle le potentiel physique d'endurance du sportif. Lorsqu'on évoque le VO_2 max spécifique, il est exprimé en millilitres par minute par kilogramme de masse corporelle.
- Puissance maximale aérobic (PMA) est la puissance développée par un individu pour atteindre la VO_{2max} . Elle est exprimée en watts.

6.1.1.2. Adaptations cardiovasculaires et respiratoires

- Chez les sportifs, on relève une augmentation du volume interne (dilatation) ainsi qu'un épaissement du muscle et une augmentation du poids du cœur.
- On note une économie du travail cardiaque et un ralentissement du rythme cardiaque de repos.

- Lors d'un exercice physique, la fréquence cardiaque augmente en fonction de l'intensité jusqu'à la fréquence cardiaque maximale qui est atteinte au volume maximale d'oxygène consommé (VO₂max).
- Le volume d'éjection systolique augmente en fonction de l'intensité de l'exercice. Son maximum est atteint entre 40% et 60% de VO₂max chez les sujets non entraînés. En revanche, chez le sportif de haut niveau, le Vs augmente jusqu'aux intensités maximales d'exercice.
- Par rapport au repos, le cœur pulse un volume de sang plus important. On observe une augmentation du débit cardiaque. La circulation générale est également accélérée.
- Le système cardiovasculaire est capable d'ajuster le débit sanguin en fonction des besoins des tissus et des organes. En modifiant le diamètre des artérioles, le sang est dévié des territoires ayant un faible besoin vers les territoires où les besoins de sang sont importants. C'est la redistribution sanguine. Au repos, les muscles reçoivent 15% du débit sanguin total (débit cardiaque). Pendant des exercices intenses, ils peuvent recevoir 80% du débit cardiaque. (Kenney et al., 2013a)
- Le cœur utilise moins d'oxygène quand il est bien entraîné. Ainsi il laisse davantage d'oxygène aux muscles qui entrent en action.
- La différence de concentration entre les artères et les veines augmente grâce à un meilleur prélèvement de l'oxygène par nos cellules. Cet oxygène est mieux stocké dans nos muscles car les concentrations intramusculaires en myoglobine augmentent.
- Les cellules vont produire plus aisément du monoxyde d'azote aux propriétés vasodilatatrices. Les vaisseaux vont alors se dilater et transporter plus facilement le sang aux organes qui en ont besoin.
- La force de contraction des muscles intercostaux et du diaphragme augmente. Ce phénomène permet d'améliorer les capacités respiratoires. (Marinier, Frank, 2014)

Ces adaptations permettent d'apporter aux tissus (dont les besoins sont augmentés) une plus grande quantité de nutriments, et conjointement d'éliminer l'excès de sous-produits apparus lors de l'exercice.

6 . 1 . 1 . 3 . C a l c u l d u V O 2 m a x

Grâce au « test de Cooper », on peut aisément mesurer le VO₂max. Pendant douze minutes, on court la plus grande distance possible. Puis on établit cette équation :

$$VO_2\max = \frac{\text{distance parcourue en mètres} - 505}{45}$$

6.1.1.4. Augmentation du VO2max

Tableau 2: consommation maximale d'oxygène (VO2max)

Niveau des pratiquants :	VO2max en ml.min-1.kg-1
Sédentaires hommes	40-45
Sédentaires femmes	35-40
Sportifs non-endurants	50-55
Coureurs :	
- niveau régional	65-70
- niveau international	80-85

En étudiant le tableau 2, on remarque un écart de valeurs entre l'homme et la femme sédentaires. Ceci s'explique par la différence de masse grasseuse entre les deux sexes et une moindre quantité d'hémoglobine chez la femme par rapport à l'homme. Les effets de l'entraînement sur la consommation d'oxygène peuvent être évalués en comparant des groupes de sujets plus ou moins entraînés (sédentaires / haut niveau). On observe que l'entraînement en aérobic conduit à une augmentation de la VO2max. Les athlètes qui atteignent un niveau international présentent des valeurs deux fois plus élevées que celles d'un sujet sédentaire. Les valeurs maximales relevées chez les hommes sont supérieures à 90 ml/min/kg chez les hommes et 75 ml/min/kg chez les femmes. Cependant, au-delà d'une valeur de 50 mL/min/kg, on peut suspecter une prise de produits dopants comme par exemple l'érythropoïétine (EPO) qui augmente artificiellement le VO2max.

6.1.1.5. Augmentation des capacités cardiorespiratoires par l'entraînement en altitude

Tableau 3: Augmentation de la capacité respiratoire par l'entraînement en altitude

Localisation	Conséquences
Arrivée en altitude	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fréquence respiratoire s'accroît afin d'augmenter l'apport d'oxygène ▪ Débit et fréquence cardiaque augmentent ▪ Polyglobulie (nombre de globules rouges augmente)
Pratique sportive en altitude	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminution de la consommation maximale d'oxygène ▪ Diminution de la performance musculaire
Retour au niveau de la mer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Persistance de la polyglobulie pendant plusieurs semaines ▪ Amélioration des capacités de traitement de l'oxygène (extraction, transport, délivrance aux muscles) ▪ Amélioration générale des performances physiques

Rappelons que plus on monte en altitude, plus la pression atmosphérique est faible. Cette baisse de la pression atmosphérique entraîne une baisse de la pression en oxygène et va donc avoir pour conséquence une baisse de l'oxygénation des poumons puis du sang. Afin de s'adapter, l'organisme va mettre en route une série de réactions décrites dans le tableau 3. Lors du retour au niveau de la mer après la pratique sportive en altitude, les bénéfices de cet entraînement apparaissent. En effet, on note une persistance d'une polyglobulie pendant quelques semaines et une amélioration de l'extraction, du transport et de la délivrance d'oxygène aux muscles. Les capacités du sportif étant augmentées, ses performances se voient améliorées.

6 . 1 . 2 . S y s t è m e é n e r g é t i q u e

6 . 1 . 2 . 1 . A d a p t a t i o n s d u m é t a b o l i s m e

Ce système, comme les précédents, bénéficie d'améliorations qui permettent au sportif de fournir un effort plus efficace et de plus longue durée.

- On relève une augmentation des réserves énergétiques (élévation du glycogène musculaire, du glycogène hépatique et des glycérides musculaires). Les enzymes sont beaucoup plus nombreuses et sont plus réactives dans la production d'énergie.
- On note également un accroissement de la capacité métabolique. On relève une augmentation :
 - De la taille et du nombre des mitochondries
 - De la quantité de myoglobines
 - De l'activité enzymatique du cycle de Krebs,
 - De l'activité de la chaîne respiratoire avec une augmentation de la quantité de cytochromes
 - Du glycogène stocké
 - Du taux de triglycérides musculaire (réserves de lipides)
 - De la quantité et de l'activité des enzymes assurant l'utilisation des lipides.
- Enfin, on observe une amélioration de la qualité du métabolisme. Outre l'élévation du taux de triglycérides et de glycogène au niveau musculaire, l'entraînement aérobie provoque chez le sportif:
 - Une élévation de la quantité et de l'activité des enzymes assurant la transformation du glycogène en glucose
 - Une augmentation de la libération de lipides par le tissu gras de l'organisme
 - Une baisse de la masse grasse souvent associée à une perte de poids.

Les capacités oxydatives du muscle vont alors augmenter. Ceci est corrélé avec une augmentation de la production des molécules d'ATP. Le sportif est ainsi plus apte à fournir un effort important et de longue durée comparé à un sujet sédentaire. Désormais, son organisme est bien préparé.(Billat, 2012)

6 . 1 . 3 . S y s t è m e t i s s u l a i r e

L'entraînement conduit à :

- Une diminution de la croissance des os accompagnée d'une augmentation de leur densité
- Une élévation de la résistance des ligaments, des tendons et de leurs insertions
- Un épaissement des cartilages
- Une meilleure acclimatation à la chaleur.

6 . 1 . 4 . E f f e t s d e l ' e n t r a i n e m e n t e n s p r i n t

La puissance maximale dite « puissance de pic » et la puissance moyenne sont améliorées. L'entraînement permet d'être plus puissant mais moins endurant. Cette amélioration des performances s'accompagne d'une plus grande accumulation d'acide lactique et de noradrénaline (permettant d'activer une enzyme transformant le glucose en hexokinase). Nous constatons une diminution du pH sanguin. La resynthèse d'ATP supplémentaire par unité de temps est rendue possible par la glycolyse anaérobie. (Billat, 2003)

S'adapter à un type d'effort ne procure pas que de avantages.

6 . 2 . E f f e t s n é g a t i f s

6 . 2 . 1 . P h é n o m è n e d ' i s c h é m i e r e p e r f u s i o n

L'effort physique entraîne des perturbations hémodynamiques majeures. Il se produit une diminution de la vascularisation du tube digestif au profit des muscles squelettiques. Au repos, 25 à 30 % du débit sanguin se destine au tube digestif pour seulement 3 à 5 % à l'effort. Ce flux de sang permet de mieux irriguer les muscles pour les oxygéner. On a vu précédemment qu'au repos, les muscles utilisent 15 à 20% du flux sanguin tandis qu'à l'effort, les muscles utilisent 80% du flux sanguin. Il se crée ainsi un phénomène d'ischémie digestive transitoire suivie d'une revascularisation lors de la fin de l'exercice. Ce phénomène nommé ischémie-reperfusion s'accompagne d'un largage important de radicaux libres.

6 . 2 . 2 . P r o d u c t i o n d e r a d i c a u x l i b r e s

Le sportif est soumis à des agressions physiologiques. Celles-ci se manifestent, entre autres, par les radicaux libres.

Ces radicaux libres sont de petites molécules très réactives et agressives qui entraînent une desquamation partielle de la couche cellulaire superficielle intestinale à l'origine d'une perte en micronutriments. Les radicaux libres sont susceptibles de générer des dégâts auprès de nombreuses cellules. Ces dommages engendrent parfois des microlésions musculaires et tendineuses. En

effet, en présence d'oxygène, les membranes cellulaires riches en protéines et acides gras polyinsaturés sont les cibles de la peroxydation lipidique entraînant la formation de radicaux libres et provoquant ces dommages cellulaires (voire l'apoptose des cellules).(Marinier, Frank, 2014)

Cependant, la production de radicaux libres n'est pas exclusive au phénomène d'ischémie-reperfusion. Ces molécules sont émises dès le début de l'effort car elles s'avèrent intimement liées à la production d'énergie. En effet, 2 à 3% de la quantité d'oxygène utilisée produira des Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO), une famille de radicaux libres. La consommation d'oxygène augmente à l'effort (jusqu'à 200 fois au niveau du muscle). Il en découle une augmentation proportionnelle de production de radicaux libres.

Une autre source d'ERO résulte de l'inflammation musculaire qui découle du glissement des fibres musculaires les unes sur les autres.

6 . 2 . 3 . S t r e s s o x y d a n t

L'apparition du stress oxydant, que l'on définit comme étant un déséquilibre entre la production de radicaux libres et la capacité pour l'organisme à les neutraliser, s'avère néfaste pour le sportif. En effet, on relève une altération de la perméabilité membranaire cellulaire, une dénaturation et une oxydation d'enzymes, une fragmentation des chaînes protéiques, une mutation et une fragmentation de l'ADN, une chute de la communication intercellulaire, etc. Ces bouleversements peuvent engendrer le dysfonctionnement sévère des cellules, voire leur mort. (Marinier, Frank, 2014)

7 . I m p o r t a n c e d e l ' h y d r a t a t i o n

7 . 1 . H i s t o r i q u e

Le temps où l'on conseillait aux sportifs de ne pas s'hydrater pendant l'effort n'est pas si loin. «Ne bois pas à l'effort, cela coupe les jambes» ou encore «si tu veux gagner, donne à boire à ton adversaires».

Ces préceptes étaient fondés sur des traditions qui consistaient à éliminer tout poids superflus en diminuant au maximum le tissu graisseux et l'eau de l'organisme.

De plus, la réglementation a établi très tardivement les "contrôles de ravitaillement" sur les épreuves sportives. En effet, jusqu'en 1967 sur le Tour de France, les coureurs se ravitaillaient uniquement sur les "secteurs" de ravitaillement prédéfinis.

En 1985, le Manuel d'Hygiène Athlétique préconisait encore la diète hydrique : "Autant que possible, il faut empêcher les sportifs de boire, d'autant que moins on boit, moins on a soif. Il n'y a rien qui essouffle comme de boire pendant un exercice. Si la soif est trop vive, un corps quelconque introduit dans la bouche suffira à la tromper. Une rondelle de citron ou d'orange remplit parfaitement ce but".(Pasquet, 2004)

Cependant, la sensation de soif dévoile un déficit hydrique. Le sportif qui suit ces indications s'expose donc à une forte altération de ses performances. En effet, en cas de sudation importante, la consommation spontanée d'eau est inférieure au déficit hydrique réel. Lors d'une perte d'eau de 200 grammes par heure,

l'ingestion spontanée d'eau couvre 95% du déficit et lors d'une perte d'eau de 500 grammes par heure, l'ingestion spontanée couvre 55% des déficits. Il est donc essentiel de boire avant l'apparition de la sensation de soif, et davantage en cas de chaleur et d'humidité. (Pillon, Screve, 2011)

7.2. Mécanisme de déshydratation au cours de l'effort

Au cours de l'effort, il se produit un dégagement de chaleur et la consommation d'énergie augmente. L'énergie est libérée par la dégradation des aliments, essentiellement les lipides et les glucides. Cette dégradation crée de la chaleur qui augmente la température du corps. Des mécanismes sont rapidement mis en place dans le but de limiter l'hyperthermie et éviter d'atteindre une température de 42 °C pouvant être fatale.

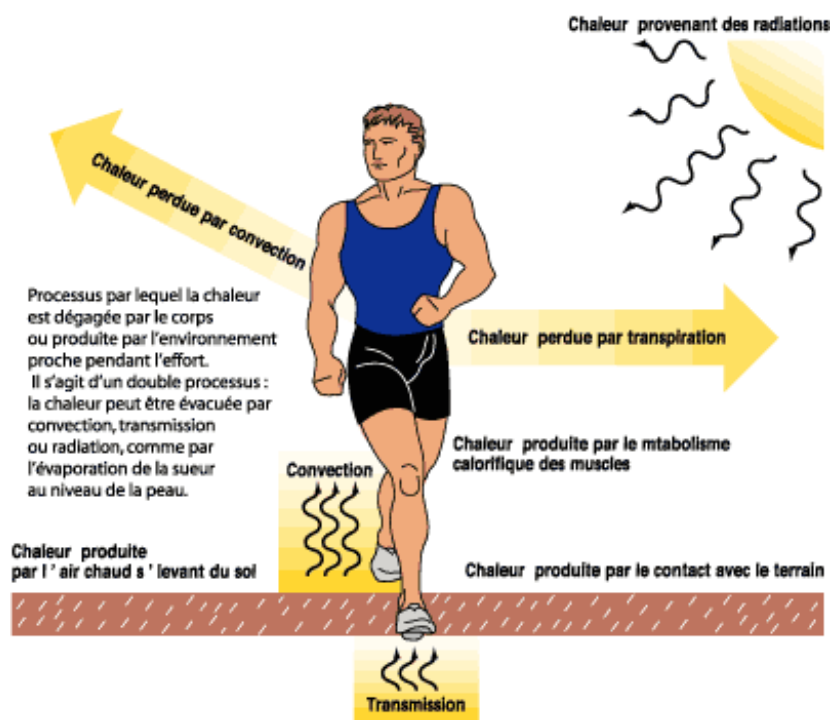


Figure 14: les processus de déshydratation chez le sportif

L'environnement transmet sa chaleur de trois manières: la convection de l'atmosphère, la conduction des vêtements et les rayonnements du soleil.

De manière consciente, le sportif pourra se protéger de la température le gênant en agissant directement sur son environnement : mettre une casquette pour se protéger des rayonnements, mettre un pull pour diminuer la conduction de ses vêtements et diminuer la convection de l'atmosphère.

Outre sa sensation de chaleur, le sportif peut reconnaître ses symptômes corporels de régulation de température. Par exemple, l'horripilation est un symptôme de froid, le corps cherche à regagner de la température par conduction en augmentant sa surface d'absorption d'énergie.

La sudation nous intéressera davantage dans cette partie car elle permet d'éliminer la chaleur. Elle est le propre de l'homme et lui permet d'être l'un des animaux les plus endurants (figure 14).

Lors des pratiques sportives intensives et prolongées, lorsque la production de chaleur augmente de façon plus importante, la sudation est donc le seul moyen efficace pour éviter la surchauffe. La transpiration est un bon procédé pour diminuer la température centrale. En effet, un litre de sueur éliminée permet de libérer une énergie de 600 Kcal.

Parfois, la transpiration peut atteindre plusieurs litres si l'effort est prolongé. On considère qu'un athlète perd 1 à 5 % du poids de son corps lors d'un effort maintenu, en climat tempéré. Dans une atmosphère chaude, les pertes de poids peuvent atteindre 8 à 10 %. Un sportif peut perdre 6 litres de transpiration lors d'un marathon. Selon les conditions, il perdra 1,5 litres de sueur par heure et à 18 °C, et 3 litres par heure à 28 °C. Néanmoins, cette transpiration se fait au détriment de l'équilibre hydrique interne. Il y a en effet une perte en eau et en électrolytes, une réduction du volume plasmatique ainsi que des échanges entre les compartiments intracellulaires et extracellulaires. (Pillon, Screve, 2011)

Bien que les pertes en électrolytes soient faibles et ne se produisent pas instantanément, le phénomène est différent pour l'eau. Toute perte hydrique peut avoir un effet préjudiciable sur l'organisme et par conséquent sur la performance, on assiste alors à une baisse de rendement.

La baisse du niveau d'eau dans l'organisme réduit sensiblement la capacité physique. Une perte d'environ 2 % du poids du corps compromet l'effort musculaire. Pour un athlète de 70 kg par exemple, une perte d'1 litre à 1,5 litres affaiblit la capacité de travail et cet effet est proportionnel à l'importance de la déshydratation.

L'organisme doit maintenir la température centrale en trouvant un équilibre entre les pertes hydriques et les apports. Si le déficit associé à la transpiration n'est pas compensé, l'évacuation de la chaleur libérée par les contractions musculaires ne pourra avoir lieu, c'est la contreperformance garantie. D'autre part, une déshydratation, même légère, occasionne des crampes, des accidents musculaires, des tendinopathies et une fréquence amplifiée de calculs urinaires.

7.3. Recommandations d'hydratation avant, au cours de et après l'effort

Les besoins en eau sont très variables. Ils sont à ajuster en fonction des besoins (pertes sudorales) pour maintenir constamment un état appelé euhydratation.

- Avant l'exercice, il convient de prévenir un déficit en eau, notamment par temps chaud, en ingérant une boisson appropriée de façon fractionnée.
- Pendant l'exercice, la soif n'est pas un critère fiable du niveau de déshydratation et de l'efficacité de la réhydratation. Il est nécessaire de continuer à boire même après avoir atteint son état de satiété. Un suivi régulier très simple permet de contrôler son niveau d'hydratation et consiste à évaluer le poids corporel ainsi que l'abondance et la couleur des urines.
- Après l'exercice, il est conseillé de continuer à boire régulièrement de 1,5 à 2 fois les pertes liquidiennes.

La quantité de boisson à ingérer doit être de composition spécifique aux besoins (pertes sudorales, urinaires, digestives). Le volume de boisson est à ajuster en fonction de la perte d'eau prévisible. La déperdition d'eau est évaluée à partir de

la perte de poids corporel, de la durée d'exercice et des conditions ambiantes. (Dubail, Riche, 2016)

En résumé, il est préférable de boire pendant les courses dont la durée dépasse une heure. Il devient indispensable de boire quand l'effort se prolonge au-delà de deux heures. Il est important de boire dès les premiers ravitaillements même si l'envie n'est pas là. Rappelons que la sensation de soif apparaît quand la déshydratation est déjà amorcée. La prise de boissons doit être fréquente. Il est recommandé de boire des petites quantités régulièrement, plutôt qu'un grand volume de temps en temps. L'organisme n'est pas capable d'absorber plus de 0,4 à 0,5 litres en une fois. Un apport de 1 litre à 1,5 litres par heure voire moins en ambiance tempérée semble adapté. Plus l'apport est réparti dans le temps meilleure est l'hydratation. Des ingestions de 10 à 15 ml (soit un verre d'eau) répétées tous les quarts d'heure sont adéquats. La fragmentation de la prise de liquides diminue les difficultés de digestion et augmente l'absorption du liquide.

Les progrès réalisés lors des ravitaillements permettent de s'approcher de ses valeurs.

8 . Activité sportive et apports de glucose

On a vu précédemment que le premier objectif était d'éviter la déshydratation. Il convient également d'éviter l'hypoglycémie et l'épuisement complet du glycogène musculaire. Rappelons que les réserves en sucres de l'organisme sont un facteur limitant de l'effort. De plus, le taux de sucre dans le sang peut chuter dangereusement et provoquer une perte de connaissance, c'est l'hypoglycémie. Un apport en sucre pendant la course permet d'épargner les réserves de l'organisme. Si pendant l'effort on apporte peu à peu des glucides d'absorption rapide, les réserves musculaires et hépatiques de glucides seront moins consommées.

8 . 1 . Notions de glycémie pendant l'effort

La glycémie varie pendant l'effort.

- Dans le cas d'une activité prolongée inférieure à 30 % de la VO₂max, l'hypoglycémie ne survient qu'après plusieurs heures d'effort car la néoglucogenèse hépatique assure la fourniture de glucose.
- Pour une activité entre 50 et 80 % de la VO₂max, il peut survenir une fringale. Elle correspond à un épuisement des réserves glycogéniques hépatiques et à une insuffisance de la néoglucogenèse hépatique.
- Dans le cas d'une activité supérieure à 85 % de la VO₂max, une hypoglycémie peut se déclarer dès le premier quart d'heure de l'activité. Cette hypoglycémie correspond à une utilisation massive de glucose par le muscle actif, bien que les mécanismes glucoformateurs soient capables d'assurer la production et bien que les stocks de glycogènes hépatiques et musculaires soient encore élevés. Ce trouble provient d'un ralentissement dans la mise en route des processus hormonaux destinés à assurer l'approvisionnement, d'où la nécessité d'effectuer un échauffement approprié. (Dubail, Riche, 2016)

8.2. Effets d'un apport en hydrates de carbone sur la fatigue lors d'un effort intense

Lors d'un effort intense correspondant à 70 % de la VO₂max, la production d'énergie à partir des hydrates de carbone est assurée par le glycogène musculaire et par le glucose sanguin.

Au cours de l'effort, il se produit un passage progressif de l'utilisation du glycogène musculaire à l'utilisation du glucose sanguin. Le glucose est oxydé et la diminution de la glycémie joue un rôle dans l'apparition de la fatigue en ne permettant pas à la fibre musculaire de saisir une quantité suffisante de glucose sanguin pour s'opposer à la baisse du glycogène musculaire.

Dans ces conditions, la fatigue est précédée par une diminution de l'oxydation des hydrates de carbone, qui elle-même est précédée par une baisse de la glycémie. C'est pourquoi l'apport d'hydrates de carbone durant un exercice intense permet le maintien de la glycémie et peut retarder de 30 à 60 minutes la survenue de la fatigue.

L'approvisionnement en glucose doit être au minimum de 1 gramme par minute, ceci permet de maintenir une glycémie à 5 mMol/L.

Le choix du substrat doit prioritairement être porté sur le glucose. C'est le substrat privilégié pendant l'exercice et cet apport exogène sera utilisé pendant l'effort. Si l'on décide d'utiliser le fructose, il sera moins oxydé et participera moins à l'épargne du glycogène musculaire. (Dubail, Riche, 2016)

8.3. Conseils pour maintenir la glycémie lors de l'effort

Lors de l'échauffement voire lors du départ de l'épreuve, il est préconisé de boire 150 à 250 ml d'une solution de glucides rapides toutes les 15 à 20 minutes.

8.4. Boisson idéale de l'effort ; eau, glucose et minéraux

La sueur que nous évacuons pendant l'effort est riche en substances indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Il est nécessaire de compenser partiellement les pertes en électrolytes, vitamines et minéraux.

L'alimentation doit permettre de diminuer l'impact de ces pertes.

Cependant, il est indispensable de ne pas provoquer de troubles digestifs. Comme nous l'avons détaillé précédemment, à l'effort s'ajoute des troubles de la digestion pour plus d'un marathonien sur deux (troubles biologiques et digestifs). Ces pathologies résultent des adaptations biologiques liées à l'exercice. Elles sont accélérées par la déshydratation et peuvent être déclenchées par l'alimentation. Il est donc indispensable d'ingérer des substances facilement absorbables par l'organisme sans surcharger un système digestif déjà fragilisé par l'effort.

(Debeaumont, Ducrotte, 2015)

L'objectif est de consommer une boisson qui s'approche au mieux des caractéristiques des liquides corporels. Le système digestif n'ayant pas à gérer des différences de concentrations importantes, l'entrée des nutriments sera améliorée.

Apport de sucres :

Si la boisson est très sucrée, le temps d'ingestion est augmenté et des troubles digestifs peuvent se manifester. En revanche, si la boisson n'est peu ou pas sucrée, une grande partie du liquide ne sera pas absorbée et devra être évacuée par l'urine. Le sportif sera alors lesté, sa respiration sera gênée et il devra peut-être s'arrêter pour uriner. Une concentration de 60 à 80 grammes de sucre par litre permet d'éviter ces inconvénients tout en apportant une quantité de sucre nécessaire au travail musculaire.

Apports en électrolytes :

Il convient d'amener environ 200 mg de sodium et de potassium par litre.

Apports en minéraux :

L'apport n'est pas nécessaire pendant l'effort et peut même s'avérer néfaste.

Les liquides frais pénètrent plus vite dans l'organisme. La zone de température idéale s'approche de 10°C. Cependant, la prise de boissons trop froides risque de provoquer des diarrhées et des infections des voies respiratoires supérieures.

Un quart d'heure après l'ingestion de boisson, trois quarts des liquides est passés au niveau intestinal.

Concrètement, voici la recette de la boisson la plus adaptée à l'effort en proportion de sucre, potassium et sodium :

- Prendre une bouteille d'1 litre, la remplir à moitié d'eau.
- Presser une orange ou deux citrons. Verser le jus dans la bouteille.
- Mettre une pincée de sel (1 à 2 grammes) dans le liquide.
- Ajouter 3 à 4 cuillères à café de sucre en poudre.
- Ajouter de l'eau pour compléter la bouteille.
- Refermer, remuer énergiquement le tout. Placer la boisson au frigo.

Nous disposons d'un litre d'une boisson de l'effort prêt à l'emploi.

(Guezennec, 2011)

Partie 3 : Paramètres physiologiques de la récupération

La période de récupération est le temps nécessaire pour que tous les paramètres physiologiques qui ont été modifiés par l'exercice correspondent aux valeurs de l'état au repos.

Au cours d'un exercice physique, rappelons que le duo cœur-poumon garantit une fonction de transport. Le système cardiovasculaire adapte le débit sanguin pour maintenir un transport approprié des substrats énergétiques et de l'oxygène vers les muscles. Le système cardio-pulmonaire entraîne une augmentation du débit cardiaque ainsi que du débit ventilatoire proportionnelle à l'intensité de l'exercice. Le retour aux valeurs de repos des paramètres cardio-respiratoire est rapide, tandis que la récupération des réserves métaboliques est beaucoup plus longue. (Billat, 2003)

La récupération totale de l'exercice musculaire est principalement conditionnée par la reconstitution des stocks énergétiques. Ces stocks représentent les sources de combustibles indispensables pour produire de l'énergie au sein des cellules musculaires pendant l'exercice physique.

1 . R é c u p é r a t i o n d e s p a r a m è t r e s m é t a b o l i q u e s

Les carburants principalement utilisés lors de l'exercice physique sont les réserves intramusculaires (ATP + Créatine Phosphate), les réserves en glycogène intramusculaire et en glycogène hépatique, les réserves lipidiques et les acides aminés. Lors de la période de récupération, ces substrats devront être restaurés.

1 . 1 . R é c u p é r a t i o n d e s f a c t e u r s d u m é t a b o l i s m e g l u c i d i q u e

La resynthèse des stocks glycogéniques après un exercice physique dépend de la disponibilité en substrats glucidiques alimentaire et de l'activité des systèmes de transport du glucose et des enzymes de la glycogénosynthèse.

L'entraînement augmente la vitesse des systèmes qui assurent le transport transmembranaire du glucose vers l'intérieur des cellules musculaires, augmente la sensibilité à l'insuline et l'activité des enzymes de la glycogénosynthèse. C'est pourquoi les sujets bien entraînés ont une période de récupération des stocks de glycogène musculaire plus rapide que les sujets non entraînés. Cet avantage ne semble néanmoins pas se reproduire pour la resynthèse du glycogène hépatique. Celle-ci semble davantage dépendante des apports alimentaires glucidiques.

1.2. Récupération des facteurs du métabolisme protéique

La mise en jeu du métabolisme protéique lors de l'exercice musculaire conduit à la production d'azote et à une augmentation de l'ammoniogenèse. L'ammoniaque ainsi formée est toxique et augmente l'épuisement. Les processus de récupération éliminent cet excès d'ammoniaque. La détoxification est principalement hépatique. Elle s'effectue par l'uréogénèse. L'élimination de l'azote lors la phase de récupération est facilitée par l'apport d'aliments glucidiques.

L'autre aspect primordial de la récupération protéique est la resynthèse des protéines mobilisées lors de l'effort. Il se produit une diminution de la synthèse protéique dans l'heure qui suit l'arrêt de l'exercice et une augmentation de la synthèse protéique au-delà d'une heure après l'arrêt de l'exercice.

1.3. Récupération des facteurs du métabolisme lipidique

La reconstitution des lipides mobilisés pendant l'effort de longue durée n'est pas un facteur limitant la récupération. Néanmoins, la mobilisation précoce des substrats lipidiques pendant l'exercice musculaire épargne le glycogène musculaire et raccourcit le délai de récupération. Cet avantage se produit chez les sportifs entraînés en endurance.

2. Délais de récupération des substrats et oxygène en fonction du type d'exercice physique

La récupération totale de l'exercice musculaire est principalement conditionnée par restauration des stocks énergétiques.

Les délais de récupération de ces substrats énergétiques et de l'oxygène diffèrent selon le type d'exercice musculaire réalisé. L'acide lactique intramusculaire et sanguin est également produit en grande quantité lors de l'effort, les délais de récupération dépendent également de son élimination.

En fonction du type d'exercice effectué, le tableau 4 expose les délais de récupération des différents substrats énergétiques.(Kenney et al., 2013a)

Tableau 4: Les délais de restauration des différents substrats énergétiques et de l'oxygène en fonction du type d'exercice épuisant réalisé

Processus de récupération	Délai minimum de récupération	Délai maximum de récupération
Restauration des réserves intramusculaires (ATP + Créatine Phosphate)	▪ 2 minutes	▪ 5 minutes
Restauration du glycogène intramusculaire	▪ 48 heures Après exercice à régime de contraction musculaire excentrique	▪ 72 heures
	▪ 10 heures Après exercice continu concentrique	▪ 46 heures
	▪ 5 heures Après un exercice intermittent	▪ 24 heures
Restauration des réserves de glycogène hépatique	▪ Non connu	▪ 12 à 24 heures
Diminution de la concentration sanguine d'acide lactique	▪ 30 minutes avec exercice de récupération active à 50-60 % de la VO ₂ max	▪ 1 heure
Diminution de la concentration intramusculaire d'acide lactique	▪ 1 heure avec récupération passive	▪ 2 heures
Restauration des réserves d'oxygène	▪ 10 à 15 secondes	▪ 1 minute

En simplifiant, retenons que pour des efforts de courtes durées, la resynthèse des réserves énergétiques est d'environ une heure.

Les efforts de moyenne durée sollicitent l'utilisation du métabolisme aérobie et donc des substrats glucidiques. La rapidité de la récupération sera accélérée par l'ingestion de glucides. Les sportifs bien entraînés sont également capables d'accélérer la resynthèse des stocks de glycogène. La durée de récupération est d'environ une journée.

Pour des efforts de longues durées, les effets sur les paramètres du métabolisme protéique et les conséquences sur les structures musculaires exigent une récupération prolongée. Indépendamment du niveau d'entraînement, ces efforts prolongés imposent une récupération de l'ordre de la semaine. (Billat, 2003)

3 . M é t a b o l i s m e h y d r o é l e c t r o l y t i q u e e t r é c u p é r a t i o n

Nous avons vu précédemment qu'il se produit pendant l'exercice musculaire une perte d'eau et d'électrolytes résultant principalement de la contrainte thermique. Le débit sudoral est pour ainsi dire le seul procédé pour évacuer la production de chaleur résultant du métabolisme.

La sueur contient de nombreux électrolytes. Une perte de ces éléments est associée à la sudation. Il en résulte une diminution du stock total de certains électrolytes comme le sodium, le potassium ou le fer. La sueur est moins concentrée que le plasma en électrolytes. La perte sudorale conduit à une hypovolémie (diminution du volume du plasma sanguin) avec une hyperosmolarité.

3 . 1 . E x e r c i c e s d e c o u r t e d u r é e

Lors d'exercices de courte durée, les excrétions sudorale et urinaire bouleversent peu les volumes liquidiens. En revanche, le travail musculaire de forte intensité amène à une accumulation de potassium plasmatique ainsi qu'à une hémococoncentration liée à un transfert de sodium et d'eau vers les espaces interstitiels. L'augmentation de la kaliémie conduit à la fatigue musculaire. Le retour à la normale de la kaliémie est étroitement corrélé avec l'évolution de l'acidose.

3 . 2 . E x e r c i c e s d e l o n g u e d u r é e

Les exercices de longue durée conduisent à des pertes sudorales non négligeables. Le niveau des pertes va dépendre de l'apport de boisson de réhydratation pendant et après l'effort. La récupération va donc être conditionnée par l'apport de liquides pendant et après l'effort. Un problème majeur se pose concernant la réhydratation pendant et après l'exercice musculaire. Quelle est la vitesse avec laquelle les pertes sudorales sont remplacées? En effet, la vitesse de remplacement des liquides de l'organisme dépend simultanément du volume des apports liquidiens, de la vitesse de la vidange gastrique et du niveau d'absorption intestinale des fluides.

La vitesse de vidange gastrique dépend de l'osmolarité des boissons absorbées. 80 % des volumes d'eau ingérés sont entièrement résorbés une heure après ingestion. La réhydratation à l'arrêt de l'exercice est primordiale afin de combler rapidement les pertes. Si cette réhydratation est parfaitement respectée, la perte hydrique est compensée plus rapidement que les pertes énergétiques et sa reconstitution n'est pas un facteur limitant la récupération. Toutefois, la récupération des pertes en minéraux et électrolytes peut être plus longue, voire même incomplète pour certains éléments comme le fer. Le sportif devra être attentif aux apports de ces éléments dans son alimentation lors de la période de récupération.

(Guezennec, 2011)

4. Importance du retour veineux dans la récupération du sportif; rappel sur la physiologie

A l'effort, le débit sanguin est accentué vers le myocarde et les muscles squelettiques. Si l'effort est maximal, le débit cardiaque augmente de 5 à 6 fois et le débit musculaire augmente minimum de 20 fois.

Il se produit un déplacement du sang veineux profond vers la périphérie ainsi que des échanges thermiques. L'activité physique est rarement favorable au système veineux. Certains paramètres détériorent l'état veineux tels le type de sport, l'intensité, la durée, le manque d'entraînement et le manque de temps de récupération.

Lors des répétitions de sauts, courses, extensions, rotations, changements de direction, il survient un ralentissement du retour veineux fémoro-iliaque ainsi qu'une stase veineuse au niveau du mollet.

Il se produit également une surcharge hydraulique occasionnant une accumulation de toxines dans les jambes. Il apparaît une hypoxie et une hyperpression veineuse. La performance et la récupération sont amoindries.

Rappelons que les artères forment un système à hautes pressions permettant l'apport d'oxygène aux muscles. Tandis que les veines sont un système de retour à basses pressions (réservoir) permettant l'élimination des toxines. La compliance veineuse correspond à la distancibilité multipliée par le diamètre. Elle est 24 fois supérieure à l'artère correspondante. Le réservoir veineux rassemble plus de 60% du système sanguin total.

Si on considère une volémie de 5 litres, les artères et capillaires représentent 16 à 20 % tandis que les veines extra thoraciques représentent 80 à 85 % donc le sang veineux extra thoracique s'élève à 3,5 litres. Sur ce volume, les grosses veines représentent 1 litre alors que les petites veines représentent 2,5 litres. Les veines cutanées et sous cutanées correspondent à 0,5 litres pour 2 litres de veines musculaires et perforantes soit 57% du volume sanguin global.

Considérons le mollet comme un cœur périphérique. Lors de la contraction, il se produit la vidange ou «systole musculaire» et lors du relâchement, il se crée un remplissage ou «diastole veineuse».

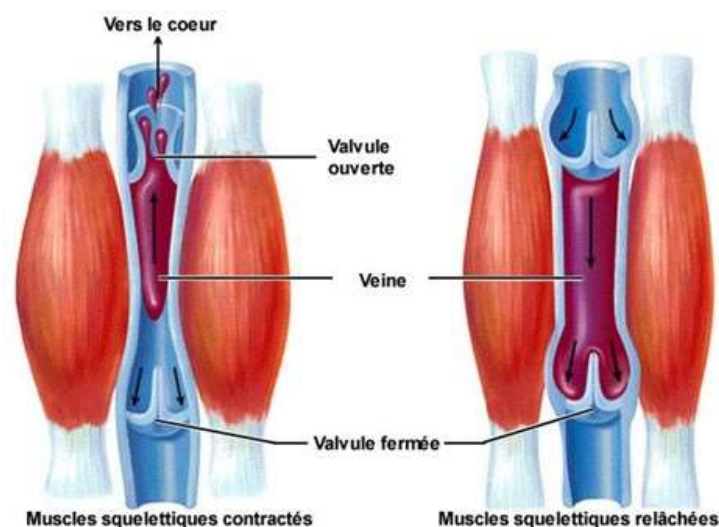


Figure 15: Sang remontant au cœur par les valvules des veines et les mouvements musculaires. (Billat, 2003)

Le sang remonte au cœur par la contraction des muscles et la fermeture des valvules des veines (figure 15).

Pendant l'effort, sous l'effet du jeu musculo aponévrotique et articulaire, les veines se vident et se remplissent. Le mollet élimine le sang riche en dioxyde de carbone et en toxines et lutte contre l'hyperthermie.

Les veines du mollet compensent en se dilatant. Le rôle des valvules est primordial.

On constate donc que le mollet subit des agressions répétées, dégradant au long terme le système valvulaire. Le cœur périphérique devient déficient suite à la dilatation veineuse pathologique et à l'insuffisance valvulaire favorisant la stase, le reflux et l'hypoxie. L'hypoxie et la surcharge hydraulique au niveau du mollet entraînent l'accumulation des toxines et augmentent le risque de blessures. (Kenney et al., 2013b)

5 . A c c u m u l a t i o n d e s t o x i n e s g é n é r é e s p a r l ' e f f o r t s p o r t i f

Outre le fait de lutter contre les molécules étrangères et toxiques que sont les xénobiotiques, l'organisme doit également affronter les produits résultant du métabolisme à l'effort.

En effet, lors d'un effort d'intensité élevée, nous avons précédemment vu que l'on produit de l'acidité dont l'acide lactique.

L'effort engendre également la production d'ammonium. Cette « toxine » serait l'un des éléments qui en premier avertit le cerveau de la notion de fatigue en intoxiquant les cellules nerveuses et les muscles. L'ammonium empêcherait les mitochondries de produire de l'ATP, et amplifierait l'élévation de l'acide lactique. Il est essentiellement produit lors des efforts en anaérobie au cours duquel les fibres musculaires «blanches» (= fibres «rapides») sont plus volontiers sollicitées. Une fraction de cet ammonium quitte ces fibres musculaires blanches pour passer dans le sang afin d'être transformé en urée. La concentration d'ammonium sanguin parvient au maximum entre 5 et 10 minutes après l'arrêt de l'effort. Un retour à la normale sera obtenu après 45 minutes à 1 heure. (Andrei, Andrei, 2015)

La citrulline est un acide aminé non essentiel produit par les mitochondries du foie. La citrulline active la transformation de l'ammonium toxique en urée inoffensive pour le corps humain. C'est pourquoi il est intéressant, avant, pendant et après l'effort, de consommer de la citrulline.

Pendant l'effort, le retour veineux est parfois moins performant au niveau hépatique. Le sportif peut même présenter une douleur au foie. Lors d'un effort, des fibres musculaires se cassent comme en témoigne l'élévation des CPK (Créatine Phospho Kinase). Il se produit également une rupture des fibres hépatiques avec pour conséquence une augmentation des enzymes ALAT (ALanine Amino Transférase) et ASAT (ASpartate Amino Transférase). Un exercice d'haltérophilie d'une heure fait augmenter de manière caractéristique le taux d'ALAT et d'ASAT, la lactate déshydrogénase, la créatine phosphokinase et la myoglobine chez environ un tiers des personnes qui ont une activité physique modérée, avec une normalisation du bilan hépatique en une semaine. (Pettersson et al., 2008) Les fonctions hépatiques sont donc altérées pendant cette période.

L'accumulation de ces nombreuses toxines se produit notamment lors des périodes d'entraînements ou lors des compétitions longues et intenses pendant

lesquelles la production de « déchets métaboliques » est très importante et chronique. Ces toxines s'accumulent également quand les phases de récupération physiologiques sont trop courtes, en présence de nombreux xénobiotiques (médicaments) ou lors de périodes d'alimentation non adaptée comme les périodes de festivités où le foie est soumis à un travail colossal favorisant son engorgement.

Le foie met alors en place des mécanismes de défense contre ces molécules pathogènes. Puis, ces « résidus métaboliques » sont transformés en produits dérivés qui sont métabolisés par le foie (ou les reins), puis excrétés par la bile (ou l'urine).

Il existe donc des perturbations hépatiques à l'effort. Si l'intensité de l'effort reste décisive dans la genèse de ces troubles, des facteurs de variations interindividuelles comme l'origine ethnique, le niveau d'entraînement, l'efficacité de la récupération et la diététique pourraient également intervenir (Pettersson et al., 2008).

Nous avons vu dans ce premier chapitre qu'une grande partie du corps humain était sollicitée pendant un effort. L'exercice physique a des répercussions sur le mental mais aussi sur les systèmes musculaire, respiratoire, cardio vasculaire et digestif. De nombreux organes, comme l'intestin et le foie sont touchés.

Les perturbations liées au sport peuvent être diminuées par l'utilisation de certaines plantes.

Le chapitre suivant s'appuie sur la phytothérapie afin d'aider le sportif à gérer son mental, à soutenir ses capacités physiques en endurance et en force et à améliorer sa récupération.

Chapitre II : Améliorer les paramètres intervenant dans la performance du sportif en s'appuyant sur la phytothérapie

Partie 1 : Amélioration mentale du sportif par les plantes

Les performances physiques sont la clef du succès en compétition, cependant les facultés de concentration et la discipline mentale jouent un rôle majeur dans le parcours sportif. Précédemment, nous avons vu que le stress et l'anxiété influencent de façon négative les performances du sportif.

La gestion du stress et de l'anxiété fait intégralement partie de l'entraînement du sportif compétiteur. Afin de soulager le stress et favoriser la concentration, de nombreux sportifs ont été tentés de consommer des plantes illicites telles que les feuilles de cannabis ou de coca, les graines de datura riches en scopolamine ou encore le LSD (diéthylamide de l'acide lysergique) provenant de *Claviceps purpurea* (un champignon parasite de certaines céréales). Certes, ces plantes peuvent avoir un effet dopant pour l'activité sportive néanmoins, elles sont strictement interdites dans le monde de la compétition. Ces plantes sont considérées par la loi européenne comme appartenant aux stupéfiants. La culture, détention et commercialisation de ces plantes sont prohibées. Toutefois, certains médicaments sont dérivés de ces plantes, dans quel cas, la production, la distribution, la prescription et la consommation sont rigoureusement encadrées. (Girardin-Andreani, 2013)

D'autres sportifs, mieux entourés et mieux conseillés, préfèrent se tourner vers le vaste monde des plantes médicinales et alimentaires riches en substances sans danger, dépourvues de toute toxicité, strictement légales et capables d'apporter au sportif équilibre et sérénité. L'effet positif s'exprime au niveau de l'humeur et du comportement, dans la gestion du stress mais également au niveau du sommeil, primordial lors des phases de préparation à l'effort et de récupération.

Dans cette partie, nous développerons dans un premier temps la caféine, ce qui nous mènera à explorer les plantes stimulantes riches en caféine (caféier, théier, yerba maté, guarana, kola) ainsi que les plantes stimulantes sans caféine (menthe, églantier, karkadé, gingembre, noyer). Puis nous évaluerons les plantes favorisant la concentration et la gestion du stress (passiflore, aubépine). Ensuite nous détaillerons le griffonia, plante capable de réduire le stress. Enfin nous donnerons des exemples de préparations phytothérapeutiques favorisant la préparation mentale du sportif (associations de plantes stimulantes et associations de plantes favorisant la gestion du stress).

1 . P l a n t e s s t i m u l a n t e s

Parmi les plantes stimulantes, il existe des plantes avec et sans caféine. Avant de les aborder, nous allons décrire la caféine.

1.1. Caféine

Elle fait partie de la famille des méthylxanthines.

La caféine est la substance psychostimulante légale la plus absorbée par l'homme. 90% des adultes en consomment quotidiennement dans le monde.

On la consomme sous diverses formes sur une base quotidienne, que ce soit par l'alimentation, les compléments alimentaires ou par les spécialités pharmaceutiques. Elle est principalement consommée pour ses vertus (psycho) stimulantes.

La graine de caféier, la feuille de théier, les graines de guarana, les feuilles de yerba mate, les noix de kola et le chocolat sont toutes des sources de caféine. Le guarana et le maté sont particulièrement concentrés en caféine avec de 2 à 5 fois plus de ce stimulant que dans les autres plantes. (Picard-Masson, 2014).

Tableau 5: teneur en caféine de différentes boissons (Chabaud, 2010)

Boissons	Teneur en caféine (mg/L)
Café filtre	700 - 1100
Café infusé	570
Café percolateur	500 - 600
Café soluble (instantané)	350 - 450
Café espresso	1400 - 1800
Boisson type cola (light ou non)	110 - 130
Café décaféiné	13 (21 pour l'instantané)
Thé noir	180 - 280
Thé vert	110 - 180
Cappuccino	110 (amaretto) 260 (mocha)
Boisson cacao (200mg/100g)	20 - 40
Chocolat noir	60 - 80 mg/100g
Red Bull ou Burn	320

Le tableau 5 illustre la teneur en caféine de diverses boissons. Des boissons au cacao à 20 à 40mg/L de caféine au café espresso à 1400 à 1800mg/L de caféine.

1.1.1. Métabolisme de la caféine

La caféine est métabolisée dans le foie par le système enzymatique cytochrome p450 en trois isomères de la diméthylxanthine.

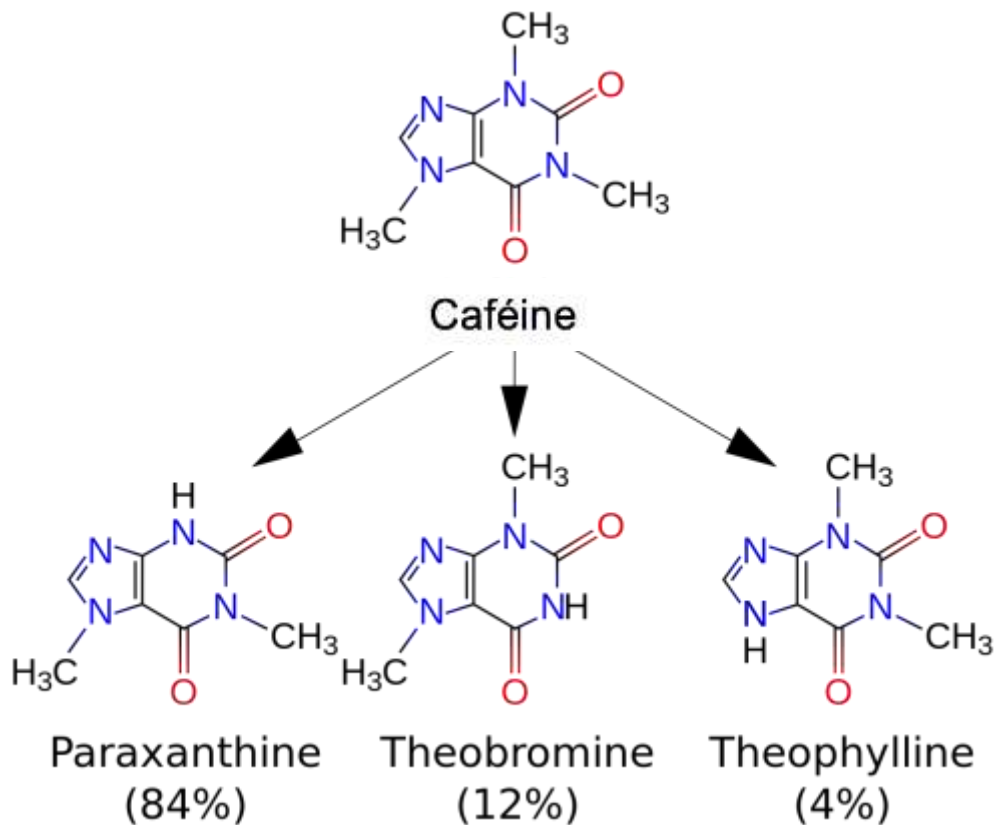


Figure 16: métabolisme de la caféine dans le foie ("Caffeine", 2016)

Chaque métabolite agira différemment (figure 16) :

- La paraxanthine (84 %) : Elle augmente la lipolyse entraînant des concentrations élevées de glycérol et d'acides gras dans le plasma sanguin.
- La théobromine (12 %) : Elle dilate les vaisseaux sanguins et augmente le volume d'urine (diurèse). La théobromine est principalement présente dans le cacao (chocolat).
- La théophylline (4 %) : Elle relaxe les muscles lisses des bronches. Elle est utilisée pour traiter l'asthme. La dose thérapeutique de la théophylline représente toutefois plusieurs fois les concentrations atteintes lors du métabolisme de la caféine.

Ensuite, ces métabolites sont chacun leur tour métabolisés puis excrétés dans les urines. (Tassaneeyakul et al., 1994)

1 . 1 . 2 . Effets pharmacologiques de la caféine

L'effet stimulant de la caféine et des autres méthylxanthines proviendrait de son action de blocage sur les récepteurs de l'adénosine.

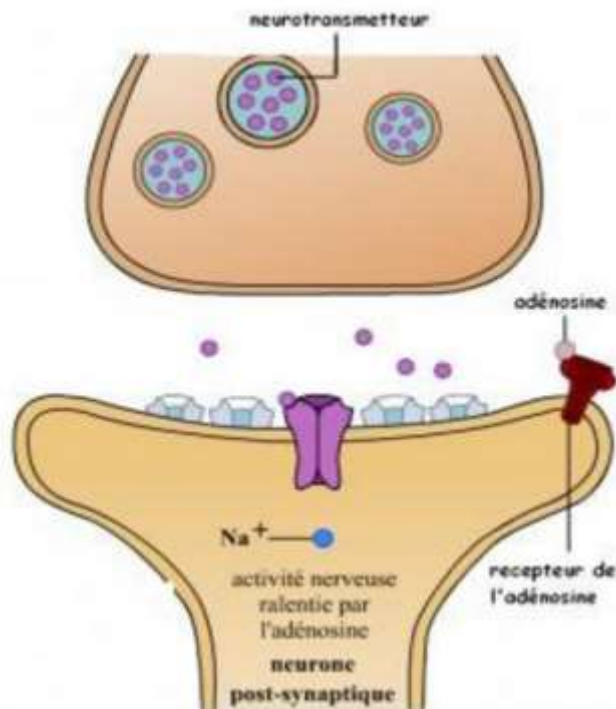


Figure 17: activité nerveuse ralentie sous l'effet de l'adénosine (Dubuc, 2016)

L'adénosine est un neurotransmetteur inhibiteur du système nerveux central qui possède des récepteurs spécifiques. Lorsque l'adénosine se fixe sur ses récepteurs, l'activité nerveuse est ralentie. En effet, l'adénosine a des propriétés sédatives, anxiolytiques, hypnotiques et anticonvulsivantes (figure 17). (Picard-Masson, 2014)

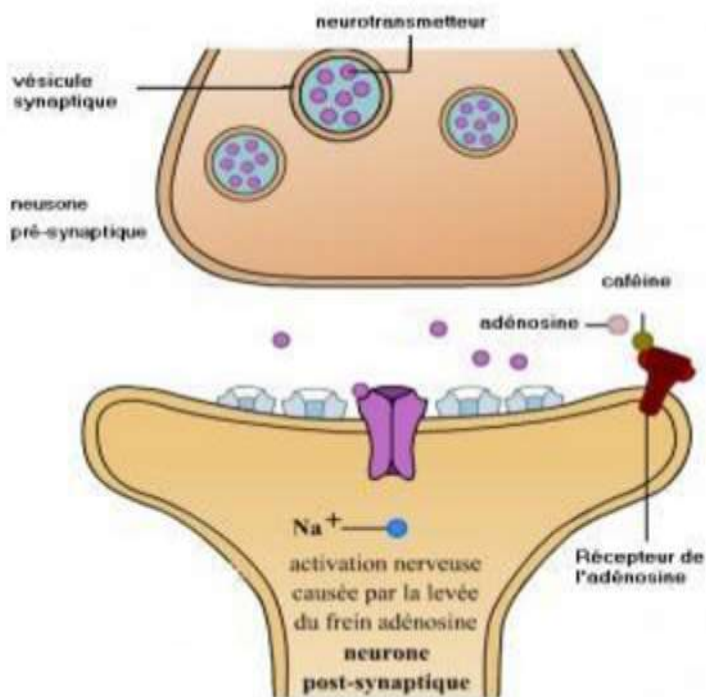


Figure 18: activité nerveuse sous l'action de la caféine (Dubuc, 2016)

Or, l'effet antagoniste de la caféine est marqué par le blocage des récepteurs de l'adénosine. La caféine se fixe sur les mêmes récepteurs, sans réduire l'activité neuronale. Il y a donc moins de récepteurs disponibles pour le frein naturel qu'est l'adénosine, ce qui mène à une activation des neurones. De cette manière, elle atténue les effets déprimeurs de l'adénosine, ce qui crée une action stimulante. Cet effet stimulant peut aussi être entraîné par la libération de catécholamines endogènes (adrénaline, noradrénaline, dopamine) induite par la caféine.

L'adrénaline étant l'hormone de la fuite ou de la lutte, elle va augmenter notre niveau d'attention et donner un effet stimulant à tout notre organisme. Ceci est un effet recherché par les consommateurs (figure 18).

L'action de l'adénosine est complexe car les effets de chacun des récepteurs peuvent être différents. Ces effets peuvent même parfois s'opposer. L'inhibition des récepteurs de l'adénosine entraîne de nombreux effets. La caféine engendre des effets variés en intervenant à divers niveaux :

- Niveau cérébral :
On relève une stimulation du système nerveux central avec des effets désinhibiteur, psychostimulant, augmentation de la vigilance mais aussi de l'éveil (prolonge le délai d'endormissement, procure un sommeil moins profond et abaisse le seuil de réveil). La caféine peut également stimuler le travail intellectuel mais aussi l'anxiété.
A doses faibles à modérées (jusqu'à 4 tasses de café/jour), la caféine possède des propriétés d'anti-migraineuses en contractant les vaisseaux sanguins cérébraux. De plus, associée à certains analgésiques, la caféine augmente leur pouvoir anti-douleur.
- Niveau du coeur :
On note un effet inotrope positif (augmentation de la force des contractions cardiaques) par augmentation de l'entrée de calcium lors du potentiel d'action. Il y se produit également un effet chronotrope positif (augmentation du rythme cardiaque) voire une tachycardie à des doses élevées supérieures à 500 mg.
- Niveau bronchopulmonaire :
Il y a relaxation des muscles lisses bronchiques et stimulation de la respiration (bronchodilatation). On note également une stimulation respiratoire par action centrale bulbaire. Ceci explique que la théophylline et la caféine sont utilisées dans la prévention de l'apnée du nouveau-né.
- Niveau du muscle strié :
On relève une augmentation de la concentration de calcium disponible dans la cellule. La caféine jouerait un rôle au niveau des protéines d'actine et de myosine des muscles. Ceci renforçant la contraction et augmentant le travail musculaire.
- Niveau diurétique. On remarque une légère action diurétique. Ce phénomène est dû à la diminution de la réabsorption tubulaire du sodium et à l'augmentation de la vitesse de filtration glomérulaire.

- Niveau métabolique :

La caféine, comme la théophylline, est un inhibiteur compétitif mais non spécifique des phosphodiésterases. Ceci entraîne l'augmentation du taux d'AMP cyclique intracellulaire ayant de nombreux impacts sur l'organisme. En effet, il apparaît une augmentation des sécrétions digestives, une dilatation bronchique, une amplification de la thermogénèse, une stimulation de la lipolyse et une élévation des acides gras libres, de la néoglucogénèse, et de la glycogénolyse. Cependant, l'effet semble moins marqué quand la caféine est utilisée in vivo. Précisons que les métabolites de la caféine contribuent aux effets de la caféine. La paraxanthine est responsable de l'augmentation de la lipolyse. La théobromine et la théophylline contribuent aux effets stimulant et au niveau des muscles lisses. (Picard-Masson, 2014)

1 . 1 . 3 . É v a l u a t i o n s c l i n i q u e s

Aux États-Unis, le comité de recherche sur la nutrition militaire (Committee on Military Nutrition Research, F.N.B., Institute of Medicine) a étudié l'utilisation de la caféine lors des opérations militaires. Celui-ci a conclu que des doses de 100 à 600 mg de caféine améliorent la vigilance des sujets reposés et produisent des effets positifs sur le rendement cognitif des sujets privés de sommeil. (LIEBERMAN et al., 1987)

Observons une série d'études effectuée par Johnson et Merullo en 2000. Ces études, au cours desquelles des militaires non privés de sommeil se servaient d'un simulateur d'adresse au tir, ont démontré qu'une dose de 200 mg de caféine améliorerait la vitesse de détection des cibles sans nuire à la précision du tir au fusil (Johnson, Merullo, 2000). Une de leurs études a évalué les effets de la caféine sur les stagiaires nageurs de combat de la marine américaine durant de longues périodes de stress opérationnel et de privation de sommeil. Il semblerait que la caféine améliore la vigilance visuelle, le temps de réaction décisionnelle et les acquisitions répétées (tests de connaissances et de mémoire). L'état de fatigue et la somnolence sont également réduits par la caféine. (Lieberman et al., 2002) (CHENNAOUI, GOMEZ-MERINO, 2007)

L'effet de la caféine sur l'endurance a été démontré au cours de certaines études. Dans l'une de ces études, on a relevé une augmentation significative de 44 % dans la performance des coureurs d'endurance après l'ingestion de 9 mg/kg de poids corporel de caféine une heure avant l'exercice.

Collomp et al. mènent une investigation sur l'effet bénéfique de l'ingestion de caféine sur les performances en sprint des nageurs non entraînés et des nageurs entraînés. On observe la vitesse et la concentration en lactates sanguins. Les nageurs doivent effectuer 100 mètres en nage libre deux fois de suite à la vitesse maximale. Les nageurs doivent accomplir l'exercice une première fois après ingestion de 250 mg de caféine et la seconde fois après ingestion de placebo. Les 2 tests sont séparés d'un temps de repos de 20 minutes. Les résultats de l'étude montrent que la vitesse des nageurs entraînés est améliorée après ingestion de caféine et que la concentration sanguine de lactates est améliorée dans les deux groupes, entraînés et non entraînés après ingestion de caféine. (Chen et al., 2012)

La caféine est aussi associée à la vivacité mentale et à l'humeur. Yeomans and colleagues trouvent que l'ingestion de 1 et 2 mg/kg de caféine au petit déjeuner diminue le temps de réaction et améliore la vivacité mentale.

Outre une amélioration mentale du sportif, la caféine intervient également dans l'amélioration physique du sportif. Des études attestant l'effet ergogénique de la caféine sont résumées dans le tableau 6. (Sökmen et al., 2008)

Tableau 6: Ensemble d'études démontrant l'effet ergogénique de la caféine chez les sportifs

Etudes	Population	Traitement phytothérapeutique	Exercice	Résultats
Caféine				
Ping et al. 2010	9 hommes faisant de la course à pieds loisir	1 heure avant l'exercice : 5 mg/kg de poids corporel de caféine ou de placebo	Courir jusqu'à épuisement à 70% du VO2max sur un tapis de course et dans atmosphère chaude (31°C et 70% humidité relative)	Amélioration de la performance en course d'endurance sous la chaleur
Bell and McLellan, 2003	9 hommes	1 heure avant l'exercice : 5 ou 2,5mg/kg de poids corporel de caféine ou de placebo	Exercices sur ergomètre jusque épuisement à 80% du VO2max réalisée le matin puis 5 heures après le même jour.	Augmentation du temps d'exercice jusqu'à épuisement
Schneiker et al., 2006	10 hommes athlètes	6mg/ kg de poids corporel de caféine ou placebo 1 heure avant l'exercice	18x4 secondes de sprint et 2 minutes de récupération active à 35% du VO2max entre chaque sprint.	La puissance maximale réalisée pendant les sprints était meilleure avec l'ingestion de caféine.

Les études réunies dans le tableau 6 montrent que la caféine permet l'amélioration de la performance en course d'endurance sous la chaleur, l'augmentation du temps d'exercice jusqu'à épuisement et l'amélioration de la puissance maximale réalisée pendant les sprints.

1.1.4. Effets ergogéniques de la caféine recherchés par les sportifs

Les sportifs sont en quête de substances ergogènes, un produit sensé améliorer de façon distincte, les aptitudes physiques et ainsi la performance.

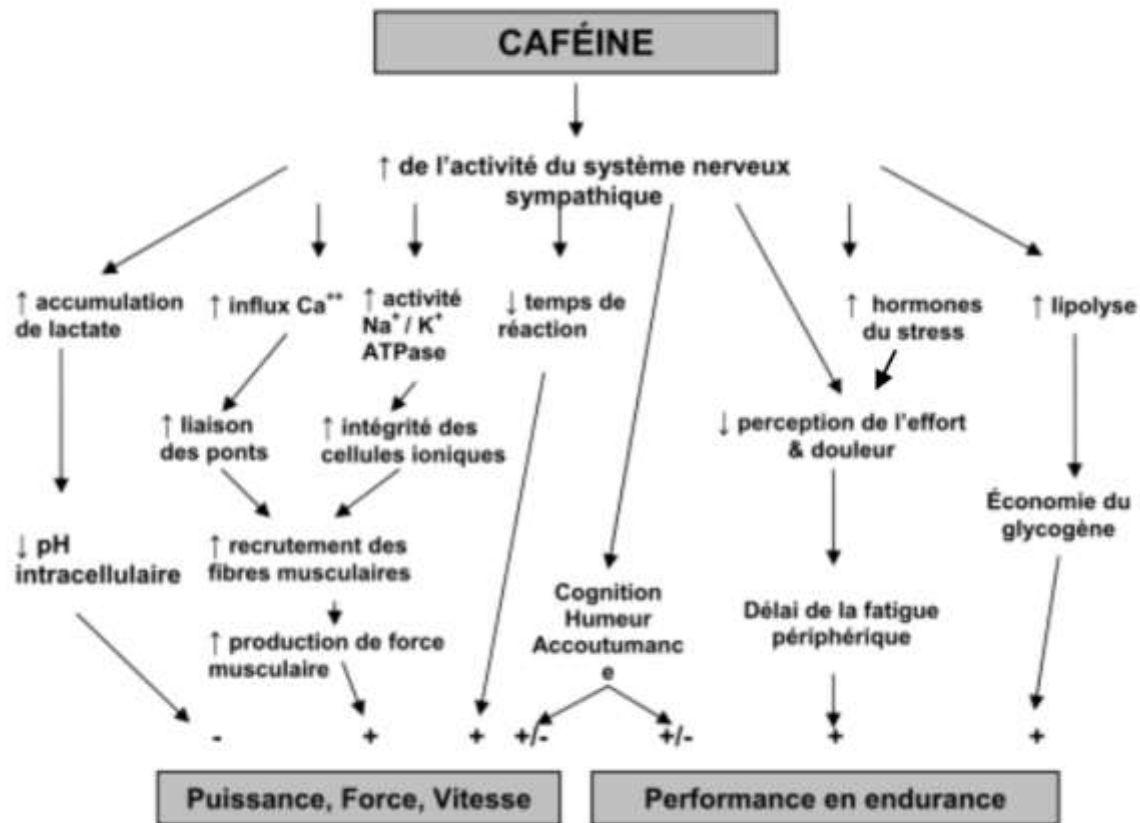


Figure 19: Effets de la caféine sur les performances sportives (Dubé et al., 2010)

Les effets ergogènes de la caféine prisés par les sportifs sont les suivants (figure 19) :

- Amélioration globale de la fonction cognitive par l'effet psychostimulant. Diminution de la sensation de fatigue, augmentation de la concentration, de la vigilance, de l'état d'éveil et amélioration de l'humeur. Meilleure coordination, plus grande vélocité.
- Stimulation cardiaque et respiratoire (bronchodilatateur),
- Perte de poids et de graisse,
- Économie du glycogène en optimisant l'utilisation des graisses. En favorisant la lipolyse, on libère des acides gras utilisés comme source énergétique.
- Amplification de la force de contraction musculaire (mais effet remis en question)
- Réduction de la perception de l'effort pendant l'activité. Lors d'un exercice de type aérobie, la caféine permet de retarder le seuil d'épuisement. (Chabaud, 2010)
- Augmentation de la sécrétion des catécholamines. (Sökmen et al., 2008)

En revanche la caféine peut amplifier l'accumulation des lactates, diminuant le pH intracellulaire et impactant la force, la puissance et la vitesse du sportif. L'action de la caféine sur ces différents aspects fluctue en fonction de l'accoutumance ou non à la caféine et de la dose de caféine ingérée par chacun.

1.1.5. Association caféine et glucides

Lors de l'exercice musculaire, la vitesse d'utilisation des glucides est limitée par la vitesse de la vidange gastrique et la vitesse de l'absorption intestinale. La prise de caféine au cours de l'exercice, associée à un apport en glucides et électrolytes tels le sodium, le potassium et le chlore, augmente l'absorption intestinale du glucose. L'absorption de caféine va donc améliorer la capacité de performance lors des exercices de longue durée comparativement à une consommation isolée de glucides et d'électrolytes. (Picard-Masson, 2014)

1.1.6. Effets indésirables et toxicité

Au niveau neuropsychologique, les effets indésirables fréquemment documentés sont l'agitation, l'anxiété, l'insomnie, l'irritabilité. Au niveau cardiaque, l'augmentation de risque d'hypertension ainsi que des palpitations cardiaques sont listées. Tandis que les malaises gastriques et la nausée comptent parmi les effets gastro-intestinaux.

La diurèse est également un effet remarquable de la caféine. La recommandation d'éviter la consommation de caféine avant l'exercice faisait consensus jusqu'à récemment dans la mesure où la diurèse entraîne la déshydratation.

La caféine et son effet diurétique en condition de repos peuvent-ils interférer avec l'effet ergogène de la caféine en conditions d'exercices ? Les travaux scientifiques montrent que la consommation de caféine à des doses inférieures à 450 mg par jour ne cause pas de déshydratation durant l'effort, même dans un environnement chaud. Donc avant ou au cours de l'exercice d'endurance, cette prise de caféine n'entraîne pas d'augmentation de la diurèse et donc ne trouble pas davantage la balance liquidienne en électrolytes.

En effet, l'effet diurétique de la caféine rapportée en conditions de repos semble être contrebalancé par l'action des catécholamines sur la fonction rénale en conditions d'exercice. Par ailleurs, la caféine n'a pas d'effet sur le débit sudoral. (Palazzetti, 2016)

La consommation de caféine est courante. Elle est considérée comme étant sécuritaire quand les quantités recommandées sont respectées. Cependant, des désordres surviennent notamment à des doses aiguës élevées ou lors d'une consommation chronique (appelés aussi caféisme) pour un apport en caféine de plus de 9 mg/kg de poids corporel chez les non consommateurs de caféine et 13 mg/kg de poids corporel chez les consommateurs réguliers de caféine. Ces perturbations sont :

- Effets neurologiques: céphalées, insomnies, nervosité, irritabilité, anxiété, tremblements.
- Au niveau cardiovasculaire, la caféine peut provoquer une tachycardie, des palpitations, une arythmie, de l'hypertension. Pendant l'effort, certaines études dévoilent que la prise de caféine diminue l'apport d'oxygène à

l'intention des muscles. La caféine diminue également l'afflux de sang au niveau du muscle cardiaque, c'est pour cela qu'elle est déconseillée chez les patients ayant présenté un infarctus.

- Au niveau musculaire, elle peut également occasionner des myalgies voire provoquer des lésions musculaires irréversibles (rhabdomyolyse). Une concentration de lymphocytes élevée (+35% par rapport au taux normal) a été constatée chez des footballeurs de haut niveau quand la caféine était associée à l'exercice.
- Au niveau digestif, la caféine stimule les sécrétions gastriques et la motricité intestinale, elle peut donc engendrer des ulcères gastro-duodénaux, des œsophagites et des reflux gastro-œsophagiens. La caféine sera donc contre-indiquée chez les individus présentant déjà ces pathologies. La caféine augmente également l'excrétion urinaire de calcium, de magnésium, de sodium et de chlore favorisant les effets contracturants chez le sportif.
- Lors d'une consommation chronique, la caféine peut entraîner des phénomènes de tolérance, de dépendance puis de sevrage avec une augmentation du nombre des récepteurs et de la sensibilité à l'adénosine. Rappelons que le syndrome de sevrage se manifeste par des céphalées, des vertiges, une asthénie, une irritabilité, une agressivité et des idées dépressives.

Une intoxication aiguë risque de survenir lors de l'ingestion de 10 grammes de caféine. Cette dose serait mortelle pour 50 % des hommes adultes (DL50 évaluée à 150 à 200 mg par kg de poids corporel). (Palazzetti, 2016)

1 . 1 . 7 . I n t e r a c t i o n s

La caféine peut avoir des interactions avec divers médicaments :

- Antalgique,
- Antiacide et anti-ulcéreux,
- Broncho-dilatateur,
- Neuroleptique.

La caféine peut également entrer en interaction avec les autres plantes contenant de la caféine (les effets sur la stimulation du système nerveux s'additionnant).

Des plantes comme l'Ephédra (Ephédrine) ou l'Orange Amère (*Citrus Aurantium*) inhibent la vasodilatation induite par l'adénosine. Et en augmentant la sécrétion des catécholamines, la caféine renforce les actions de l'éphédrine sur le cœur et le SNC (Système Nerveux Central) d'où l'accroissement des effets tonocardiaques et hypertenseurs combinés avec la caféine. Cette interaction peut créer de graves troubles cardiaques, voire l'arrêt cardiaque. Ce risque est présent uniquement en cas de grosse consommation des ces suppléments phytothérapeutiques.

1 . 1 . 8 . P o s o l o g i e

Plusieurs études se penchent sur l'effet dose-réponse de la caféine en lien avec l'activité physique. Lorsque la caféine est consommée à des doses comprises entre 3 et 6 mg par kg de masse corporelle, elle possède un effet ergogène en particulier

lors des activités physiques de longue durée. Elle agit sur la vigilance particulièrement sollicitée dans les exercices d'ultra longues distances.

Le dosage doit être adapté à chacun selon sa tolérance à la caféine cependant, les recommandations sont les suivantes :

- La consommation de 400 mg à 450 mg de caféine par jour ne présente pas de danger notable pour la santé humaine.
- Les femmes enceintes et celles qui allaitent doivent limiter leur consommation à un maximum de 300 mg de caféine par jour (soit environ 2 tasses de café).
- Concernant les enfants, les limites établies sont les suivantes :
 - 45 mg par jour pour les enfants de 4 à 6 ans,
 - 62,5 mg par jour pour les enfants de 7 à 9 ans,
 - 85 mg par jour pour les enfants de 10 à 12 ans.

Une canette de Coca Cola contient approximativement 40 mg de caféine. Ce taux laisse perplexe et il est légitime de réfléchir sur la corrélation avec l'augmentation du nombre d'enfants souffrant d'hyperactivité. De plus, le Coca Cola contient du sucre caché, nous n'aborderons néanmoins pas cette problématique dans ce travail. (Chabaud, 2010)

1 . 1 . 9 . D é p e n d a n c e à l a c a f é i n e

La consommation de caféine de façon chronique occasionne un effet d'accoutumance à celle-ci. L'effet de la caféine sur l'organisme s'estompe à mesure que sa consommation continue dans la durée. Cette accoutumance force alors l'individu à en consommer davantage pour en extraire les effets normalement obtenus. L'accoutumance peut survenir rapidement après trois jours de consommation de caféine. (Strigler et al., 2012)

Comme la plupart des drogues, on a vu précédemment que la caféine augmentait la production de dopamine dans les circuits du plaisir, ceci contribuant à entretenir la dépendance à cette substance. Lorsque la dépendance physique survient, les symptômes du sevrage apparaissent une ou deux journées après l'arrêt de la consommation. Ces symptômes se traduisent par de la somnolence, des maux de tête et des nausées chez environ un individu sur deux.

1 . 1 . 1 0 . S t a t u t d e l a c a f é i n e f a c e a u x a u t o r i t é s s p o r t i v e s

Le Comité International Olympique (CIO) classa la caféine comme substance dopante en 1984. Jusqu'en 2004, elle était donc considérée comme une substance de classe A (catégorie des stimulants). Son usage était interdit au-dessus d'un certain seuil (12 microgrammes par millilitre).

Toutefois, les doses retrouvées chez les sportifs positifs atteignaient régulièrement des valeurs équivalentes à la consommation de 150 tasses de cafés. Malgré les protestations des pratiquants, nous étions considérablement loin d'un usage normal.

Depuis 2005, l'agence mondiale anti-dopage a retiré la caféine de la liste des produits interdits. Elle l'a classée dans la catégorie des produits sous surveillance. Ceci signifie qu'elle est toujours recherchée dans les contrôles. En cas de recrudescence de taux anormalement élevés, elle sera à nouveau interdite. (Mentor, 2015)

La caféine figure sur le programme de surveillance 2016 établie par l'Agence Mondiale Antidopage (AMA). La caféine ne figure pas sur la liste des interdictions mais l'AMA souhaite la suivre pour pouvoir en déterminer la prévalence d'usage dans le sport.

1.2. Plantes riches en caféine

Le grand nombre de bienfaits provenant de la consommation de caféine explique qu'elle soit beaucoup utilisée comme substance ergogène chez le sportif.

Voyons à présent les plantes qui abondent de cette substance. Une grande quantité de plantes étant riche en caféine, nous avons choisi de décrire ces plantes à l'aide de tableaux afin de les exposer de façon concise et efficace.

1 . 2 . 1 . C a f é i e r

Tableau 7 : Description du caféier

Caféier	
Autres dénominations	-
Nom latin	<i>Coffea arabica</i> et <i>Coffea canephora</i>
Famille	Rubiaceae
Histoire et origine	<p>La légende dit que des bergers yéménites avaient remarqué que leurs chèvres, ayant brouté les fruits rouges du caféier, avaient un comportement d'excitation inhabituel. Ils rapportèrent cette histoire aux moines du monastère de Chéhodet qui préparèrent une boisson leur permettant de prier sans s'endormir. Cultivé par les arabes, introduit en Europe par les Vénitiens en 1615, le caféier arrive en France par Marseille en 1664 puis à la Cour en 1669.</p> <p>Aucun grain de café ne pouvait être exporté hors des zones sous influence arabe sans avoir été chauffé, donc avoir perdu son pouvoir germinatif.</p> <p>Il fut introduit aux Antilles et au Brésil caché dans un bouquet de fleurs par un officier en témoignage d'affection de la part de la femme du gouverneur de la Guyane Française.</p>
Habitat	Régions montagneuses du sud-ouest de l'Éthiopie.
Description botanique	<p>Arbuste de 8 à 10 mètres de haut à feuilles entières, persistantes, coriaces, luisantes.</p> <p>Fleurs blanches et odorantes groupées en verticilles à l'aisselle des feuilles.</p> <p>Le fruit est une drupe verte qui devient rouge à maturité, enfermant deux graines accolées par leurs faces planes.</p>
Drogue végétale	Grain de café vert (graine séchée, privée de son tégument)
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Glucides (> 50 %) : polysaccharides ▪ Protéines (10 à 12 %) ▪ Lipides (10 à 18 %) ▪ Bases xanthiques : caféine ▪ Trigonelline ▪ Alcools diterpéniques (cafestol) ▪ Polyphénols ▪ Acides phénoliques (acide caféique) ▪ Minéraux : phosphates et sulfates de calcium, magnésium, potassium, sodium.
Usages et propriétés médicinales	Se rapporter aux effets ergogènes de la caféine paragraphe 1.1 Caféine.
Pharmacopée française	Le caféier est inscrit sur la liste A des plantes médicinales utilisées traditionnellement.
Monopole pharmaceutique	Le caféier est sur la liste des plantes pouvant être vendues en dehors d'une pharmacie d'officine. Il est donc exclu du monopole pharmaceutique.

Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes, allaitantes et enfants, ▪ Personnes souffrant de troubles cardiaques (arythmie, hypertension), ▪ Personne souffrant d'insomnie et anxiété.
Précaution d'emploi, effets secondaires	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excitation, nervosité, troubles du sommeil, angoisse ou peur ▪ Déshydratation, problèmes cardiaques, incontinence ▪ Problèmes dans l'absorption métabolique de certains minéraux ▪ Troubles digestifs (brûlures d'estomac, diarrhées) ▪ Dépendance
Interactions médicamenteuses	Se rapporter aux interactions décrites dans le paragraphe 1.1 Caféine.
Toxicité	Se rapporter à la toxicité paragraphe 1.1 Caféine.
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Café boisson, ▪ Capsules de 200mg 3 fois par jour.



Figure 20: fruits du caféier ("Le Caféier", 2016)

1 . 2 . 2 . T h é i e r

Tableau 8 : Description du théier

Théier	
Autres dénominations	-
Nom latin	<i>Camellia sinensis</i>
Famille	Theaceae
Histoire et origine	Plante connue depuis plus de 5000 ans en Chine. La cérémonie du thé est née au Japon au XVI° siècle. Les Jésuites ont rapporté le thé en France au XVII° siècle, c'est la boisson la plus consommée du monde après l'eau.
Habitat	Originaire de Chine (Yunnan oriental) et du nord de l'Inde.
Description botanique	Arbuste toujours vert, atteignant 15 mètres de haut, dont la petite taille est maintenue par culture pour faciliter la récolte.
Drogue végétale	Une tasse de thé contient 80 mg de caféine. La teneur minimale en caféine est de 2%. La feuille peut subir une fermentation plus ou moins poussée afin d'obtenir différentes qualités: thé vert (non fermenté), thé rouge (semi-fermenté), thé noir (fermenté).
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Methylxanthines liées à des tanins : caféine (=théine) jusqu'à 4%. Théobromine, théophylline, adénine, xanthine. ▪ Polyphénols : <ul style="list-style-type: none"> ○ Flavonoides dont des catéchines : théaflavines, théarubigines, epigallocatechine gallate (EGCG), ○ Quercétine et tanins. ▪ Acides aminés (L-théanine dérivée de la glutamine) ▪ Vitamine C, vitamine K (thé vert).
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Effets généraux de la caféine, ▪ Réduction de l'absorption des graisses, ▪ Antioxydant et piègeur de radicaux libres (polyphénols), ▪ Protecteur de l'ADN (catéchines), ▪ Inhibiteur de l'oxydation des LDL (quercétine), ▪ Réduction des infarctus et diminution des risques de déclin cognitif et de démences, ▪ Accroissement des niveaux cérébraux de dopamine et de sérotonine (L-théanine), ▪ La caféine du thé est libérée progressivement grâce aux tanins ce qui rend le thé stimulant et non excitant.
Pharmacopée française	Le théier est inscrit sur la liste A des plantes médicinales utilisées traditionnellement.

Monopole pharmaceutique	Le théier est mentionné dans la liste des plantes pouvant être vendues en dehors d'une pharmacie d'officine. Il est donc exclu du monopole pharmaceutique.
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes, allaitantes et enfants, ▪ Personnes souffrant de troubles cardiaques (arythmie, hypertension), ▪ Personne souffrant d'insomnie et anxiété.
Précaution d'emploi, effets secondaires	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excitation, nervosité, troubles du sommeil, angoisse ou peur. ▪ La teneur en flavonoïdes réduit l'absorption du fer lorsque le thé est bu au cours des repas. ▪ Déshydratation, problèmes cardiaques, incontinence ▪ Troubles digestifs (brûlures d'estomac, diarrhées) ▪ Dépendance
Interactions médicamenteuses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interactions classiques décrites dans le paragraphe 1.1 Caféine. ▪ Le thé vert est riche en vitamine K, favorisant la coagulation. Une trop grande consommation pourra donc nuire à l'efficacité de certains traitements, en augmentant ou en diminuant leurs effets.
Toxicité	Se rapporter à la toxicité paragraphe 1.1 Caféine.
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infusions des feuilles séchées (3 tasses par jour), ▪ Gélules de poudre totale (400mg 3 fois par jour).



Figure 21: théier (Théier : Taille, bouturage, entretien", 2016)

1 . 2 . 3 . Y e r b a m a t é

Tableau 9 : Description du yerba maté

Yerba maté	
Autres dénominations	Maté, thé des Jésuites, thé de Saint-Barthélémy, thé du Paraguay
Nom latin	<i>Ilex paraguariensis</i>
Famille	Aquifoliaceae
Histoire et origine	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les peuples indigènes du Brésil et du Paraguay boivent du maté depuis les temps anciens. Tandis que les Européens ne le découvrirent qu'au XVI^e siècle par les récits de voyage d'un explorateur espagnol. Ce dernier rapporta que les Indiens <i>guarani</i> du Paraguay préparaient une infusion de feuilles soutenant la bonne humeur et chassant la fatigue. La boisson fut un succès en Espagne, ce qui incita les Jésuites en mission au Paraguay à introduire la culture des arbres qui produisaient les feuilles convoitées, d'où son nom de « thé des Jésuites ». ▪ Le nom « maté » vient de l'espagnol et signifie « gourde », allusion à laalebasse dans laquelle on sert la boisson en Amérique du Sud. Au Paraguay et en Uruguay, sa consommation comme stimulant quotidien est davantage répandue que celle du café ou du thé.
Habitat	Originnaire du Paraguay, du Brésil, de l'Argentine et de l'Uruguay. Cet arbre pousse naturellement au bord des ruisseaux, dans les forêts montagneuses situées entre 500 et 700 mètres d'altitude.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'arbre peut atteindre 20 mètres de hauteur. ▪ Ses feuilles, persistantes et coriaces, sont ovales et dentées. ▪ Ses fleurs, petites et blanches, sont groupées en cymes, à l'aisselle des feuilles. ▪ Les fruits sont des baies de couleur violette.
Drogue végétale	Une tasse de yerba maté (soit 8 grammes de feuilles séchées) procure approximativement de 70 mg à 90 mg de caféine, soit un peu plus qu'une tasse de thé (30 mg à 50 mg) et un peu moins qu'une tasse de café. (75 mg à 180 mg).
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caféine à hauteur de 1%, ▪ Théobromine, ▪ Théophylline (présent dans les feuilles de thé), ▪ Calcium, Fer, Phosphore, Magnésium, Sodium, Manganèse, Potassium, ▪ Vitamines A, C, B1, B2 et B6, ▪ Saponines, ▪ Polyphénols : flavonoïdes, tanins
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se rapporter aux effets ergogènes de la caféine paragraphe 1.1 Caféine.
Pharmacopée	Le yerba maté est inscrit à la liste A des plantes

française	médicinales utilisées traditionnellement.
Monopole pharmaceutique	Le yerba maté est mentionné dans la liste des plantes pouvant être vendues en dehors d'une pharmacie d'officine. Il est donc exclu du monopole pharmaceutique.
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes, allaitantes et enfants, ▪ Personnes souffrant de troubles cardiaques (arythmie, hypertension), ▪ Personne souffrant d'insomnie et anxiété, ▪ Personnes souffrant de problèmes gastriques (ulcères, etc).
Précaution d'emploi, effets secondaires	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excitation, nervosité, troubles du sommeil, angoisse ou peur ▪ Déshydratation, problèmes cardiaques, incontinence ▪ Problèmes dans l'absorption métabolique de certains minéraux ▪ Troubles digestifs (brûlures d'estomac, diarrhées) ▪ Dépendance ▪ Les tanins (jusqu'à 16%) altérant l'assimilation des aliments, on conseillera de consommer cette plante en dehors des repas.
Interactions médicamenteuses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se rapporter aux interactions décrites dans le paragraphe 1.1 Caféine.
Toxicité	Se rapporter à la toxicité paragraphe 1.1 Caféine.
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infusion → Infuser 2 grammes de feuilles séchées dans 150 ml d'eau bouillante durant 5 à 10 minutes. Prendre 1 à 2 tasses par jour. ▪ Extrait fluide (1 :1). Prendre 2 ml, 1 à 2 fois par jour. ▪ Teinture (1 :5). Prendre 10 ml, 1 à 2 fois par jour.

(Berté et al., 2011)



Figure 22: feuilles de Yerba Maté (Informações, 2016)

1 . 2 . 4 . G u a r a n a

Tableau 10 : Description du guarana

Guarana	
Autres dénominations	-
Nom latin	<i>Paullinia cupana</i>
Famille	Sapindaceae
Histoire et origine	Originaire du bassin de l'Amazonie, le guarana est une liane dont les Indiens Guaranis récoltent les graines, les torréfient et les pilent avant de les employer pour préparer des boissons tonifiantes.
Habitat	Brésil et Amazonie.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbrisseau avec liane ligneuse grimpant le long des arbres. ▪ Feuilles alternes dotées de vrilles et composées de 5 folioles ovales et dentées. ▪ Fleurs verdâtres organisées en grappes à l'extrémité des pédoncules axillaires. ▪ Fruit est une capsule membraneuse rouge à trois loges. Chaque loge contient à maturité une seule et unique graine. Cette graine, noire et ovale, est cernée d'une arille blanche, évoquant un œil. D'où le nom donné par les indiens d'Amazonie au fruit mûr : <i>Œil de la forêt</i>.
Drogue végétale	<p>Graine.</p> <p>La pate obtenue par écrasement de la l'amande est la drogue la plus riche en bases puriques (caféine, théobromine, théophylline), avec des tanins et polysaccharides qui procurent un effet retard ainsi que des minéraux (calcium, magnésium, potassium, fer, cuivre).</p>
Composition chimique	<p>Entre 3 % et 5 % de guaranine, substance organique identique à la caféine. 2 fois plus que dans le thé et le café. La teneur des graines en caféine peut même atteindre un taux exceptionnel de 10%.</p> <p>Dérivés xanthiques autres que la guaranine : théobromine et théophylline.</p>
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se rapporter aux effets ergogènes de la caféine paragraphe 1.1 Caféine. <p>Le guarana est également :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Euphorisant ▪ Thermorégulateur.
Pharmacopée française	Le guarana est inscrit à la liste A des plantes médicinales utilisées traditionnellement.
Monopole pharmaceutique	Le guarana est mentionné dans la liste des plantes pouvant être vendues en dehors d'une pharmacie d'officine. Il est donc exclu du monopole pharmaceutique.

Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes, allaitantes et enfants, ▪ Personnes souffrant de troubles cardiaques (arythmie, hypertension), ▪ Personne souffrant d'insomnie et anxiété.
Précaution d'emploi, Effets indésirables	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excitation, nervosité, troubles du sommeil, angoisse ou peur ▪ Déshydratation, problèmes cardiaques, incontinence ▪ Problèmes dans l'absorption métabolique de certains minéraux ▪ Troubles digestifs (brûlures d'estomac, diarrhées) ▪ Dépendance ▪ De rares cas d'épilepsie passagère ont été rapportés à la suite d'une surconsommation de boissons énergisantes contenant du guarana.
Interactions médicamenteuses	Se rapporter aux interactions décrites dans le paragraphe 1.1 Caféine.
Toxicité	Se rapporter à la toxicité paragraphe 1.1 Caféine.
Posologie	Pour un gain de force, de l'endurance et une énergie associée à la diminution de la fatigue, la poudre de guarana doit être prise 1 à 2 heures avant l'entraînement, à raison de 2 à 5 grammes de poudre. Il est conseillé de consommer le guarana maximum 3 fois par semaine.

(Yavuz, Özkum, 2014)



Figure 23: fruits de Guarana ("Pharmacie Matignon", 2016)

1 . 2 . 5 . K o l a

Tableau 11 : Description du Kola

Kola	
Autres dénominations	Noix de kola
Nom latin	<i>Cola nitida</i>
Famille	Sterculiaceae
Histoire et origine	<p>La noix de kola est la graine produite par le kolatier. Elle est utilisée en Afrique de l'Ouest depuis des milliers d'années. Mastiquée, la noix fraîche permet aux africains de combattre la fatigue, d'aider à supporter la faim et la soif lors des longues marches, lors de la chasse ou des traversées du désert. Les esclaves africains les mâchaient également pour augmenter leurs forces et fournir un meilleur rendement dans les plantations. C'est en Amérique qu'elle est devenue célèbre grâce à un produit en contenant : le <i>Coca Cola</i>. Ce breuvage a été inventé par un pharmacien d'Atlanta (le Dr John Pemberton) en 1886 et contenait :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Un extrait de noix de cola ▪ Un extrait de feuilles de coca (utilisée par les boliviens pour combattre la fatigue et dont on tire maintenant la cocaïne) ▪ Du vin.
Habitat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbre pouvant atteindre 10 à 15 mètres de hauteur. ▪ Il pousse sous les climats tropicaux. Il est maintenant cultivé en Côte d'Ivoire, au Nigeria, en Malaisie, au Sri Lanka, aux Antilles et en Amérique Centrale.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Feuilles vertes foncées, ovales et pointues à l'extrémité. ▪ Fleurs groupées sous forme de grappes, n'ont pas de pétales et les sépales qui les composent sont de couleur crème. ▪ Fruits appelés cabosses, possédant des follicules ligneux réunis en étoiles. Chaque follicule contient entre 5 et 10 graines ovoïdes, de couleur rose-blanche ou verte, et de 3 à 6cm de diamètre.
Drogue végétale	La teneur en caféine peut monter à hauteur de 5% dans la noix de kola (graine), soit autant que dans le café.
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amidon ▪ Caféine à hauteur de 2 % ; ▪ Kolanin ▪ Sucres ▪ Théobromine ▪ Tanins. <p>En plus d'être astringents, les tanins ont la particularité de ralentir l'absorption de la caféine et ainsi d'en faire durer l'action.</p>

	La teneur importante en tanins dans la noix de kola permet donc à la caféine d'exercer une action stimulante régulière et prolongée dans le temps.
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se rapporter aux effets ergogènes de la caféine paragraphe 1.1 Caféine. ▪ Astringente grâce aux tanins : elle peut apaiser les maux de tête dus à une mauvaise circulation sanguine. ▪ Cardiotonique : elle peut soutenir un effort musculaire intense et augmenter la pression artérielle. Elle peut aussi renforcer les contractions du muscle cardiaque.
Pharmacopée française	Le kola est non inscrit à la Pharmacopée française.
Monopole pharmaceutique	Le kola est mentionné dans la liste des plantes pouvant être vendues en dehors d'une pharmacie d'officine. Il est donc exclu du monopole pharmaceutique.
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes, allaitantes et enfants, ▪ Personnes souffrant de troubles cardiaques (arythmie, hypertension), ▪ Personne souffrant d'insomnie et anxiété.
Précaution d'emploi	La mastication de la noix de kola est fortement déconseillée car elle est susceptible de causer des cancers de la bouche.
Interactions médicamenteuses	Se rapporter aux interactions décrites dans le paragraphe 1.1 Caféine.
Toxicité	Se rapporter à la toxicité paragraphe 1.1 Caféine.
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extrait fluide (1:1) : de 0,6 ml à 1,2 ml, une à trois fois par jour. ▪ Infusion : faire infuser de 1 à 2 grammes de poudre dans une tasse d'eau bouillante pendant 5 à 10 minutes. Consommer une à trois tasses par jour. ▪ Teinture mère de kola (5:1) : 1 ml à 4 ml, une à trois fois par jour. ▪ Poudre totale : 1 à 2 grammes, une à trois fois par jour au moment des repas. ▪ Vin tonifiant (même principe que le Coca Cola original) : 50 grammes de noix de kola à faire macérer dans 1 litre de vin pendant 10 jours. Consommer ensuite 1 verre avant chaque repas. ▪ (Noix de kola fraîches : mastiquer lentement 3 à 8 grammes de noix par jour).

Les plantes riches en caféine possèdent des teneurs en caféine différentes.

Tableau 12: Résumé de la teneur en caféine des différentes plantes (Chabaud, 2010)

	Parties utilisées	Teneur approximative en caféine en mg pour une tasse	Teneur en caféine en %
Café robusta	Grain de café séché	75 à 180	3-4,5
Café arabica	Grain de café séché	50 à 120	0,6-2
Thé vert	Feuille de thé séchée	25 à 45	2,2
Thé noir	Feuille de thé séchée	43 à 60	4
Yerba maté	Feuille séchée	70 à 90	0,3-2,4
Guarana	Amande du grain séché	75 à 250	2,0-5,8
Kola	Graine séchée	50 à 150	1,5-3

Le tableau 12 résume la teneur en caféine des différentes plantes décrites précédemment. L'effet ergogénique de ces plantes étant principalement issu de la caféine, établissons un classement décroissant en fonction du taux de caféine des plantes : Guarana > Café robusta > Thé noir > Kola > Yerba maté > Thé vert.

1.3. Plantes stimulantes sans caféine

Afin de faciliter l'évaluation des plantes sans caféine telles que la menthe, l'églantier, le karkadé, le gingembre et le noyer, celles-ci sont décrites dans le tableau 13. Le sportif s'intéressera à ces plantes pour leurs propriétés toniques, fortifiantes, stimulantes voire même antioxydantes.

Tableau 13: plantes stimulantes sans caféine

Plantes	Parties utilisées	Composition	Propriétés	Mode préparatoire
Menthe <i>Mentha piperata</i>	Feuille	- Huile essentielle (jusqu'à 4% de la matière sèche) renfermant : 30% à 70% de menthol (alcool terpénique), 8 à 10% de menthone (cétone terpénique) - Enzymes : oxydase et peroxydase - Vitamine C - Flavonoïdes (jusqu'à 18% de la matière sèche) - Acides-phénols - Tanins - Triterpènes.	- Stimulante	- Infusion : 15 grammes de feuilles pendant 10 minutes dans 1 litre d'eau bouillie. - Gélules de plantes sèches
Eglantier <i>Rosa Canina</i>	Fruit (cynorhodon)	Vitamine C Composés polyphénoliques	- Tonique immédiat - Stimulant - Antioxydant	- Décoction de 5 minutes suivie d'une infusion de 10 minutes. 5 à 10 baies par tasse.
Karkadé <i>Hibiscus sabdariffa</i>	Calice séché	Vitamine C	- Stimulant	- Infusion : 40 à 50 grammes de calice pour un litre d'eau.
Gingembre <i>Zingiber officinalis</i>	Racine sèche ou fraîche (rhizome)	- Huile essentielle (2 à 3%) renfermant des sesquiterpènes (curcumène, zingibérène, zingibérol, bisabolène,...) et des monoterpènes (géraniol, linalol, citronellal, néral,...) - Oléorésine (5 à 6%) contenant des gingérols, des shogaols et des zingérones - Phénols - Fibres (cellulose) - Enzyme (Protéase) - Vitamines, minéraux	- Tonique physique	- Capsules de 2 à 5 grammes de poudre de rhizome répartis en 2 à 3 fois dans la journée. - Infusion : 0,5 g à 1 gramme de gingembre en poudre (ou 5 grammes de gingembre frais râpé) dans 150 ml à 250 ml d'eau durant 5 à 10 minutes. Prendre de 2 à 4 fois par jour. - Extrait fluide (1:1). Prendre de 0,25 ml à 1 ml, 3 fois par jour. - Teinture (1:5). Prendre de

				1,25 ml à 5 ml, 3 fois par jour.
Noyer <i>Juglans regia</i>	Feuille	Tanins et inositol	- Fortifiant - Tonifiant	- Infusion : 1 poignée de feuilles par litre. Laisser infuser 20 minutes et boire 3 à 4 verres par jour - Macérat glyciné : 80 gouttes par jour. - Teinture : 20 gouttes par jour.

2. Plantes favorisant la concentration et la gestion du stress

Parmi les plantes favorisant la concentration et la gestion du stress du sportif, nous décrivons la passiflore ainsi que l'aubépine. Afin de mieux assimiler ces plantes, nous les décrivons à l'aide de tableaux. Nous aurions pu également traiter la valériane, le kava, la mélisse, la coriandre ou encore la lavande qui sont également des plantes efficaces dans la gestion du stress. Cependant, ayant récolté très peu de données concernant la consommation de ces plantes dans le domaine sportif, nous avons décidé de ne pas les traiter.

2.1. Passiflore

Tableau 14 : Description de la passiflore

Passiflore officinale	
Autres dénominations	Fleur de la passion, grenadille
Nom latin	<i>Passiflora incarnata</i>
Famille	Passifloraceae
Histoire et origine	<p>Le nom de “<i>passiflore</i>” vient du latin <i>passio</i> signifiant passion et <i>flor</i> signifiant fleur. Tandis que <i>incarnata</i> se traduit par incarnant.</p> <p>Cette “<i>Fleur qui incarne la Passion</i>” doit son nom à l’aspect de ses fleurs qui évoque un épisode de la passion du Christ, celui de la crucifixion : les 5 pétales symbolisent les 5 blessures, les 3 styles correspondent aux 3 clous et les couleurs blanc et pourpre font référence à la pureté et au paradis.</p>
Habitat	Plante vivace appréciant les climats tropicaux, où le soleil est présent. Si beaucoup d’espèces de passiflore sont originaires d’Amérique du sud (Pérou, Brésil), l’espèce <i>incarnata</i> pousse davantage vers le nord, au Mexique, aux Bahamas ou au sud des Etats-Unis. Elle est également cultivée en France ainsi qu’en Italie.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elle se présente sous forme d’une liane de plusieurs mètres de longueur. ▪ Sa tige, ligneuse et glabre, est creuse. ▪ Les feuilles, alternes, sont divisées en 3 lobes longs et dentés. ▪ Les fleurs, solitaires et grandes (4 à 5 cm de diamètre) dévoilent des pétales de couleur blanche, surmontés de filaments pourpres ou roses. ▪ Son fruit est de forme ovoïde, long de 4 à 5 cm et de couleur orangée : il s’agit du fruit de la passion. C’est un fruit comestible à la saveur acidulée renfermant de nombreuses graines noires.
Drogue végétale	Parties aériennes : fleurs et feuilles
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alcaloïdes (notamment ceux du groupe de l’harmane) ▪ Flavonoïdes (vitexol, orientol, saponarol, lutéoline, apigénine,...) ▪ Maltol, isomaltol ▪ Glucosides ▪ Tanins ▪ Vitamine C
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aide à dormir et à réguler le sommeil et procure un sommeil de meilleure qualité (sédatif) ▪ Calme la tension nerveuse, l’agitation, l’irritabilité et l’anxiété (anxiolytique) ▪ Traite les spasmes musculaires et nerveux (antispasmodique musculaire)

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traite l'hypertension et les palpitations cardiaques d'origine émotives (sédatif cardiaque) ▪ Soulage la douleur en cas de maux de tête, rage de dent et douleurs menstruelles (antalgique) ▪ Traite les convulsions (anti-convulsivante) ▪ Traite l'asthme ▪ Aide au sevrage des hypnotiques (somnifères) et/ou anxiolytiques classiques. <p>→ L'intérêt de la passiflore en tant que sédatif est qu'elle n'occasionne pas de baisse de la vigilance et ne procure aucune accoutumance, ni aucune dépendance.</p>
Pharmacopée française	La passiflore est inscrite sur la liste A des plantes médicinales utilisées traditionnellement.
Monopole pharmaceutique	La passiflore ne peut pas être vendue par une personne autre qu'un pharmacien. Elle relève donc du monopole pharmaceutique
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes et les enfants de moins de 6 ans ▪ Ne pas conduire en raison d'un éventuel effet de somnolence ▪ Ajuster la posologie pour les enfants de 6 à 15 ans en diminuant de moitié par rapport à la dose adulte.
Précaution d'emploi	Certaines espèces de passiflore sont toxiques. Il est donc recommandé d'employer uniquement l'espèce <i>Passiflora incarnata</i> .
Interactions médicamenteuses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Attention à l'association à des plantes (aubépine, valériane, etc) ou des médicaments (anxiolytiques, hypnotiques) aux effets similaires car leurs effets sédatifs et calmants pourraient s'ajouter à ceux de la passiflore.
Toxicité	<p>Elle induit un léger effet de somnolence lorsqu'elle est consommée à fortes doses.</p> <p>A des doses supérieures à 3 grammes d'extrait par jour, elle peut provoquer des céphalées et des troubles de la vision.</p> <p>Cependant, elle est non toxique et n'induit pas d'accoutumance.</p>
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extrait sec : 0,5 g à 2 g de passiflore par prise. ▪ Fleurs séchées : faire infuser 2,5 gr dans 150 ml d'eau bouillante pendant 15 minutes. ▪ Teinture mère de passiflore (1:8) : 1 ml à 4 ml. <p>Dans le traitement de la nervosité → 3 à 4 prises par jour.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dans le traitement de la difficulté d'endormissement → 1 prise au dîner et 1 prise au coucher.
Mode d'action	Inhibe les enzymes détruisant les neurotransmetteurs comme les monoamines (sérotonine et dopamine) dont la concentration cérébrale diminue moins vite.



Figure 24: fleur et feuilles de *Passiflora incarnata* ("Benefits of Passion Flower for health", 2016)

2.2. Aubépine

Tableau 15 : Description de l'aubépine

Aubépine	
Autres dénominations	Aubépine épineuse, épine blanche, épine de mai, valériane du cœur,
Nom latin	<i>Crataegus laevigata</i> ou <i>Crataegus oxyacantha</i>
Famille	Rosaceae
Histoire et origine	<p>Le nom scientifique latin "crataegus" vient du grec "kratos" signifiant "force" renvoyant à la dureté de son bois.</p> <p>Elle est utilisée en médecine traditionnelle chinoise depuis le VII^e siècle avant Jésus Christ dans le traitement des troubles cardiovasculaires.</p> <p>Au Moyen-âge, elle est employée en Europe pour soigner de nombreux maux : calculs rénaux, calculs vésicaux, comme diurétique.</p> <p>Néanmoins, ce n'est qu'à la fin du XIX^e siècle que l'on se met à rechercher véritablement son utilisation en phytothérapie. Des études plus approfondies menées en France à cette époque démontrent ses effets apaisants sur le cœur et mettent en avant ses propriétés relaxantes et anti-stress. Son action sur le cœur amène à son surnom de " Plante du cœur ".</p> <p>Depuis les années 1980, les études sur l'aubépine ont reprennent en Europe afin d'en extraire ses principes actifs et développer de nouveaux médicaments. Elle entre aujourd'hui dans la composition de plus de 200 spécialités pharmaceutiques dispensées en pharmacie.</p>
Habitat	Originnaire d'Europe, d'Asie, d'Afrique du Nord et d'Amérique du Nord, elle s'adapte à tous les sols et à tous les climats. Elle a une préférence pour les régions tempérées et croît dans tous les pays de l'hémisphère nord. On la trouve fréquemment dans les haies, en bordure de chemin, en lisière de bois ou dans les endroits broussailleux. Par son extrême robustesse, c'est un arbuste pouvant atteindre les 500 ans et devenir un véritable arbre.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbrisseau feuillu de 3 à 4 mètres de haut aux branches recouvertes de longues épines. Son écorce est grise pâle et lisse quand l'aubépine est jeune, puis elle devient brune et écaillée au fil du temps. ▪ Les feuilles sont lobées et d'un vert brillant. ▪ Les fleurs, composées de 5 pétales et d'abondantes étamines, sont blanches ou rosées et très odorantes. Elles sont groupées en bouquets de 10 à 15 fleurs, appelées corymbes, et fleurissent d'avril à mai. ▪ Les fruits, nommés cenelles, sont rouges vif à maturité (automne) et sont comestibles. Ils ressemblent à des baies mais ce sont en réalité de petites drupes charnues, constituées d'1 à 3 noyaux.
Droge végétale	<p>Sommités fleuries contenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flavonoïdes tels que l'hyperoside, le rutoside, la quercétine,

	<p>la spiréoside et la vitexine</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Procyanidines comme l'épicatéchol
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acides phénol : acide caféique et acide chlorogénique ▪ Huiles essentielles ▪ Acides triterpéniques ▪ Stérols ▪ Tanins ▪ Vitamine C ▪ Amines (tyramine, phényléthylamine) ▪ Coumarines
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hypotensive : réduit la tension artérielle par dilatation des vaisseaux périphériques ▪ Régulatrice du rythme cardiaque : réduit les palpitations et la tachycardie ▪ Tonicardiaque : stimule les cœurs fatigués en augmentant la force et l'amplitude des contractions cardiaques ▪ Vasodilatatrice : améliore la circulation coronarienne par vasodilatation ▪ Sédatrice du système nerveux central : dans les cas d'insomnies ▪ Calmante et anti-stress : réduit la nervosité et l'anxiété ▪ Antispasmodique au niveau des muscles lisses vasculaires → Calme les troubles digestifs (dyspepsie, spasmes abdominaux) d'origine neurovégétative, c'est à dire liés au stress. ▪ Anti-oxydante ▪ Fébrifuge
Pharmacopée française	L'aubépine est inscrite sur la liste A des plantes médicinales utilisées traditionnellement.
Monopole pharmaceutique	L'aubépine est mentionnée dans la liste des plantes pouvant être vendues en dehors d'une pharmacie d'officine. Elle est donc exclue du monopole pharmaceutique.
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grossesse et allaitement ▪ Par son action sur la fonction cardiaque, de trop fortes doses provoquent des troubles cardio-vasculaires (bradycardie et hypotension). Si la cure est poursuivie sur le long terme, il est essentiel d'entrecouper les phases de prise par des phases d'arrêt.
Précaution d'emploi et effets secondaires	Très peu d'effets secondaires à la consommation de suppléments de phytothérapie à base d'aubépine. Elle ne provoque pas d'effet de somnolence, ni de perte de mémoire. Elle peut néanmoins occasionner de légers troubles digestifs, des maux de tête et des étourdissements.
Interactions médicamenteuses	Les effets de l'aubépine peuvent s'ajouter à ceux d'autres plantes ayant une action sur le cœur, comme la digitale ou la passiflore. Les effets de l'aubépine peuvent aussi s'additionner aux effets des médicaments antihypertenseurs, les médicaments contre les arrêts cardiaques, les vasodilatateurs ou encore les tranquillisants et les

	anxiolytiques.
Toxicité	Aucun signe de toxicité, ni aucun signe d'accoutumance.
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extrait standardisé en procyanidines (20%) : 160 mg à 180 mg par jour, à répartir en trois prises ▪ Extrait standardisé en flavonoïdes 3 % : 100 mg à 300 mg, trois fois par jour ▪ Extrait fluide : 10 gouttes ou 1 ampoule 3 fois par jour, après les repas ▪ Poudre totale sèche micronisée : sous forme de gélules, 1 à 2 grammes à répartir au moment des trois repas ▪ Jus : 1 cuillère à soupe diluée dans un verre d'eau, à raison de 3 fois par jour avant les repas ▪ Infusion : utiliser 20 grammes de feuilles (ou baies ou fleurs séchées) pour 1 litre d'eau bouillante et laisser infuser 15 à 20 minutes, pour obtenir une dose efficace en substances actives. Boire 2 à 3 tasses de tisane par jour, de préférence après le repas du soir ou juste avant de se coucher (pour profiter des effets apaisants). En cas d'utilisation prolongée, réduire de moitié la dose d'aubépine dans l'infusion. ▪ Teinture mère d'aubépine (au 1/10ème) sous la dénomination scientifique "Crataegus oxyacantha" : 1 ml à 2 ml trois fois par jour.
Mode d'action	La libération d'adrénaline provoquée par le stress a des effets vasoconstricteurs et hypertensifs, responsable d'une augmentation de la fréquence cardiaque pouvant aller jusqu'à la tachycardie. L'aubépine va s'opposer à ces manifestations cardiovasculaires et permettre la régulation des battements de cœur et va davantage oxygéner l'organisme et notamment la fibre musculaire.



Figure 25: sommités fleuries de *Crataegus laevigata* ("European Lepidoptères", 2016)

3 . P l a n t e r i c h e e n p r é c u r s e u r d e l a s é r o t o n i n e i n f l u a n t s u r l e s t r e s s

Le millepertuis possède une activité positive sur l'humeur. Il pourrait donc participer à l'équilibre du sportif et probablement favoriser ses performances sportives. Cependant nous préférons approfondir, à l'aide d'un tableau, une plante adaptogène aux multiples effets, le Griffonia. Notons que les autres plantes adaptogènes seront décrites ultérieurement.

3 . 1 . G r i f f o n i a

Tableau 16 : Description du griffonia

Griffonia	
Autres dénominations	-
Nom latin	<i>Griffonia simplicifolia</i>
Famille	Fabaceae
Histoire et origine	Les Africains consomment le <i>Griffonia</i> depuis de nombreuses années en médecine traditionnelle. Lorsqu'elles sont assimilées par voie orale, les feuilles en décoction auraient, entre autres, des vertus antiémétiques, aphrodisiaques, antitussives, mais également purgatives. Par voie externe, les Africains consommaient le <i>Griffonia</i> sous forme de pâte soignant les plaies syphilitiques, les brûlures ou les inflammations oculaires. Les effets de cette plante ne furent étudiés en Europe qu'après les années 70 notamment pour ses fortes teneurs en 5-HTP (5-hydroxytryptophane, précurseur de la sérotonine).
Habitat	Afrique tropicale de l'Ouest, du Libéria au Gabon et essentiellement au Ghana.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le <i>Griffonia simplicifolia</i> est un arbuste sarmenteux dont le tronc peut atteindre 7 cm de diamètre. ▪ La partie végétale se situe entre 3 et 10 mètres de hauteur. ▪ Les feuilles sont entières, ovées et glabres. ▪ Les fleurs sont bisexuées, groupées en grappes tomenteuses grises. Les pétales sont charnus, tous semblables, à poils courts et clairsemés sur le bord. La floraison a lieu de juillet jusqu'à novembre. ▪ Le fruit est une gousse, obliquement ovoïde et gonflée. Elle contient une à quatre graines orbiculaires glabres. Les gousses mûrissent au mois d'aout.
Drogue végétale	Le 5-HTP (5 hydroxytryptophane) est un acide aminé aromatique présent naturellement dans la graine de Griffonia. Il est dérivé de l'hydroxylation du L-tryptophane, un acide aminé essentiel, précurseur de la sérotonine. L-tryptophane → 5HTP → sérotonine → mélatonine

Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lectines ▪ Lipides, acides gras, stérols
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insomnies, stress, nervosité incontrôlable
Pharmacopée française	Le griffonia est non inscrit à la Pharmacopée française
Monopole pharmaceutique	Le griffonia est mentionné dans la liste des plantes pouvant être vendues en dehors d'une pharmacie d'officine. Il est donc exclu du monopole pharmaceutique.
Contre-indications	Femmes enceintes et allaitantes, jeunes enfants, épileptiques, maladie de Parkinson, schizophrénie.
Précaution d'emploi et effets secondaires	Somnolence, perte d'appétit, maux d'estomac
Interactions médicamenteuses	Antidépresseurs ISRS, millepertuis, carbidopa
Toxicité	-
Posologie	500 mg à 1200 mg par jour. Administer 2 heures avant le coucher pour favoriser l'endormissement.



Figure 26: gousses de *Griffonia simplicifolia* (Comaills, 2016)

4 . E x e m p l e s d e p r é p a r a t i o n s p h y t o t h é r a p e u t i q u e s f a v o r i s a n t l a p r é p a r a t i o n m e n t a l e d u s p o r t i f

Les associations phytothérapeutiques soutenant la préparation mentale du sportif (tableau 17) peuvent être élaborées à partir de tisanes (infusions), de macérations, de décoctions, de gélules de poudre totale sèche micronisée, d'extraits hydroalcooliques de plantes fraîches (extraits secs, extraits fluides,

teintures mères), d'EPS (extraits fluides de plantes fraîches standardisées) ou encore de jus.

4.1. Associations de plantes stimulantes

Afin de maintenir le sportif en éveil, on choisira une seule plante riche en caféine parmi le café, le thé, le yerba maté, le guarana et le kola. On pourra allier à cette plante une plante sans caféine parmi la menthe, l'églatier, le karkadé, le gingembre et le noyer.

On a vu précédemment que le sportif pourra également associer la caféine et les glucides afin d'améliorer ses performances lors des exercices de longues durées comparativement à une consommation de glucides et d'électrolytes isolés.

4.2. Associations de plantes favorisant la gestion du stress

Le tableau 17 révèle les plantes à réunir afin d'améliorer la concentration et la gestion du stress du sportif. La rhodiola et le ginseng occupent une place prépondérante dans l'amélioration physique du sportif. C'est pourquoi elles seront décrites ultérieurement.

Tableau 17: association de plantes conseillée dans la préparation mentale du sportif

	Passiflore	Aubépine	Griffonia	Rhodiola	Ginseng
Passiflore		Anxiété réactionnelle, stress occasionnel (avant course), palpitations			
Aubépine	Anxiété réactionnelle, stress occasionnel (avant course), palpitations		Insomnie avec réveils successifs	Stress et tension nerveuse	Fatigue nerveuse
Griffonia		Insomnie avec réveils successifs			
Rhodiola		Stress et tension nerveuse			Anxiété
Ginseng		Fatigue nerveuse		Anxiété	

En associant la passiflore et l'aubépine par exemple, on améliore l'anxiété réactionnelle du sportif, on atténue son stress d'avant course et on diminue les palpitations.

Partie 2 : Amélioration physique du sportif par les plantes

Pendant leur préparation physique, les sportifs poursuivent des objectifs divers comme l'augmentation de la masse musculaire ou encore l'accroissement de leur endurance. Ils peuvent alors compléter leur alimentation en plantes adaptogènes. Ces plantes leur permettront d'augmenter leur force, leur résistance et d'atténuer les effets de la fatigue musculaire. Couplées avec des plantes antioxydantes ou des plantes riches en caféine, les plantes adaptogènes catalyseront le processus de lipolyse et donc diminueront la masse grasse.

1 . Augmentation des performances par les plantes adaptogènes

Lorsqu'on classe le stress en cinq catégories : stress physique, psychique, infectieux, métabolique et neuroendocrinien, on observe que la consommation de plantes adaptogènes est efficace face à minimum trois de ces catégories.

1 . 1 . Historique et définition

Le concept d'adaptogène a été établi en 1947 par un scientifique russe, le Docteur Nicolai Lazarev. Celui-ci cherchait à définir l'action des plantes comme le ginseng. Une plante adaptogène contient des substances qui augmentent les capacités d'adaptation de l'organisme humain de façon non spécifique. Le Docteur Lazarev a élaboré trois critères pour classer une substance comme adaptogène.

Elle doit :

- Causer un minimum de variations dans les fonctions biologiques.
- Augmenter la résistance du corps de manière non spécifique contre divers agresseurs.
- Avoir un effet normalisateur améliorant plusieurs conditions ou états et n'en aggravant aucun (normalisation d'un organe ou d'une fonction physiologique).

L'action de la plante adaptogène se fait par le totum de la plante.

On constate que les plantes classifiées comme adaptogènes appartiennent à des familles et espèces botaniques distinctes et parfois éloignées, répandues sur les cinq continents. Notons également qu'avant les études réalisées dans la seconde moitié du vingtième siècle par les scientifiques, certaines plantes adaptogènes étaient utilisées par un ensemble de médecines traditionnelles :

- Médecine Traditionnelle Chinoise pour le ginseng, et l'éleuthérocoque, le schisandra, l'astragale, le shiitake, le maitake.
- Médecine Traditionnelle Russe pour l'éleuthérocoque, la rhodiola, le ginseng.
- Médecine Traditionnelle Péruvienne pour le maca.
- Médecine Traditionnelle Polynésienne pour le noni.
- Médecine Ayurvédique pour l'ashwaganda.
- Médecine de la Grèce et de la Rome Antique pour le romarin. (Malves, 2008)

1.2. Différences entre plantes stimulantes classiques et adaptogènes

Un adaptogène soutient l'organisme dans la lutte contre le stress de façon globale, quelque soit la nature du stress. Nous allons voir en quoi il se différencie des substances et des plantes uniquement stimulantes. Nous avons précédemment étudié les plantes riches en caféine: café, thé, yerba maté, guarana et kola. Ces plantes provoquent un relargage excessif de catécholamines dans la synapse neuronale et le courant sanguin. Par cette action, elles ont un effet excitant parfois difficilement tolérable. Les substances adaptogènes se différencient également des plantes qui modèrent le système nerveux en situation de stress (passiflore, aubépine, valériane, mélisse). Elles se différencient également des substances qui sont spécifiquement immunostimulantes (cassis, cynorrhodon, échinacée, etc.)

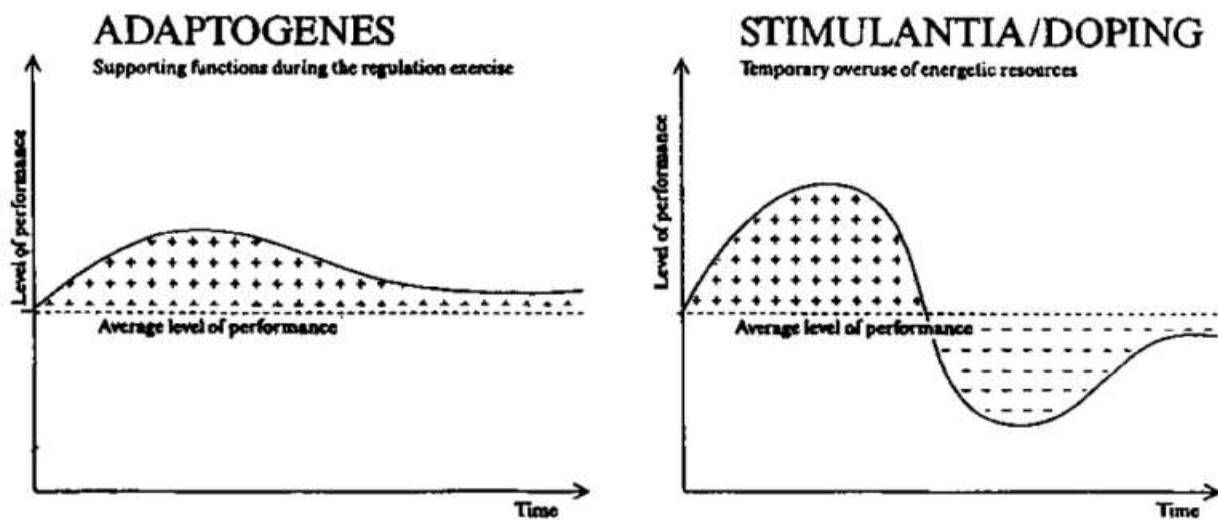


Figure 27: Différences entre adaptogènes et stimulants classiques (Morel, 2008)

Les stimulants classiques comme la caféine (graphique à droite, figure 27) augmentent le niveau de performance dans un laps de temps rapide. Cependant, après cette période initiale de haute énergie, on observe une diminution brutale de la capacité de travail. Les adaptogènes, quant à eux, montrent un niveau de performance constant en fonction du temps (graphique à gauche, figure 27). Après avoir atteint leur maximum, ils ne sont pas suivis d'une chute de la capacité de travail.

Les adaptogènes, par rapport aux stimulants classiques, ne vident pas l'organisme de ses ressources et ne donnent pas d'effet indésirable comme un syndrome de manque. (Morel, 2008)

Tableau 18 : différences entre adaptogènes et excitants (Astier, 2010)

Items	Excitant (stimulant)	Adaptogène (Fortifiant)
Cette plante favorise-t-elle une bonne récupération après un effort épuisant ?	Faiblement	Fortement
Cette plante entraîne-t-elle une perte d'énergie ?	Oui	Non
Ma performance sous stress est-elle réduite ou améliorée ?	Réduite	Améliorée
Mon taux de survie sous stress est-il diminué ou augmenté ?	Diminué	Augmenté
Quel est l'impact sur mon attention quotidienne ?	Affaiblie	Optimisée
Cette plante est-elle source d'insomnies ?	Oui	Non
Cette plante entraîne-t-elle des effets secondaires ?	Oui	Non
Cette plante participe-elle à la synthèse harmonieuse d'ADN, ARN et protéines ?	Non	Oui

Si nous les comparons avec les excitants, nous avons certes deux façons d'améliorer la concentration du sportif, mais les plantes adaptogènes perturbent beaucoup moins certains cycles de vie du sportif (sommeil, récupération, synthèse de protéines). Elles peuvent donc être considérées comme des solutions au long terme.

Le tableau 18 exalte donc les effets fortifiants des adaptogènes par rapport aux effets excitants des stimulants classiques.

1.3. Mode d'action présumé d'un adaptogène

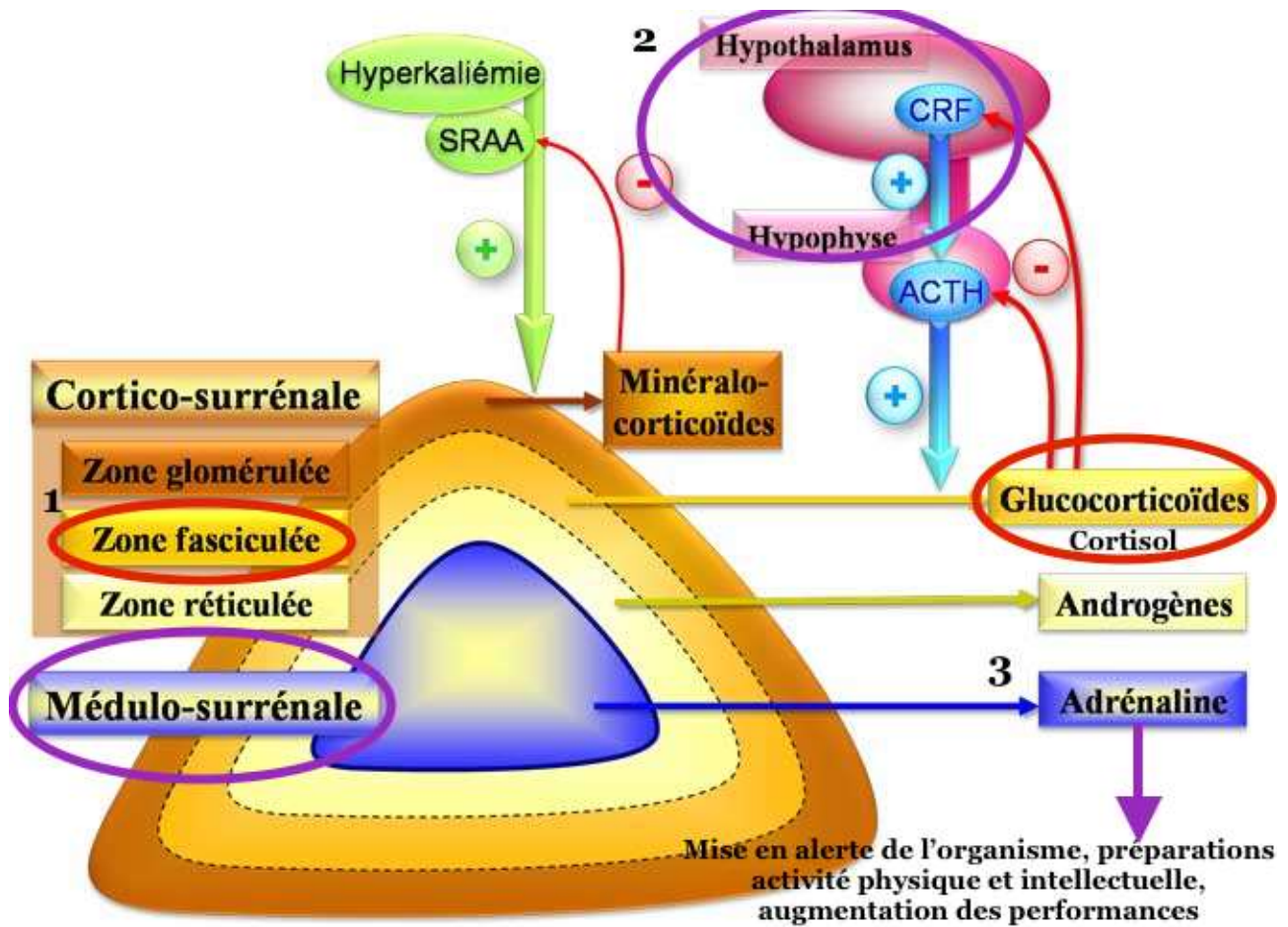


Figure 28: Mécanisme d'action probable d'un adaptogène (Nedelec, 2016)

SRAA : Système Rénine Angiotensine Aldostérone

Voici comment la figure 28 éclaire le mécanisme d'action probable d'un adaptogène :

- 1 Stimulation de la zone cortico-surrénale (zone fasciculée sécrétrice des glucocorticoïdes = cortisol), sans effet minéralo-corticoïde ni anabolisant (pas ou peu d'effet sur la zone glomérulée source d'aldostérone ni la zone réticulée synthétisant les androgènes).
- 2 Régulation de l'axe hypothalamo-hypophyséo-surrénalien et régulation de l'excitabilité anormalement importante du système nerveux autonome sympathique (sympathicotonie). Modulation de la libération de catécholamines (adrénaline).
- 3 Stimulation de l'activité cérébrale, mise en alerte de l'organisme, préparation aux activités physique et intellectuelle et augmentation des performances.

La régulation du système nerveux autonome sera individualisée en fonction du stade. Dans la pratique, on valorisera un des axes thérapeutiques spécifiques de la plante. Par exemple, l'aubépine n'est pas considérée comme un adaptogène, mais elle est indispensable dans la prise en charge des palpitations et arythmies émotives engendrées par le stress chez le sportif.

Les physiologistes ont analysé les rôles joués par les axes sympathiques et corticotropes sur le comportement :

- L'axe sympathique serait sollicité surtout dans les situations de contrôle et de domination, correspondant aux phases initiales dans la physiologie du stress. Sur le plan caractérologique, ce sont surtout les leaders et les hyperactifs (caractérisant un certain nombre de sportifs). Leurs pathologies s'orientant plutôt vers le système cardio-vasculaire, on leur conseillera des adaptogènes de façon discontinue.
- L'axe corticotrope serait sollicité surtout dans les situations de soumission et de perte de contrôle. La cortico-surrénale exerçant son rôle freinateur dans un second temps, ce sont surtout les inhibés et les passifs (pouvant en moindre mesure caractériser quelques sportifs), qui sont soumis à un stress prolongé et qui seront susceptibles de développer des pathologies chroniques caractérisées par des anomalies du système immunitaire. Dans ces circonstances, on préconisera les adaptogènes de façon prolongée. (Morel, 2008)

Tableau 19: Mécanismes d'actions des plantes adaptogènes selon les recherches récentes (Domene, 2013)

Mécanismes d'actions démontrés dans les recherches	Rhodiola rosea	Eleutherococcus senticosus	Schisandra chinensis	Panax ginseng
Réduit les lésions musculaire	X	X		
Diminue le niveau des lactates	X	X		X
Augmente la consommation des acides gras	X	X		
Augmente le temps d'activité physique jusqu'à épuisement	X	X	X	X
Protège les érythrocytes contre le stress oxydatif	X			
Effets anxiolytique et antidépresseur	X			
Réduit l'activité de la créatine kinase dans les situations stressantes	X			
Effets anti-inflammatoires, réduit le niveau de la protéine C réactive	X			
Réduit la régénération des lymphocytes « natural killer »		X		
Inhibe l'augmentation de l'élévation de cortisone induite par le stress		X		
Soulage la fatigue mentale et physique		X		
Retarde l'accumulation de l'urée sanguine		X		
Augmente la lactate déshydrogénase		X		
Réduit le pH dans le sang et dans les fibres musculaires		X		
Améliore la précision du mouvement			X	
Augmente l'endurance et le développement mental			X	
Active la formation de monoxyde d'azote et de cortisone dans le but d'adapter le corps			X	
Augmente le nombre de mitochondries du muscle				X
Augmente la puissance aérobie				X
Diminue la fréquence cardiaque				X

Le tableau 19 résume les mécanismes d'actions des plantes adaptogènes (Rhodiola, Eleuthérocoque, Schisandre et Ginseng).

1.4. Pharmacologie

Le mode d'action des adaptogènes est dépendant de certaines substances pharmacologiques, dans lesquelles on retrouve des saponosides triterpéniques dont certains, s'apparentant aux stéroïdes, possèdent des effets hormonaux, métaboliques et immunologiques. Tandis que l'activité de modulation immunitaire est souvent due aux macro-molécules polysaccharidiques. (Morel, 2008)

1.5. Effets physiologiques attendus de l'emploi d'un adaptogène

Les plantes adaptogènes seraient une nouvelle classe de régulateurs métaboliques qui augmenteraient la capacité de l'organisme à s'adapter aux facteurs environnementaux et éviter les dommages corporels.

Une plante adaptogène peut abaisser ou élever la température corporelle, la tension artérielle et le poids. Une plante adaptogène peut également modérer ou stimuler le système nerveux central ou le système nerveux végétatif en fonction de la nature et de l'intensité du stress occasionné chez le sportif. La supplémentation en plantes adaptogènes peut également améliorer les performances sportives en ayant des propriétés plus spécifiques comme :

- Le retardement ou la diminution du besoin de sommeil et des réactions émotionnelles (réaction d'anxiété ou d'inhibition),
- La stimulation immunitaire (améliorer la résistance aux infections),
- L'augmentation de la résistance à l'effort et l'accroissement de la masse musculaire,
- L'augmentation du niveau de testostérone,
- De plus grandes résistances au froid, à l'effort et aux besoins d'oxygène (V_{O2} max),
- L'amélioration de la récupération,
- L'amélioration de l'utilisation de l'énergie (limiter et retarder la sensation de fatigue induite par l'exercice physique),
- La diminution de l'accumulation des métabolites (urée sanguine, ammoniac, créatinine, créatine kinase, lactates) témoin d'une fatigue, d'une insuffisance rénale ou d'une mauvaise récupération.
- L'augmentation du glucose circulant et du glycogène stocké,
- La diminution de la masse grasse,
- L'augmentation du désir sexuel,
- L'absence de toxicité.

Ces propriétés offrent la possibilité d'utiliser les plantes adaptogènes pour augmenter les performances sportives. Les dernières recherches montrent que *Panax ginseng*, *Rhodiola rosea*, *Eleutherococcus senticosus*, *Schisandra chinensis*, *Astragalus membranaceus*, *Withania somnifera*, *Maca* et *Tribulus* offrent des bénéfices physiques et mentaux à utiliser dans la complémentation et nutrition du sportif. (Morel, 2008)

2 . A n a l y s e s d e s p l a n t e s a d a p t o g è n e s

Les propriétés des adaptogènes ont été, entre autres, exploitées afin d'améliorer les performances du sportif. Il semblerait que ces plantes ont la capacité de favoriser la force et la résistance du sportif. Partant de ce postulat, nous avons choisis d'approfondir le Ginseng, la Rhodiola, l'Eleuthérocoque, le Schisandre, l'Ashwagandha, le Maca, l'Astragale et le Tribule. Ce travail sur ces plantes est nécessaire pour valider l'hypothèse énoncée. Pour faciliter l'assimilation des données, chaque plante est décrite dans un tableau. Lorsqu'il sera possible, nous détaillerons le mécanisme d'action de chaque plante adaptogène. Puis nous analyserons les études cliniques afin d'attester les propriétés supposées des plantes étudiées chez les sportifs.

Nous ne détaillerons que les bienfaits physiques de ces plantes, mais beaucoup d'entre elles ont aussi un apport bénéfique dans la régulation du stress (exemple de la rhodiola).

2.1. Ginseng

2.1.1. Résumé des caractéristiques de la plante

Tableau 20 : Description du ginseng

Ginseng	
Autres dénominations	Fleur de vie ou racine de vie
Nom latin	<i>Panax ginseng</i>
Famille	Araliaceae
Histoire et origine	<ul style="list-style-type: none">▪ Le ginseng est utilisé en Chine depuis 7000 ans pour ses vertus tonifiantes et aphrodisiaques. Dans la Chine ancienne, il était réservé aux castes supérieures (l'Empereur et les grands seigneurs féodaux) qui lui attribuaient le pouvoir de conserver la jeunesse. La recherche du ginseng sauvage était intensive et la plante se négociait à prix d'or.▪ Au XVIII^e siècle, elle fut importée des Etats Unis et du Canada vers la Chine. Ce commerce a pratiquement éradiqué l'espèce sauvage, qui est maintenant considérée comme une espèce en danger d'extinction.▪ Répandu dans toute l'Asie, le ginseng est importé en Europe dès le IX^e siècle grâce à un médecin arabe.▪ Longtemps inconnu, sa réputation ne gagne l'Occident qu'au cours du XVIII^e siècle, par le biais des pères jésuites. Il connaît alors un vif succès.▪ Le ginseng est considéré comme une panacée, c'est à dire un remède prétendu universel, apte à soigner tous les maux et résoudre tous les problèmes. Ce qui lui vaudra son nom scientifique de "Panax" : ce mot dérive des mots grecs "Pan" signifiant "Tout" et "Akos" voulant dire "remède, soin".
Habitat	Espèce asiatique originaire de Corée, de Chine et des régions orientales de Russie.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none">▪ Plante herbacée vivace, mesurant 30 à 50 cm de hauteur.▪ Elle pousse à l'ombre des grands feuillus, sur un terrain riche et humide, plutôt sablonneux pour faciliter son enracinement.▪ Sa croissance est lente : à l'état sauvage, il faut au minimum 6 à 7 ans pour obtenir une racine de taille suffisante, prête à être récoltée.▪ Cependant très rare à l'état sauvage, le ginseng est actuellement cultivé par semis, en champ ombragé (naturel ou artificiel) au printemps, sur un sol riche et bien arrosé. Il est ainsi possible d'obtenir une racine en 3 à 5 ans.▪ Le ginseng présente une racine tubérisée et charnue. Elle est de couleur blanc jaunâtre, d'une odeur

	<p>aromatique et d'une saveur douce, puis âcre et légèrement amère. Son nom chinois <i>ren-shen</i> signifiant plante-homme fait référence à la forme de la racine, façonnée à la manière des cuisses humaines.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les feuilles sont composées-palmées et ovales. ▪ Les fleurs sont blanches, réunies en ombelles. ▪ Les fruits sont des baies rouge clair.
Drogue végétale	Racines de 6 à 7 ans.
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ginsénosides (en majeure partie des saponosides triterpéniques tétracycliques) ▪ Peptidoglycanes (probablement responsables de l'action hypoglycémiant) ▪ Polysaccharides immunostimulants ▪ Dérivés polyacétyléniques ▪ Vitamines B, vitamines C ▪ Acides aminés essentiels ▪ Amidon ▪ Gomme
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Activité hématopoïétique ▪ Activité hypotensive ▪ Activité cardiotonique ▪ Actions hypocholestérolémiant, hypoglycémiant et hypolipémiant ▪ Activité immunostimulante : action sur macrophages, lymphocytes, cytokines ▪ Activité anti-inflammatoire ▪ Stimule les corticostéroïdes par action hypothalamo-hypophysaire avec un effet anabolisant (stimulation des hormones sexuelles chez l'homme comme chez la femme) ▪ Action stimulante sur le système nerveux central, améliore la résistance au stress psychique en augmentant le recaptage des neuromédiateurs cérébraux GABA, dopamine, noradrénaline et sérotonine ▪ Améliore la résistance au stress physiologique (réduit le taux de lactates sanguins à l'effort, augmente la capacité d'absorption de l'oxygène, empêche l'augmentation de la fréquence cardiaque) ▪ Préconisé durant la période de stress chez les sportifs soumis à des efforts physiques importants. ▪ Tonique général de l'organisme : grande résistance à la fatigue, stimulation des réflexes, amélioration des capacités aussi bien physiques qu'intellectuelles des sportifs ▪ Augmente la tolérance au glucose ▪ Maintien le taux de réserves en glycogène ▪ Stimule la synthèse d'ADN et d'ARN ▪ Activité sédatrice permettant un sommeil récupérateur

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Action stimulante sur les organes sexuels
Pharmacopée française	Inscrite à la pharmacopée française
Monopole pharmaceutique	Ne fait pas partie du monopole pharmaceutique.
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes, allaitantes, enfants de moins de 5 ans. ▪ Hypertension artérielle non contrôlée
Précaution d'emploi	Limiter le traitement à base de ginseng à une durée maximale de 3 mois
Interactions médicamenteuses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anticoagulants ▪ Le ginseng augmente l'effet des autres stimulants (plantes riches en caféine), il est conseillé de limiter ces associations. ▪ Anticoagulant type warfarine ▪ Médicaments hypoglycémiants ▪ Théoriquement, le ginseng pourrait interagir avec les antidépresseurs de type inhibiteurs de la monoamine-oxydase.
Effets indésirables, toxicité	À posologie élevée : nervosité, insomnie, hypertension artérielle, diarrhée et malaises gastro-intestinaux.
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 500 mg à 2 grammes maximum de ginseng par jour, à prendre de préférence le matin au moment du petit-déjeuner. ▪ En poudre ou en extrait fluide. ▪ 10 jours de cure sont nécessaires pour ressentir l'action en profondeur du ginseng. Toutefois, cette cure ne devra pas dépasser trois mois.
Mécanisme d'action	<p>Les ginsénosides ont une grande diversité d'action, parfois contradictoire, ce qui pourrait expliquer l'effet adaptogène.</p> <p>Le ginsénoside Rg1 augmente la pression artérielle et stimule le système nerveux central (SNC). Tandis que le ginsénoside Rb1 abaisse la pression sanguine et agit comme un dépresseur du système nerveux central. Les ginsénosides augmentent les concentrations de cortisol sérique et accroissent le taux de sulfate de déhydroépiandrostérone (DHEA). (Chalard, 2016)</p>



Figure 29: *Panax ginseng* (Chalard, 2016)

2.1.2. Expériences pharmacologiques

Le ginseng aurait une influence sur la force musculaire. L'influence du ginseng fut évaluée par McNaughton et al. Cette étude randomisée utilise 15 hommes et 15 femmes répartis en 3 groupes. Un groupe reçoit un placebo, un autre groupe reçoit du ginseng (1 gramme par jour) et le troisième groupe reçoit de l'éleuthérocoque (1 gramme par jour) pendant 6 semaines. Après ces 6 semaines, les groupes reçoivent une nouvelles fois un des traitements pendant 6 semaines. Puis tous les groupes reçoivent les traitements restants pour la dernière période de 6 semaines.

On note que la VO₂max et le temps de récupération de la fréquence cardiaque sont améliorés par rapport au placebo dans les conditions expérimentales impliquant le ginseng mais pas avec l'éleuthérocoque.

On remarque également une augmentation significative de la force des pectoraux et des quadriceps (mesurée avec un dynamomètre) pour le ginseng et l'éleuthérocoque. McNaughton conclue que le ginseng a des propriétés ergogéniques importantes pour les athlètes. (Bahrke, Morgan, 2000)

Une autre étude de Liang et al. démontre que la consommation de 1350 mg de ginseng par jour pendant 30 jours chez des personnes non entraînées améliore leur endurance de 7 minutes et diminue leur pression artérielle maximale et augmente leur VO₂max à la 24^{ème} minute pendant l'exercice d'endurance à vélo. Il a été également démontré qu'une simple dose de 200 mg de ginseng peut moduler le taux de glucose sanguin circulant, améliore les performances cognitives et diminue la sensation de fatigue mentale. (Chen et al., 2012)

D'autres études évaluent le ginseng et attestent de ses propriétés ergogéniques chez le sportif (augmentation de la durée de l'exercice jusque épuisement, facilité de récupération et amélioration de l'endurance). Ces études sont résumées dans le tableau 21.

Tableau 21: Etudes cliniques sur le Ginseng

Etudes	Populations	Traitements phytothérapeutiques	Exercices	Résultats
<i>Panax ginseng</i>				
Kim et al., 2005	7 hommes sains	2 grammes d'extrait de <i>Panax ginseng</i> ou placebo 3 fois par jour pendant 8 semaines	Exercice progressif sur tapis de course	Augmentation de la durée de l'exercice jusqu'à épuisement et facilité de récupération
Liang et al., 2005	29 adultes non entraînés âgés de 20 à 35 ans	Pendant 30 jours, 1350 mg par jour de <i>Panax ginseng</i> ou placebo	Exercice d'endurance sur cycle d'ergomètre à 65 à 70 % du VO2max. L'intensité de l'exercice augmente de 30 watts tous les intervalles de 5 minutes après les premières 35 minutes d'exercice jusqu'à exténuation	Amélioration de l'endurance avec consommation de <i>Panax ginseng</i> . (Chen et al., 2012)

2.2. Eleuthérocoque

2.2.1. Résumé des caractéristiques de la plante

Tableau 22 : Description de l'éléuthérocoque

Eleuthérocoque	
Autres dénominations	Ginseng sibérien, buisson du diable, racine de la taïga
Nom latin	<i>Eleuterococcus senticosus</i>
Famille	Araliaceae
Histoire et origine	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'éléuthérocoque est utilisé en Chine depuis plus de 4000 ans. Il était apprécié pour son action bénéfique sur la santé en général (longévité, mémoire, tonus, appétit). ▪ Au milieu du 19^e siècle, les russes découvrent cette plante. Les médecins russes identifient dans sa racine des actifs avec des propriétés remarquables. ▪ Depuis les années 1950, d'importantes études ont été menées en Russie. Cependant, aucune n'a encore permis de comprendre le véritable fonctionnement de ses propriétés fortifiantes et inhibitrices du stress. ▪ L'éléuthérocoque était utilisé par les cosmonautes Russes pour optimiser leur adaptation à l'espace. Il aurait également été consommé par tous les champions de l'ex URSS lors des jeux olympiques. L'éléuthérocoque porte pour cette raison le surnom de "plante secrète des Russes". ▪ De l'éléuthérocoque a été distribué à la population soviétique à la suite de la catastrophe de Tchernobyl, en raison de son action possible sur les radiations et les intoxications chimiques. ▪ S'il est utilisé en Russie depuis la moitié du 20^e siècle, il est utilisé en Europe de l'ouest et en Amérique du nord depuis les années 70.
Habitat	Sibérie orientale, Corée et nord de la Chine.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Buisson aux épines acérées, d'où son surnom de "<i>Buisson du diable</i>", mesurant 2 à 3 mètres de hauteur. ▪ Les feuilles, alternes, sont composées-palmées. ▪ Les fleurs sont petites et groupées en ombelles terminales. Elles ont la particularité d'être de couleur différente selon leur sexe. Les fleurs mâles sont violettes et les fleurs femelles sont jaunâtres. ▪ Les fruits sont des baies de couleur noire et charnues. ▪ Sa culture demande des sols humides et bien ensoleillés.
Drogue végétale	On utilise la racine d'éléuthérocoque.
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Saponines (hétérosides complexes) dont des éléuthérosides. ▪ Glycanes (polysaccharides) : éléuthéranes. ▪ Acide chlorogénique ▪ Huiles volatiles, dérivés phénoliques ▪ Béta-carotène, vitamines C et E

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Minéraux et oligo-éléments : Calcium, Phosphore, Potassium, Magnésium, Sodium, Aluminium, Fer, Brome, Cuivre, Zinc, Chrome, Germanium ▪ Lignanes ▪ Coumarines.
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Action continue même après l'arrêt de la prise ▪ Améliore les réactions de défense de l'organisme mais sans s'y substituer ▪ Stimulation du système nerveux central ▪ Effet anti-stress ▪ Activité anti-inflammatoire ▪ Amélioration de la circulation cérébrale ▪ Diminution de la fatigue physique et/ou intellectuelle (tonique général) ▪ Augmentation de la capacité de résistance à l'effort ▪ Amélioration des défenses immunitaires (immunostimulant) ▪ Stimulation de la fonction endocrine des glandes sexuelles et surrénales ▪ Diminution du taux de cholestérol ▪ Stimulation de l'hématopoïèse (= formation des globules rouges du sang) ▪ Amélioration de l'appétit ▪ Augmentation de la vitesse de réaction ▪ Amélioration de la récupération ▪ Meilleure consommation d'oxygène durant l'exercice (VO₂max) ▪ Résistance aux changements de température ▪ Résistance aux radiations.
Pharmacopée française	Décrite à la pharmacopée liste A.
Monopole pharmaceutique	N'appartient pas au monopole pharmaceutique.
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes et allaitantes, enfants de moins de 12 ans. ▪ Hypertension artérielle.
Précaution d'emploi	Ne pas consommer après 16 h (trouble du sommeil).
Interactions médicamenteuses	Anticoagulants, hypo ou hypertenseurs, hypoglycémiant, produits à base de caféine.
Effets secondaires, Toxicité	Trouble du sommeil, diarrhées.
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poudre totale sèche d'éleuthérocoque en gélules : 2 à 3 grammes, en 2 prises (matin et midi). ▪ Décoction : faire bouillir 50 grammes de racines séchées dans 1 litre d'eau pendant 20 minutes, filtrer et boire une tasse 3 fois par jour (matin, midi et après-midi). ▪ Teinture mère d'éleuthérocoque : 10 à 20 ml par jour, en 2 à 3 prises.



Figure 30: fruits de l'éleuthérocoque (la drogue se trouve dans la racine) (Milner, 2015)

2 . 2 . 2 . E x p é r i e n c e s p h a r m a c o l o g i q u e s

Les études d'Eric D.B. Goulet and Isabelle J. Dionne évaluent les effets d'*Eleutherococcus senticosus* (ES) sur les performances en endurance.

Tableau 23: Résumé des études qui évaluent les effets de l'éléuthérocoque pendant un exercice d'endurance (Goulet, Dionne, 2005)

Reference	Number of subjects, gender, and age	Duration of supplementation	Daily dose and preparation type	Study design	Results
<i>Positive Findings</i>					
Asano et al. (1)	6 men; 21-22 y	8 d	300 mg (Eleutherococcus senticosus Maxim, root of ES)	PPC, SB, PC, DC	∅ on VO_{2max} and oxygen pulse; ↑ cycling time to exhaustion and total work
Wu et al. (26)	8 men; 25-35 y	14 d	800 mg (Endurox™, leaf of ES)	PPC	↓ HR and LA; ↑ the load and VO_{2atAT} ; ↑ fat utilization; ↑↑ HR and lactate recovery
Szolomicki et al. (21)	31; gender not specified; 21-73 y	30 d	75 drops (Taigutan™, root of ES)	PPC	∅ on VCO_2 , HR and RER; ↑ VO_{2max} and maximal V_E
<i>Negative Findings</i>					
McNaughton et al. (18)	15 women and 15 men; age not specified	42 d	1000 mg (Russian ginseng, root of ES)	R, DB, CO, PC	∅ on VO_{2max} , HR recovery and grip strength; ↑ pectoral and quadriceps strength
Dowling et al. (8)	4 women and 16 men; 37 ± 8 y	42 d	3.4 mL (Eleutherococcus senticosus Maxim L, root of ES)	M, R, DB, PC, FT	∅ on EP, VO_2 , V_E , V_E/VO_2 , RER, HR, LA, and PE
Plowman et al. (19)	5 women and 5 men; 23 ± 1.8 y	10 d	800 mg (Endurox™, leaf of ES)	R, DB, CO, PC, DC, WP	∅ on VO_2 , RER, HR, LA, and PE
Chevront et al. (4)	10 men; 24 ± 4.3 y	7 d	800 mg (Endurox™, leaf of ES)	R, DB, CO, PC, DC, WP	∅ on VO_2 , V_E , V_E/VO_2 , RER, HR, plasma glycerol, LA, PE, energy expenditure and rate of fat oxidation
Eschbach et al. (9)	9 men; 28 ± 2 y	7 d	1200 mg (Endurox™, leaf of ES)	R, DB, CO, PC, FT, DC, WP	∅ on EP, VO_2 , RER, HR, LA, PE, and plasma glucose

Note. PPC, pre–post comparison; M, ES vs. matched placebo group; R, randomized; DB, double blind; SB, single blind; CO, crossover; PC, placebo-controlled; FT, familiarization trial; DC, diet controlled; WP, washout period; ∅, no effect; ↑, increased; ↓, decreased; ↑↑, accelerated.

Le tableau 23 résume dans un premier temps les études qui ont montré des découvertes positives de l'ES sur l'amélioration des performances du sportif. Dans un second temps, on trouvera les études qui n'ont pas montré de bénéfice sur les performances quant à l'utilisation de l'ES chez les sportifs.

2.2.2.1. Préambules des études

L'entraînement d'endurance, grâce aux adaptations métaboliques et structurelles, est capable de fournir aux cellules musculaires une meilleure proportion d'énergie grâce aux lipides (filère aérobie). Cette adaptation physiologique est très importante pour les athlètes d'endurance parce qu'une meilleure utilisation des lipides diminue le taux de déplétion de carbohydrates endogène. Ceci pourrait théoriquement augmenter la période pendant laquelle l'exercice prolongé peut être réalisé. Donc les athlètes d'endurance qui désirent être à leur optimum durant les compétitions auraient un avantage à maximiser le métabolisme des lipides. Dans l'espoir de renforcer le métabolisme des lipides au delà des limites physiologiques, beaucoup d'athlètes d'endurance utilisent les aides nutritionnelles ergogéniques dans le but d'augmenter l'utilisation des lipides, diminuer l'utilisation du glycogène musculaire et améliorer les performances à l'endurance. L'éléuthérocoque serait un candidat idéal pour remplir ces fonctions. En plus des propriétés lipotropiques, les effets suivants sont observables chez les consommateurs d'éléuthérocoque :

- Augmentation de la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}) et du seuil anaérobie
- Diminution des battements cardiaques
- Diminution de l'accumulation des lactates

- Accélération de la récupération cardiaque.

(Goulet, Dionne, 2005)

Etudions l'éleuthérocoque qui appartient à ces aides nutritionnelles ergogéniques. Les études sur la consommation d'ES rendent des résultats contradictoires. L'éventuelle amélioration des performances sportives lors de la consommation d'ES provoque des débats. Dans ce travail, nous nous appuyerons sur les études de Goulet et Dionne pour nous faire une idée des possibles effets positifs de cette plante (tableau 23).

2.2.2.2. Description des études positives

Trois études montrent que l'éleuthérocoque offre un avantage ergogénique pendant les exercices d'endurance (tableau 23).

→ Asano et al. sont les premiers à attester qu'une supplémentation en ES améliore les performances à l'endurance comparé à un placebo.

Lors de l'étude, les sujets ont fait 3 tests de cyclisme jusqu'à épuisement pendant 3 jours consécutifs sans aucune supplémentation.

Puis les sujets ont été supplémentés avec le placebo pendant 8 jours, ils ont ensuite effectué un autre test de cyclisme. Après l'essai placebo, les sujets ont été supplémentés pendant 8 jours avec 300 mg par jour d'ES puis ils ont effectué un test de cyclisme final.

Les traitements ont été administrés en test simple aveugle.

Comparé avec le placebo, l'ES a augmenté le temps des cyclistes à l'épuisement et la capacité de travail totale de respectivement 10 et 15 %. Cependant, aucune différence entre les traitements n'a été relevée concernant la VO₂max et les pulsations d'oxygène (assimilation d'oxygène par battement de coeur au repos).

Comparé aux essais de pré-supplémentation, ES a amélioré la VO₂max et les pulsations d'oxygène. Asano and al pensent que l'effet de ES pourrait s'expliquer par le fait que ES augmente le nombre de mitochondries dans les cellules musculaires. Cependant, leurs découvertes doivent être interprétées avec précaution car l'expérimentation comporte d'importantes erreurs méthodologiques qui pourraient menacer la validité interne des résultats observés. Premièrement, seulement un protocole en simple aveugle a été utilisé. Deuxièmement, les recherches n'ont pas employé de protocole en chassé croisé... A la place, ils ont évalué les sujets par des essais de pré-supplémentation en premier puis avec les placebos et enfin les essais avec ES. (Goulet, Dionne, 2005)

→ Wu et al ont évalué les effets de ES sur la capacité cardiorespiratoire et le métabolisme des lipides pendant des exercices de cyclisme. On a donné à 8 sujets un placebo pendant 3 jours. Ces sujets ont été ensuite soumis à un premier test. Suivant cet essai, ils ont été supplémentés avec 800 mg par jour de ES pendant 14 jours, après ça, ils ont suivi un second test. Le test se déroule en commençant l'exercice de cyclisme à 60 watts pendant 3 minutes puis on augmente de 30 watts toutes les 3 minutes, ceci jusqu'à 210 watts.

Comparé aux placebos, ES diminue la fréquence cardiaque, diminue l'accumulation de lactates de 33% et améliore le métabolisme des lipides de 43%. 50 minutes après le test, ES diminue de 34% l'accumulation de lactates et la fréquence cardiaque de 13%.

→ Szolomicki et al démontrent une amélioration de la VO₂max et de la ventilation pulmonaire (V_e). (Goulet, Dionne, 2005)

Sur 8 études réalisées, 3 études montrent l'effet positif de l'éleuthérocoque en supplémentation pendant l'exercice d'endurance. L'éleuthérocoque améliorerait les capacités d'exercice en augmentant les performances en endurance, la VO₂max, l'utilisation des graisses, la diminution de la fréquence cardiaque et la diminution de l'accumulation des lactates. L'éleuthérocoque augmenterait également la force musculaire. (Goulet, Dionne, 2005)

2.3. Rhodiola

2.3.1. Résumé des caractéristiques de la plante

Tableau 24 : Description de la rhodiola

Rhodiola	
Autres dénominations	Ginseng de la toundra, orpin rose de Sibérie, racine d'or
Nom latin	<i>Rhodiola rosea</i>
Famille	Crassulaceae
Histoire et origine	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elle est utilisée depuis plus de 3000 ans par les Inuits. Elle fut employée par les Vikings pour leur donner force, courage et ténacité. Les Vikings la considéraient comme un trésor offert par les dieux scandinaves. En 77 après Jésus Christ, elle était déjà citée dans l'ouvrage « De Materia Medica » de Dioscoride. ▪ Plante très puissante, elle est redécouverte pendant la guerre froide par les Russes alors qu'ils cherchaient des plantes adaptogènes. Elle est appelée Racine d'Or pour son action revitalisante sur tout l'organisme.
Habitat	Climat extrême. Sur pentes rocheuses et falaises des régions très froides de hautes montagnes, Norvège, Islande, Suède, Russie.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plante vivace entre 5 et 70 cm de haut, pérenne, dioïque qui possède de nombreuses tiges feuillues sans pétiole. ▪ Les tiges aériennes sont charnues avec des écailles et portent de nombreuses feuilles simples glabres. Il arrive que des tiges souterraines horizontales ou verticales mesurent jusqu'à 50 millimètres de large. ▪ Les fleurs sont jaunes.
Droge végétale	Rhizome
Composition chimique	Composés antioxydants : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Phényléthanoides : salidroside, tyrosol, acides organiques (acide gallique, acide caféique, acide chlorogénique), flavonoides (catéchines et proanthocyanidines) ▪ Phénylpropanoides : rosine, rosavidine ▪ Polyphénols, stérols, huile essentielle.
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Immunostimulante, amélioration capacités physiques et mentales. ▪ Antihypoglycémiant ▪ Lutte contre asthénie, fatigue physique, résistance à l'altitude. ▪ Amélioration du souffle et de l'endurance (augmente apport d'oxygène dans le sang). ▪ Améliore les performances et diminue le temps de récupération.
Pharmacopée française	Inscrite sur liste A.

Monopole pharmaceutique	Pas de monopole pharmaceutique.
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes et allaitantes ▪ Personnes souffrant d'une maladie rénale ou de cirrhose.
Précaution d'emploi	Éviter de la consommer le soir (risque d'insomnie). Attention aux personnes diabétiques.
Interactions médicamenteuses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possible avec le losartan ▪ Interaction avec les antidiabétiques ▪ Augmentation du risque de saignement, prudence avec l'aspirine, les anticoagulants oraux, l'héparine, le clopidogrel, les anti-inflammatoires non-stéroïdiens ▪ Utiliser avec prudence chez les patients utilisant des dépresseurs du SNC ▪ Interactions possibles avec les cytochromes P450, prudence avec les médicaments à marge thérapeutique étroite ▪ Interactions possibles avec paracétamol, acétazolamide, inhibiteurs de l'alpha-glucosidase, anxiolytiques, sédatifs, antibiotiques, anticancéreux, antidépresseurs, IMAO et IRS, anti-inflammatoires, antiviraux, inhibiteurs de la catéchol-O-méthyltransférase (COMT), stimulants du système nerveux central, hypolipidémiants, œstrogènes, immunomodulants, opiacés, pentobarbital, théophylline.
Effets secondaires, Toxicité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excitation aiguë, hypertension. ▪ Diminuer le dosage en cas d'excitation, puis l'augmenter progressivement.
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En infusion, poudre, tisane ou décoction : 350 à 550 mg par jour pendant 7 jours de cure, suivis de 7 jours de pause. Augmentez progressivement la dose pour les efforts sportifs, en montagne et en altitude. Boire de 1 à 3 tasses par jour. ▪ Préparation maison : râper la racine pour obtenir de la poudre. Faire bouillir de l'eau et verser la poudre ou encore la racine découpée en lamelles. Laisser mijoter de 5 à 10 minutes, boire chaud ou tiède. Cette préparation permet d'améliorer les performances et d'accélérer la récupération chez le sportif. ▪ La préparation du thé: Hacher 5 grammes de racines de <i>Rhodiola rosea</i>, prendre 1 tasse d'eau bouillante, verser sur les racines et laisser infuser au moins 4 heures. Puis filtrer. Boire 1/5 tasse 3 à 5 fois par jour. Il est possible de la diluer dans un jus de fruit ou autre pour gout un meilleur. ▪ Teinture mère : Moudre 30 grammes de racines de <i>Rhodiola rosea</i> dans un moulin à café. Ajouter 150 ml d'alcool à 90%, agiter et laisser tremper 3 à 5 jours à température ambiante. Séparer et filtrer l'extrait. Prendre une ½ cuillère à soupe 3 fois par jour pendant 10 à 20 jours.



Figure 31: rhizome de rhodiole (Roulier, 2016)

2 . 3 . 2 . M é c a n i s m e d ' a c t i o n

Pour mieux comprendre le mécanisme d'action potentiel de la rhodiole dans l'amélioration des performances sportives, il est important de connaître les conséquences de chaque neuromédiateur sur l'organisme.

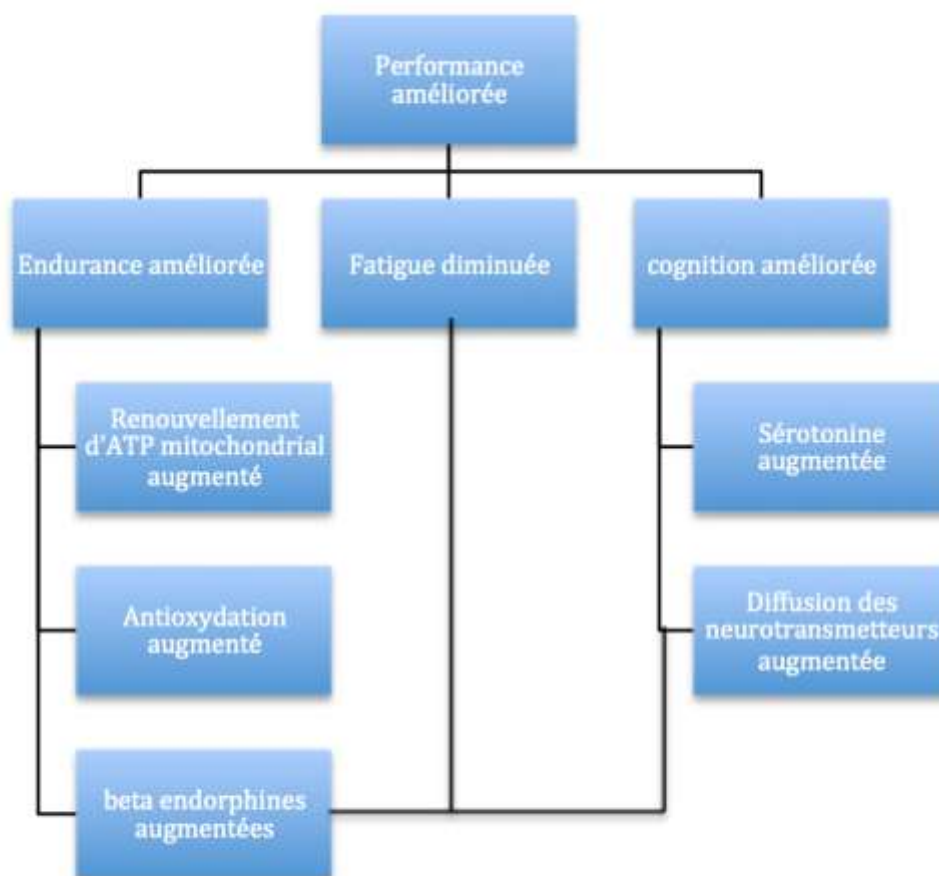


Figure 32: mécanisme d'action potentiel par lequel *Rhodiola rosea* améliorerait les performances sportives (Walker, Robergs, 2006)

Il semblerait que la rhodiola active le système réticulé en augmentant la production de 4 monoamines neuromédiateurs :

- la norépinephrine
- la sérotonine
- la dopamine
- l'acétylcholine.

L'effet adaptogène, les effets protecteurs cardiopulmonaires et les effets sur le système nerveux central seraient attribués tout d'abord à l'influence de la rhodiola sur les taux et l'activité biologique des monoamines dans le cortex cérébral et l'hypothalamus. Les effets de la rhodiola se manifesteraient par l'inhibition des enzymes responsables de la dégradation des monoamines et la facilitation du transport des neurotransmetteurs dans le cerveau.

La rhodiola permettrait une élévation de 30 % des taux de sérotonine et de dopamine. Elle permettrait également l'élévation de l'AMPcyclique myocardique participant à l'augmentation de la force des contractions des fibres myocardiques. L'activité adaptogène aurait aussi un effet indirect sur la biosynthèse des peptides opioïdes (beta endorphine) qui diminuerait la fatigue et sur l'activation des récepteurs centraux et périphériques aux opoïdes. *Rhodiola rosea* présenterait une activité inhibitrice de la monoamine oxydase A, ce qui pourrait révéler un effet antidépresseur pour cette plante. Elle semble abaisser de 60 % les taux de COMT (enzyme catéchol-O-méthyltransférase), enzyme dégradant la sérotonine et la dopamine.

La rhodiola posséderait des effets anti oxydants qui augmenteraient le turn over de l'ATP dans les mitochondries et donc qui amélioreraient l'endurance (figure 32). Ces manifestations contribueraient en l'amélioration des performances du sportif. (Guillaume, 2007)

2 . 3 . 3 . E x p é r i e n c e s p h a r m a c o l o g i q u e s

Une première étude affirme que la rhodiola améliore la résistance au stress et augmente la performance physique en améliorant le turnover de l'ATP. (Yavuz, Özkum, 2014)

Approfondissons l'étude d'Abidov et al. L'effet du traitement oral avec des extraits de racines de *Rhodiola rosea* (nature de l'extrait non précisée) et de *Rhodiola crenulata* a été étudié sur la durée d'un exercice de nage et sur le contenu en ATP des mitochondries des muscles squelettiques de rats. Le traitement de *Rhodiola rosea* augmente de façon significative (24,6 %) la durée de nage des rats traités en comparaison à celle des rats traités par *Rhodiola crenulata* et des rats témoins. *Rhodiola rosea* active la synthèse ou la resynthèse de l'ATP dans les mitochondries et stimule le processus de réparation énergétique après un exercice intense. *Rhodiola rosea* est la plus efficace pour augmenter les capacités de travail physique. (Abidov et al., 2003)

La physiologie de l'effort sportif de la souris étant différente de celle de l'Homme, nous ne pouvons pas prédire les effets positifs sur l'amélioration des performances chez l'humain. Transporter cette étude chez l'Homme nous éclairerait beaucoup sur les possibles propriétés ergogènes de *Rhodiola rosea*.

2.4. Schisandre

2.4.1. Résumé des caractéristiques de la plante

Tableau 25 : Description du schisandre

Schisandre	
Autres dénominations	Schizandra
Nom latin	<i>Schisandra chinensis</i>
Famille	Schisandraceae
Histoire et origine	<p>Les baies étaient employées pour conserver l'apparence de la jeunesse.</p> <p>Le nom chinois de la baie séchée "wu wei zi" signifie "fruit aux cinq saveurs", car elle combinerait tous les goûts: le fruit est sucré et sa peau aigre, le noyau est épicé et amer et les feuilles mâchées laissent un arrière goût salé.</p>
Habitat	<p><i>Schisandra chinensis</i> pousse en montagne entre 250 et 1700 mètres d'altitude dans les ravins et le long des cours d'eau.</p> <p>On trouve cette liane en Chine du Nord-Est, dans le nord du Japon, en Corée et en Russie Extrême-Orientale.</p>
Description botanique	<ul style="list-style-type: none">▪ Petit plante grimpante aromatique aux grappes de baies rouges récoltées en automne.▪ La schisandre est une liane arborescente caduque, sauvage à croissance lente pouvant atteindre 9 à 10 mètres de long. Elle s'enroule autour des arbres et peut atteindre leur sommet.▪ Les feuilles ovales, obovales ou elliptiques (de longueur de 5 à 10 cm et de largeur de 3 à 5 cm) sont à la base cuneiforme, à l'apex aigu, aux marges denticulées vers l'apex, au pétiole glabre et étroitement ailé.▪ Les fleurs unisexuées ont six à neuf tépales blancs à rosâtres, oblongs elliptiques, les mâles au torus cylindrique, avec 5 à 6 étamines connées, les femelles au gynécée subovoïde, avec 17 à 40 carpelles ovoïdes à ellipsoïdes.▪ Les fruits sont composés de carpelles rouges, subglobuleux à ovoïdes. Le fruit est récolté en automne.
Droge végétale	Baies séchées et broyées.
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none">▪ Lignanes : schisandrine, désoxyschizandrine, gomisine▪ Triterpènes▪ Vitamines C et E▪ Minéraux : Calcium, Magnésium, Potassium, Fer▪ Oligo-éléments : Germanium, Sélénium▪ Acides organiques (acides citriques, acides maliques)

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acides aminés ▪ Huiles essentielles contenant citral et limonène.
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résistance au stress ▪ Stimule le système nerveux et la mémoire ▪ Activité hépatoprotectrice (lignanes inhibent la peroxydation des lipides) et antioxydantes (stimule l'activité de la superoxyde dismutase) ▪ Effets anti-inflammatoire et antitumeur ▪ Augmente la capacité de travail physique ▪ Augmente l'endurance ▪ Améliore la vision nocturne et normalise la pression artérielle et le rythme cardiaque.
Pharmacopée française	Inscrite liste A des plantes médicinales
Monopole pharmaceutique	-
Contre-indications	Femmes enceintes et allaitantes.
Précaution d'emploi	Hypertension non traitée, glaucome, ulcère gastrique.
Interactions médicamenteuses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schisandra augmente les enzymes du foie (CYP3A4) qui dégradent plusieurs médicaments (warfarine, nifédipine, paclitaxel, etc) ▪ Schisandra augmente l'effet du tacrolimus.
Effets secondaires, toxicité	Rares cas de perte d'appétit, d'inconfort gastrique et d'éruptions cutanées.
Posologie	Prendre 250 mg, 1 à 3 fois par jour. Ne pas dépasser 1000 mg par jour.



Figure 33: baies de *Schisandra chinensis* (Sauro, 2016)

2.4.2. Expériences pharmacologiques

On a étudié un extrait aqueux de *Schisandra chinensis* (SCAE). On suppose qu'il possède des effets anti fatigue chez les athlètes. On prend 40 souris males, randomisées en 5 groupes :

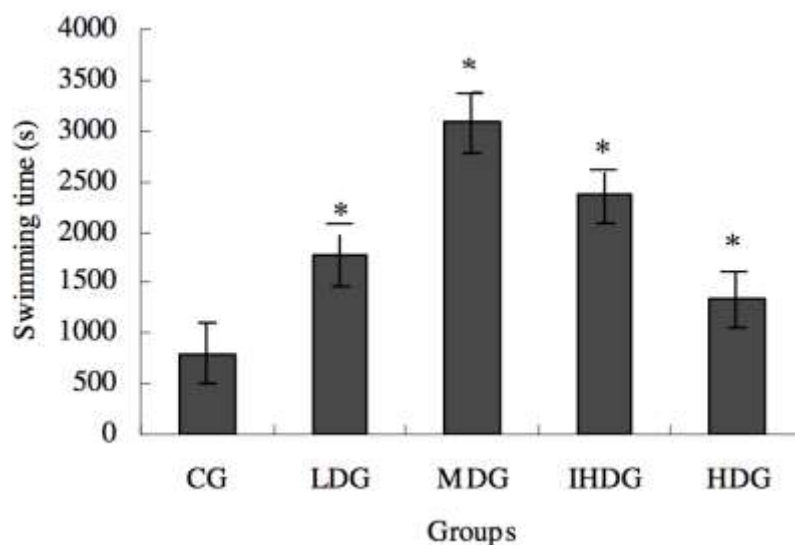
- CG : groupe contrôle reçoit de l'eau distillée
- LDG : groupe à bas dosage reçoit 15 mg/kg de SCAE
- MDG : groupe à moyen dosage reçoit 30 mg/kg de SCAE
- IHDG : groupe à dosage intermédiaire haut reçoit 50 mg/kg de SCAE
- HDG : groupe à haut dosage reçoit 80 mg/kg de SCAE.

Ces groupes reçoivent le traitement pendant 28 jours consécutifs.

On mesure le temps de nage, la concentration de lactates, la concentration d'azote uréique sanguin (BUN) et la concentration d'hémoglobine (Hb) après une épreuve de nage forcée. De plus, on mesure la toxicité aigüe.

Les études sur la toxicité aigüe ne révèlent aucune réaction toxique ni létale aux doses étudiées. On ne relève aucun symptôme de toxicité ni de changement notoire dans le comportement général des souris.

Tableau 26: effets d'un extrait aqueux de *Schisandra chinensis* (SCAE) sur le temps de nage des souris (Cao et al., 2009)



Le tableau 26 montre que le temps de nage des souris lors du test de nage d'endurance augmente progressivement par rapport au groupe contrôle. Le dosage de 30mg/kg de SCAE est le dosage où les souris effectuent le meilleur temps de nage. (Cao et al., 2009)

Rappelons que le lactate sanguin est le produit de la glycolyse des glucides sous des conditions anaérobiques et que la glycolyse est la principale source d'énergie pour les exercices intenses en un temps court (filiale anaérobie lactique). Donc le lactate sanguin est étroitement lié à l'intensité de la charge de travail. C'est donc un des indicateurs importants pour juger l'intensité de l'exercice ou le degré de fatigue.

En définitive, le lactate sanguin représente le degré de fatigue après un exercice et les conditions de récupération.

Tableau 27: Effets d'un extrait aqueux de *Schisandra chinensis* (SCAE) sur la concentration de lactates sanguins des souris (Cao et al., 2009)

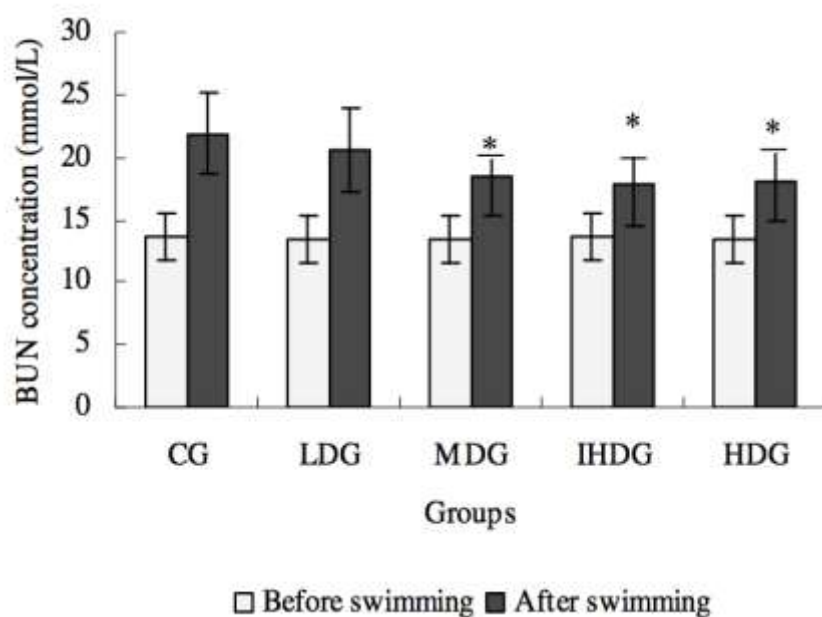
Group	Lactate (mmol/L)		Increase ratios (%)
	Before swimming	After swimming	
CG	4.37 ± 0.53	11.53 ± 1.38	164
LDG	4.48 ± 0.39	10.82 ± 1.26	142
MDG	4.15 ± 0.77	8.21 ± 1.41*	98
IHDG	4.26 ± 0.65	9.13 ± 1.64*	114
HDG	4.39 ± 0.42	9.67 ± 1.75*	120

Increase ratio = (a - b)/b. a, the blood lactate concentration of mice after swimming; b, the blood lactate concentration of mice before swimming; CG, Control group (mice treated with distilled water); LDG, Low-dose group (mice treated with 15 mg/kg SCAE); MDG, Medium-group (mice treated with 30 mg/kg SCAE); IHDG-Intermediate-high group (mice treated with 50 mg/kg SCAE); HDG, High-group (mice treated with 80 mg/kg SCAE); *p < 0.05 as compared with the control group.

D'après le tableau 27, on remarque qu'avant l'exercice de nage, il n'y a pas de différence de concentration de lactate sanguin entre le groupe contrôle et les autres groupes.

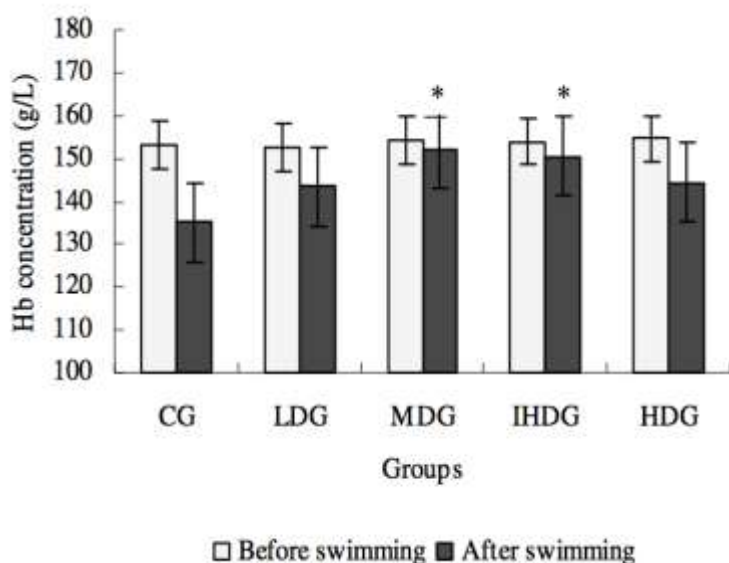
En revanche, après la nage, la concentration de lactate sanguin chez les groupes MDG, IHDG et HDG est nettement inférieure par rapport à la concentration dans le groupe contrôle. Ces groupes traités sont capables de retarder et diminuer la production de lactate sanguin après exercice. (Cao et al., 2009)

Tableau 28: Effets d'extraits aqueux de *Schisandra chinensis* sur la concentration d'azote uréique sanguine des souris (Cao et al., 2009)



Rappelons que l'azote uréique sanguine est le résultat du métabolisme des protéines et des acides aminés. L'urée est formée dans le foie et elle est transportée par le sang aux reins pour l'excrétion. L'urée est séparée du système sanguin par les reins, la concentration d'azote uréique sanguine peut être utilisée comme indicateur pour la fonction rénale. Cependant, il y a de nombreux facteurs autres que les maladies rénales qui peuvent provoquer des altérations de l'azote uréique sanguine. Ceci inclut la dégradation anormale des protéines, la déshydratation, le stress, la fatigue, etc. Il a été démontré que la valeur de l'azote uréique sanguine augmente significativement après exercice. Par conséquent, on considère que l'azote uréique sanguine est un important paramètre biochimique relatif à la fatigue. La valeur de l'azote uréique sanguine change avant et après la nage pour tous les groupes de souris. Grâce au tableau 28, on observe qu'avant l'exercice de nage, il n'y a pas de différence entre les groupes au niveau de la concentration d'azote uréique sanguine. Cependant, après la nage, la concentration en azote uréique sanguine des groupes MDG, IHDG et HDG est significativement plus basse que le groupe contrôle. Cela indique que l'extrait aqueux de *Schisandra chinensis* possède la capacité de diminuer ou retarder la formation d'azote uréique sanguine après exercice. (Cao et al., 2009)

Tableau 29: Effets d'extraits aqueux de *Schisandra chinensis* sur l'hémoglobine du sang des souris (Cao et al., 2009)



L'hémoglobine (Hb) est le principal composé de l'érythrocyte. Sa principale fonction est de servir comme transporteur pour les érythrocytes afin de véhiculer l'oxygène. L'Hb maintient également l'équilibre acido-basique de l'organisme. C'est pourquoi l'Hb peut directement affecter le métabolisme des substances et le métabolisme énergétique. Elle peut altérer les fonctions corporelles et les capacités d'exercice du corps humain, la charge d'exercice et la fatigue. L'Hb est un des indicateurs qui reflètent le degré de récupération de la fatigue après exercice et dans certaines conditions, un haut niveau d'Hb est utile pour améliorer la capacité d'exercice.

Dans le tableau 29, on observe que la différence dans la concentration d'Hb de chaque groupe avant la nage n'est pas significative. Cependant, la concentration d'Hb des groupes à dosage moyen (MDG) et à dosage intermédiaire haut (IHDG) est significativement augmentée par rapport au groupe contrôle après la nage. Ces résultats montrent que l'extrait aqueux de *Schisandra chinensis* peut affecter la concentration d'hémoglobine dans le sang des souris après un exercice de nage. (Cao et al., 2009)

En conclusion de cette étude, on peut dire que l'extrait aqueux de *Schisandra chinensis* a un effet anti fatigue physique sur les souris. Les souris ont la capacité de nager plus longtemps et leur concentration d'hémoglobine augmente. Leur lactate sanguin ainsi que leur concentration d'azote uréique sanguine augmentent mais en moindre mesure. Les études de toxicité ne montrent aucune réaction toxique.

Cependant il serait nécessaire d'effectuer des études complémentaires pour clarifier le mécanisme d'action des effets anti fatigue athlétiques de *Schisandra chinensis*. (Cao et al., 2009)

La physiologie de l'effort sportif de la souris étant différente de celle de l'Homme, nous ne pouvons pas prédire les effets positifs sur l'amélioration des performances chez l'humain. Transporter cette étude chez l'Homme nous éclairerait beaucoup sur les possibles propriétés ergogènes de *Schisandra chinensis*.

2.5. Ashwagandha

2.5.1. Résumé des caractéristiques de la plante

Tableau 30 : Description d'ashwagandha

Ashwagandha	
Autres dénominations	Ginseng indien
Nom latin	<i>Withania somnifera</i>
Famille	Solanaceae
Histoire et origine	Utilisée depuis plus de 3000 ans par la médecine Ayurvédique. Cette plante redonnerait la force et la vitalité du cheval (Ashwagandha signifie « odeur de cheval »).
Habitat	Indigène de l'Inde, elle pousse également dans certains pays d'Asie (Chine, Sri Lanka, Pakistan) et en Afrique du sud.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbuste robuste, dressé, semi-ligneux à rameaux flexueux. ▪ Feuilles ovales, sub-aiguës et hispides (couverts de poils rudes) sur leur face inférieure. ▪ Fleurs groupées par 3 ou par 6 en petits glomérules axillaires. ▪ Calice à 5 dents, accrescent après la floraison, qui persiste autour du fruit sous la forme de languettes. ▪ Le fruit est une petite baie rouge, brillante et pisiforme.
Drogue végétale	Racines et baies
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lactones à structures stéroïdiennes (withanolides dont withaférine) (figure 34) ▪ Alcaloïdes (withasomnine, cuscohygrine, solasodine) ▪ Phytostérols, flavonoïdes ▪ Huile grasse, huile essentielle, Fer.
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Effets anaboliques ▪ Ralentie le processus de vieillissement ▪ Tonique, immunostimulante, sédative, hypnotique, anxiolytique, hypotensive, anti-inflammatoire, antirhumatismale, analgésique ▪ Améliore la force musculaire et l'endurance cardiorespiratoire ▪ Stimule la fonction respiratoire, relaxe les muscles lisses, stimule l'activité de la thyroïde ▪ Diminue le taux de cortisol et augmente la testostérone ▪ Les withanolides diminueraient l'hypertrophie surrénale due au stress. Indiquée dans la phase de résistance.
Pharmacopée française	Inscrite sur la liste B des plantes médicinales de la Pharmacopée française.

Monopole pharmaceutique	Appartient au monopole pharmaceutique.
Contre-indications	Femmes enceintes, allaitantes et enfants. Hyperthyroïdie, hyperchromatose.
Précaution d'emploi	Effets hypnotiques donc à employer le soir.
Interactions médicamenteuses	Antidiabétiques, benzodiazépines, digoxine, traitement thyroïdien.
Toxicité	Troubles intestinaux
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Racine sèche et standardisée en withanolides (concentrations entre 1,5% et 7,7%) : 3 gélules taille 00 de racines titrées à 1,5% de withanolides par jour. ▪ Teinture mère de la racine sèche (1:5 – alcool à 50°) : 40 gouttes 3 fois par jour. ▪ En tisane ou en décoction : 3 à 6 grammes de racines séchées à faire bouillir dans 1 litre d'eau pendant 10 minutes. Ingérer maximum 2 tasses par jour. <p>Alternier un mois de traitement avec une semaine de pause.</p>
Mécanismes d'action	Réduirait l'augmentation de l'azote uréique sanguine, de l'acide lactique, de la corticostérone en réponse au stress. Réduirait également la tendance des récepteurs à dopamine du cerveau d'être activés sous le stress.

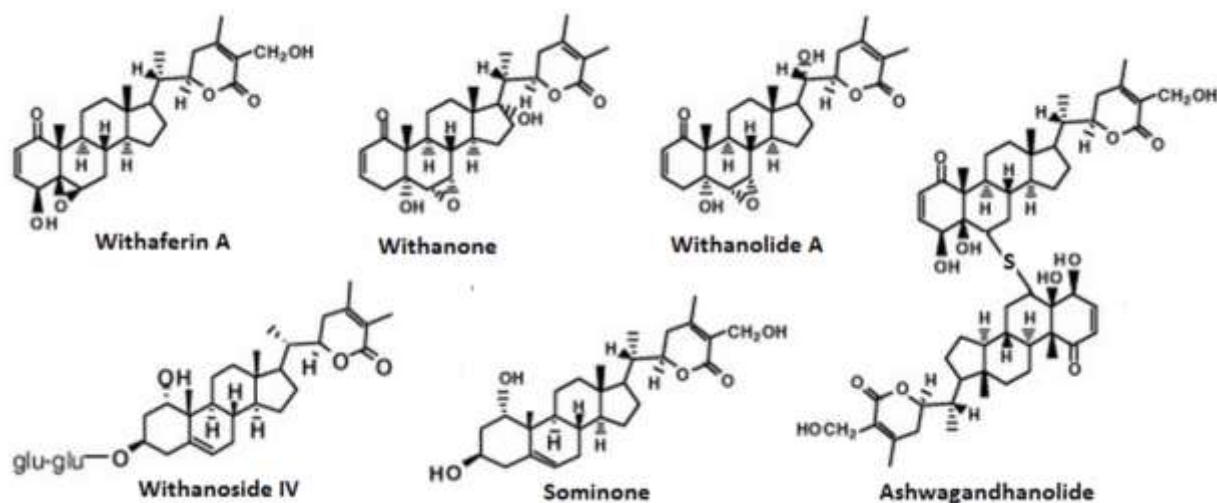


Figure 34 : structures chimiques des composés d'ashwagandha ("Examine", 2016)



Figure 35: baie d'ashwagandha (Sarich, 2013)

2.5.2. Expériences pharmacologiques

2.5.2.1. Contexte, matériel et méthode de l'étude

Détaillons l'étude de Wankhede et al nommée « Expérimentation des effets de la supplémentation de *Withania somnifera* sur la force musculaire et sur la récupération : un essai randomisé contrôlé ».

Pendant 8 semaines, une étude clinique randomisée, prospective, en double aveugle avec contrôle placebo fut réalisée. 57 hommes âgés de 18 à 50 ans participent à l'étude. Ils n'ont qu'une très faible expérience à l'entraînement de résistance. Deux groupes ont été formés par randomisation, un groupe traité de 29 personnes et un groupe placebo de 28 personnes. Les sujets traités reçoivent 300 mg d'extrait de racine d'ashwagandha 2 fois par jour pendant que le groupe contrôle consomme un placebo à base d'amidon. Les 2 groupes ont subi des entraînements de résistance pendant 8 semaines et les mesures ont été effectuées à la fin de la 8ème semaine.

On a mesuré la force musculaire, la taille des muscles, la composition corporelle, le niveau de testostérone dans le sérum et la récupération musculaire.

La force musculaire a été évaluée en utilisant un banc de presse et des exercices d'extensions de jambes (sauts). La récupération musculaire a été évaluée en mesurant le niveau de créatine kinase dans le sérum, rappelons que c'est un marqueur des lésions musculaires dues aux exercices. Lorsque les muscles sont endommagés, les filaments musculaires sont abimés et se nécrosent. La protéine créatine kinase migre des tissus musculaires à la circulation sanguine. Le corps répare les dommages en une dizaine de jours et le taux de créatine kinase revient à la normale.

L'ashwagandha augmenterait le taux de testostérone ce qui conduirait à une augmentation de la masse musculaire. L'ashwagandha diminuerait également le niveau de cortisol qui est un agent catabolique qui réduit la masse musculaire. En terme de production d'énergie, l'ashwagandha aurait un effet bénéfique sur le niveau d'énergie des mitochondries et leur fonctionnement. Il réduirait l'activité des enzymes Mg^{2+} dépendant ATPase responsable de la rupture d'ATP. L'ashwagandha pourrait également augmenter le niveau de créatine, conduisant à la formation d'ATP. (Wankhede et al., 2015)

2.5.2.2. Résultats

Les tableaux 31, 32, 33, 34 et 35 ainsi que les figures 36 et 37 comparent les groupes traités et les groupes placebo à leur niveau de base, au début de l'étude et à la fin des 8 semaines d'études pour les 5 facteurs suivants : le niveau de testostérone (ng/dL), la force musculaire sur le banc de presse (kg), la taille des muscles au niveau des cuisses (cm²), la taille des muscles au niveau des bras (cm²), la taille du muscle au niveau de la poitrine (cm), le pourcentage de masse grasse et la récupération musculaire par le changement du niveau de créatine kinase (U/L).

Tableau 31: évaluation de la force musculaire (Wankhede et al., 2015)

		Treatment group	Placebo group	Between group comparison
		Mean (SD)	Mean (SD)	(p-values)
	Sample size (n)	n = 25	n = 25	
Bench Press 1RM (Kg)	Pre intervention	33.21 (8.50)	31.35 (7.97)	0.44
	Post intervention	79.26 (25.90)	57.77 (16.48)	0.001
	Change	46.05 (23.00); 95 % CI: 36.56, 55.54**	26.42 (16.72); 95 % CI: 19.52, 33.32**	0.001
Leg Extension 1RM (Kg)	Pre intervention	27.89 (4.24)	25.22 (7.03)	0.11
	Post intervention	42.38 (10.80)**	34.98 (10.54)**	0.02
	Change	14.50 (9.04); 95 % CI: 10.76, 18.23**	9.77 (6.27); 95 % CI: 7.18, 12.35**	0.04

** = $p < 0.001$ within group comparison

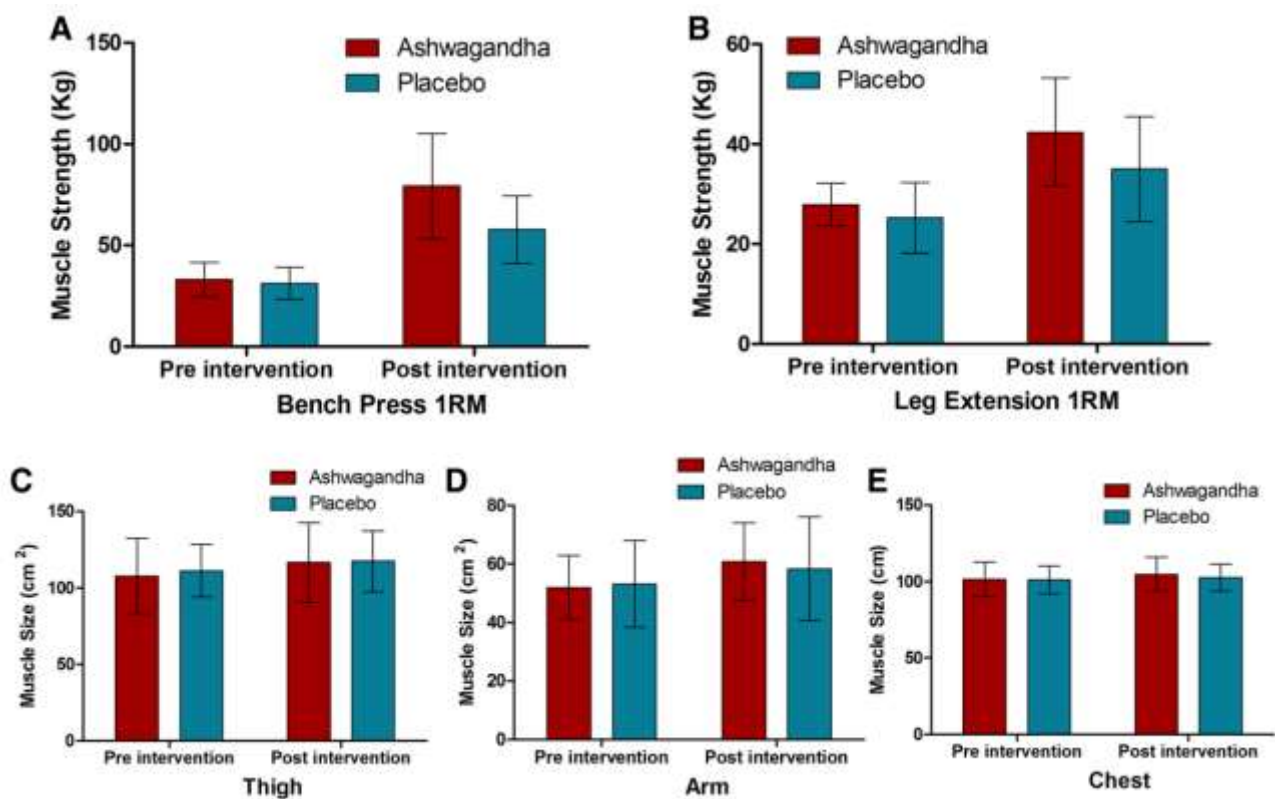


Figure 36: effets d'ashwagandha sur la force musculaire et sur la taille du muscle (Wankhede et al., 2015)

Force musculaire :

Il y a une augmentation significative dans la force musculaire et dans la taille des muscles dans le groupe traité et dans le groupe placebo pour le haut et le bas du corps. Ceci n'est pas surprenant car les deux groupes sont engagés dans l'entraînement de résistance. Est-ce que l'adaptation est meilleure sous supplémentation d'ashwagandha ? Le tableau 31 et la figure 36 montrent que l'augmentation de la force musculaire est significativement meilleure dans le groupe traité plutôt que dans le groupe placebo pour le haut du corps (placebo: 26.42 kg, 95 % CI, 19.52, 33.32 vs. Ashwagandha: 46.05 kg, 95 % CI 36.56, 55.54; $p = 0.001$) et pour le bas du corps (placebo: 9.77 kg, 95 % CI, 7.18, 12.35 vs. Ashwagandha: 14.50 kg, 95 % CI 10.76, 18.23; $p = 0.04$).

Tableau 32: évaluation de la taille du muscle (Wankhede et al., 2015)

		Treatment group mean (SD)	Placebo group mean (SD)	Between group comparison (p-values)
	Sample size (n)	n = 25	n = 25	
Thigh (cm ²)	Pre intervention	107.84 (24.61)	111.18 (17.15)	0.58
	Post intervention	116.56 (26.04)	117.40 (19.96)	0.9
	Change	8.71 (10.06); 95 % CI: 4.56, 12.87**	6.22 (8.76); 95 % CI: 2.61, 9.84*	0.36
Arm (cm ²)	Pre intervention	51.96 (10.88)	53.13 (14.84)	0.75
	Post intervention	60.85 (13.23)	58.43 (17.66)	0.59
	Change	8.89 (4.71); 95 % CI: 6.95, 10.84**	5.30 (4.74); 95 % CI: 3.34, 7.25**	0.01
Chest (cm)	Pre intervention	101.40 (11.22)	101.16 (8.93)	0.93
	Post intervention	104.77 (11.09)	102.58 (8.76)	0.44
	Change	3.37 (1.89); 95 % CI: 2.59, 4.15**	1.43 (1.45); 95 % CI: 0.83, 2.02**	0.0002

* = $p < 0.01$; ** = $p < 0.001$ within group comparison

- Taille des muscles :

Le tableau 32 et la figure 36 illustrent la taille des muscles.

L'augmentation est significativement meilleure dans le groupe traité par rapport au groupe placebo concernant les bras. (placebo: 5.30 cm², 95 % CI, 3.34, 7.25 vs. Ashwagandha: 8.89 cm², 95 % CI, 6.95, 10.84; $p = 0.01$) et poitrine (placebo: 1.43 cm, 95 % CI, 0.83, 2.02 vs. Ashwagandha: 3.37 cm, 95 % CI, 2.59, 4.15; $p < 0.001$) mais pas au niveau des cuisses (placebo: 6.22 cm², 95 % CI, 2.61, 9.84 vs. Ashwagandha: 8.71 cm², 95 % CI, 4.56, 12.87; $p = 0.36$).

Tableau 33: pourcentage de masse grasse(Wankhede et al., 2015)

	Treatment group	Placebo	Between group comparison
	Mean (SD)	Group mean (SD)	(p -values)
Sample size (n)	$n = 25$	$n = 25$	
Pre intervention	21.60 (3.91)	22.01 (3.37)	0.7
Post intervention	18.13 (3.13)**	20.48 (1.85)*	0.003
Change	-3.47 (3.58); 95 % CI: -4.95, -1.99**	-1.52 (2.58); 95 % CI: -2.59, -0.46*	0.03

* = $p < 0.01$; ** = $p < 0.001$ within group comparison

- Pourcentage de masse grasse :

Le pourcentage de masse grasse (représenté sur le tableau 33) diminue dans les 2 groupes après les 8 semaines d'étude. Cependant, la diminution est meilleure parmi les sujets traités par rapport au groupe placebo (placebo: 1.52 %, 95 % CI, 0.46, 2.59, vs. Ashwagandha: 3.47 %, 95 % CI, 1.99, 4.95; $p = 0.03$).

Tableau 34: niveau de testostérone dans le sérum (ng/dL) (Wankhede et al., 2015)

	Treatment group	Placebo group	Between group comparison
	Mean (SD)	Mean (SD)	(p -values)
Sample size (n)	$n = 25$	$n = 25$	
Pre intervention	630.45 (231.88)	675.12 (157.02)	0.43
Post intervention	726.64 (171.55)**	693.12 (115.04)	0.42
Change	96.19 (100.14); 95 % CI: 54.86, 137.53**	18.00 (81.94); 95 % CI: -15.83, 51.82	0.004

** = $p < 0.001$ within group comparison

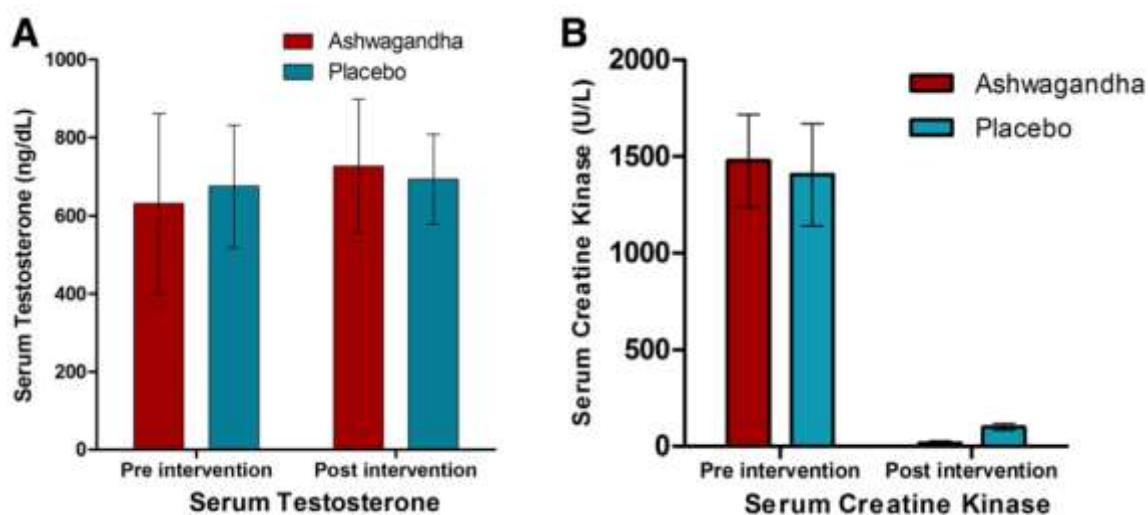


Figure 37: effets du traitement d'ashwagandha sur la testostérone et sur la créatine kinase (Wankhede et al., 2015)

▪ Taux de testostérone dans le sérum :

Après les 8 semaines, on observe une augmentation significative du niveau de testostérone dans le groupe traité par rapport au groupe placebo (tableau 34 et figure 37). L'augmentation du niveau de testostérone était meilleure avec le groupe supplémenté qu'avec le groupe placebo. (placebo: 18.00 ng/dL, 95 % CI, -15.83, 51.82 vs. Ashwagandha: 96.19 ng/dL, 95 % CI, 54.86, 137.53; $p = 0.004$). Bien que le niveau moyen de testostérone dans le sérum après l'exercice était plus haut dans le groupe traité par ashwagandha plutôt que dans le groupe placebo (726 ng/dL contre 693 ng/dL), ces chiffres ne sont pas détectables comme étant statistiquement une différence significative (probablement car les écarts entre les sujets sont hauts).

Tableau 35: récupération musculaire: augmentation de la créatine kinase dans le sérum de 24h à 48h après la fin de l'exercice (U/L) (Wankhede et al., 2015)

	Treatment group Mean (SD)	Placebo group Mean (SD)	Between group comparison (p-values)
Sample size (n)	n = 25	n = 25	
Pre intervention	1478.88 (239.60)	1406.52 (264.45)	0.31
Post intervention	16.20 (9.47)**	99.04 (16.77)**	<0.0001
Change	-1462.68 (233.57); 95 % CI: -1559.09,-1366.27**	-1307.48 (253.54); 95 % CI: -1412.14, -1202.82**	0.03

** = $p < 0.001$ within group comparison

▪ Récupération musculaire :

Rappelons que le niveau de récupération des exercices induisant des dommages musculaires est évalué à travers l'augmentation du niveau de créatine kinase de 24 à 48 heures après la fin de la session d'entraînement de résistance. Une augmentation minime de cette protéine du muscle dans la circulation sanguine correspond à une plus rapide réparation du tissu musculaire ce qui conduit à un meilleur rétablissement. Le tableau 35 et la figure 37 montrent comment ces mesures varient à travers les groupes et au fil du temps. Il est important de garder à l'esprit que des plus petits nombres sont à interpréter comme attestant d'une meilleure récupération. Ce qui est remarquable, c'est que la récupération était meilleure après 8 semaines d'entraînement de résistance dans les 2 groupes

(groupe traité et groupe placebo). Ceci probablement car les tissus musculaires se sont habitués au régime d'entraînement et ont développé une meilleure intégrité pour résister aux lésions. En comparant le groupe traité par ashwagandha et le groupe placebo, les résultats montrent que la récupération est considérablement plus haute dans le groupe traité que dans le groupe placebo (placebo: 1307.48 U/L, 95 % CI, -1202.82, 1412.14 vs. Ashwagandha: 1462.68 U/L, 95 % CI, 1366.27, 1559.09; $p = 0.03$).

2.5.2.3. Discussion

Ceci est la première recherche qui montre que l'ashwagandha est un adjuvant dans les programmes d'entraînement de résistance. Par les sujets engagés dans les entraînements, dans le groupe traité et dans le groupe placebo, nous attendions une amélioration dans les paramètres relatifs aux muscles et nous l'avons observée. Ces constatations sont compatibles avec les nombreuses études qui ont mesuré les adaptations aux programmes d'entraînement de force en l'absence de n'importe quel supplément. La principale question que nous cherchions à examiner dans cette recherche est relatif à comment la supplémentation en ashwagandha pouvait amplifier ces adaptations.

Les adaptations se sont révélées être significativement meilleures, à un seuil de p de 0.05, avec la supplémentation en ashwagandha que sous le placebo pour tous les paramètres suivants : la force musculaire, la taille des muscles, le pourcentage de masse grasse du corps, la testostérone et la récupération musculaire. La taille des muscles de la cuisse ne fut pas augmentée avec la supplémentation, toutefois ces effets furent négligeables. L'augmentation de la récupération des lésions musculaires avec l'ashwagandha peut permettre au sportif d'augmenter son volume d'entraînement et potentiellement atteindre un meilleur bénéfice. Nos résultats sont en adéquation avec les propriétés attribuées à l'ashwagandha démontrant les bénéfices dans la force musculaire, la composition corporelle et l'augmentation du taux de testostérone. L'extrait d'ashwagandha fut très bien toléré à la dose étudiée sans effet secondaire rapporté.

2.5.2.4. Conclusion

Cette étude confirme les données concernant les propriétés adaptogènes de l'ashwagandha et suggère que cette plante peut être un complément très précieux dans l'entraînement en force musculaire. Cependant cette étude a ses limites qui nous conduisent à interpréter ces données avec précautions. En effet les sujets choisis sont non entraînés et plutôt jeunes, l'échantillon de 50 personnes n'est pas assez grand et la période étudiée est seulement de 8 semaines. Les recherches étudiant les possibles effets bénéfiques d'ashwagandha ont besoin d'être conduites sur une plus grande période et sur une population plus variée incluant des femmes et des hommes et femmes plus âgés. (Wankhede et al., 2015)

2.6. Maca

2.6.1. Résumé des caractéristiques de la plante

Tableau 36 : Description du maca

Maca	
Autres dénominations	Ginseng péruvien
Nom latin	<i>Lepidium peruvianum</i> ou <i>Lepidium meyenii</i>
Famille	Brassicaceae
Histoire et origine	<ul style="list-style-type: none">▪ Le <i>maca</i> est cultivé dans les Andes depuis 1600 avant Jésus Christ, soit bien avant les Incas. La plante était cultivée à l'origine pour ses valeurs nutritionnelles. Elle permettait de combattre faim et fatigue, fléaux communs dans ces régions isolées et froides. Elle était consommée fraîche ou séchée.▪ Elle fut ensuite utilisée en phytothérapie par la médecine traditionnelle péruvienne. Elle était consommée par les soldats de l'empire Inca avant les combats ou les longues marches pour augmenter leur force. Les paysans quant à eux, l'employaient pour résister au froid.▪ Les conquistadors espagnols découvrirent le maca en arrivant sur les terres péruviennes. Les Incas leur recommandèrent de donner du maca aux animaux d'élevage qui avaient des difficultés à se reproduire. Débute alors l'extension de la culture du maca dans toute l'Amérique du Sud.▪ Le mot <i>maca</i> émanerait de l'association de deux mots Inca : "MA" signifiant "d'origine haute montagne" et "CA" qui signifie "<i>bon aliment qui fortifie</i>". Donc le maca est textuellement, « un aliment qui fortifie et qui se trouve en haute montagne ».
Habitat	<ul style="list-style-type: none">▪ Cordillère des Andes (Pérou) entre 3500 et 4500 mètres d'altitude.▪ Altitude, soleil et chaleur la journée, froid et gel la nuit, vents violents, terres acides et fortement minéralisées, le maca est une des rares plantes capable de survivre dans de telles conditions.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none">▪ La partie aérienne de la plante est infime : les feuilles en rosette, poussent au ras du sol.▪ Les fleurs de couleur crème, passent pratiquement inaperçues.▪ Sa racine pivotante, se gonfle pendant la croissance jusqu'à devenir charnue et en forme de poire. Elle subit une "tubérisation", elle se transforme donc en "tubercule" qui sert d'organe de réserves, permettant la survie de la plante, ainsi que sa multiplication.

Drogue végétale	Le tubercule, soit la racine qui s'est transformée en organe de réserves durant la période de croissance de la plante.
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acides aminés (dont tous les acides aminés essentiels) : la lysine, l'acide glutamique, la méthionine, l'arginine, l'acide aspartique, la leucine, la valine, la glycine, l'histidine, etc. Les protéines sont ainsi représentées à hauteur de 11 %. ▪ Acides gras essentiels : linoléiques, palmitiques et oléiques, oméga 3 et oméga 6. ▪ Différentes variétés de stérols : stigmasterol, sitosterol, etc. ▪ Alcaloïdes imidazoliques (lepidiline A, B et C), macaridine, dérivés de la méthyltétrahydrocarboline. ▪ Glucosinolates : responsables des effets du maca sur la stérilité. ▪ Isothiocyanate de methoxybenzyl : responsable des propriétés aphrodisiaques. ▪ Minéraux : Magnésium, Sodium, Potassium, Calcium, Soufre, Phosphore, Fer, Zinc, Chlore, Cuivre, Silice, Aluminium, etc. ▪ Saponines. ▪ Vitamines B1, B2, B5, B12, C, et E. ▪ Fibres. ▪ Tanins. ▪ Anthocyanes. ▪ Flavonoïdes. ▪ Carotènes.
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anabolisants ▪ Recalcifiant pour les os ▪ Tonifiants et énergisants global ▪ Aphrodisiaques, stimulant le désir et la libido.
Pharmacopée française	Non inscrite
Monopole pharmaceutique	Pas de monopole pharmaceutique
Contre-indications	Femmes enceintes et allaitantes.
Précaution d'emploi	Les femmes souffrant d'un cancer hormono-dépendant (cancers de l'utérus, des ovaires et du sein) doivent éviter la consommation du maca car ce dernier pourrait mimer les effets des oestrogènes.
Interactions médicamenteuses	Pas d'interaction connue à ce jour
Toxicité	Déconseillé chez les personnes avec hypertension artérielle. Certains alcaloïdes sont toxiques pour le système nerveux. Le maca serait toxique chez l'animal, notamment si la plante n'est pas cuite.

Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Séché et réduit en poudre → extrait solide de maca (4:1) ▪ Extraits liquides <p>500 mg à 1 gramme de maca trois fois par jour, soit 3 cuillères à café de poudre de maca par jour.</p> <p>Il est possible de monter la posologie à 4 grammes par jour, toutefois il est recommandé de ne pas dépasser 6 grammes de poudre de maca quotidiennement.</p> <p>Il est conseillé d'augmenter la consommation de maca au fur et à mesure pour arriver au dosage souhaité.</p>
-----------	---



Figure 38: tubercules de maca (Pedrolima, 2014)

2 . 6 . 2 . Exp é r i e n c e p h a r m a c o l o g i q u e 1

2 . 6 . 2 . 1 . R a p p e l s d e l ' é t u d e s u r l a f a t i g u e d e s s p o r t i f s

Les capacités de l'organisme des athlètes sont affectées par le niveau d'entraînement, les conditions physiques, l'environnement sportif, le régime nutritionnel, l'état mental et d'autres nombreux facteurs. L'exercice régulier et l'activité physique peuvent aider la circulation sanguine et renforcer la condition physique. Inversement l'exercice prolongé ou la surcharge de travail physique peut devenir un facteur limitant. La fatigue induite par l'exercice est due aux stress physiques et mentaux sur une longue période. Le corps n'a pas assez de repos et de temps d'adaptation occasionnant nervosité de l'organisme, dérégulations des systèmes immunitaires et endocriniens ainsi que des dysfonctionnements d'autres systèmes.

Après une forte intensité et une grande quantité d'entraînements, les athlètes ont souvent des degrés différents de réponses de surentraînements, incluant une diminution de leur capacité d'exercice, une perte d'appétit, des troubles du sommeil, des fatigues à l'entraînement, une faible excitabilité, une fatigue générale, de la dépression et d'autres symptômes. Considérant la situation, une diminution de la capacité d'exercice provoquée par le muscle devant entretenir un bon état des systoles et diastoles est le facteur principal de la fatigue sportive. Les

nombreux organes à maintenir dans un état convenable et les dysfonctionnements des multiples systèmes sont l'essence de la fatigue sportive. (Miao, 2015)

2.6.2.2. Contexte, matériel et méthode de l'étude

Dans l'étude « La recherche de l'impact des polypeptides de Maca sur la fatigue sportive » de Hua Miao, on sélectionne 40 souris mâles puis on les divise en 4 groupes randomisées A, B, C et D.

Le groupe A reçoit 5g/L de maca.

Le groupe B reçoit 10g/L de maca.

Le groupe C reçoit 20g/L de maca.

Le groupe D est le groupe contrôle.

Après deux semaines de supplémentation en maca des souris soumises à des exercices de nages, on évalue les paramètres physiologiques suivants :

- Le glucose sanguin et le glycogène stocké dans le foie ou le tissu musculaire. Ceux-ci constituent l'énergie nécessaire lors de l'exercice physique.
- L'urée sanguine. C'est le produit final du catabolisme des acides aminés. La filtration de l'urée est soumise à l'action de l'hormone anti diurétique. La fatigue sportive peut causer une élévation de l'urée sanguine, probablement due au stress et à l'augmentation du cortisol, les acides aminés des muscles diminuent et on observe une augmentation de la dégradation des protéines dans les muscles.
- La créatinine (CR) est un indicateur commun pour comprendre la fonction rénale. La plupart de la créatinine est filtrée par les glomérules via la première urine et la créatinine ne subit pas de réabsorption tubulaire. La créatinine du sérum augmente, supposant qu'il y a une insuffisance rénale sévère. La créatinine est un indicateur souvent combiné avec l'urée pour analyser en clinique l'insuffisance rénale. (Miao, 2015)

2.6.2.3. Résultats

Tableau 37: valeur du glucose sanguin chez les souris après le test sportif (Miao, 2015)

The group	Number	Blood glucose (mmol/L)
A	10	6.78±0.46
B	10	7.92±0.42
C	10	9.05±0.57
D	10	5.41±0.60

Dans le tableau 37, on remarque que les valeurs du glucose sanguin après le test augmentent lorsqu'on augmente la quantité de maca administrée aux souris. (Miao, 2015)

Tableau 38: valeurs de l'urée sanguine (BUN) après le test chez les souris (Miao, 2015)

The group	Number	BUN (mmol/L)
A	10	11.89±1.02
B	10	13.04±1.25
C	10	14.13±1.24
D	10	10.26±1.56

D'après le tableau 38, on remarque que les valeurs de l'urée sanguine après le test augmentent lorsqu'on augmente la quantité de maca administrée aux souris. Donc plus on augmente la quantité de maca et plus la quantité d'urée sanguine augmente. (Miao, 2015) Ceci ne correspond pas à nos attentes...

Tableau 39: valeurs de la créatinine dans le sang des souris après exercice (Miao, 2015)

The group	Number	CR (umol/L)
A	10	48.55±3.25
B	10	49.28±2.48
C	10	51.49±3.22
D	10	46.84±2.71

Dans le tableau 39, on remarque que plus on administre de maca aux souris et plus leurs taux de créatinine augmentent après exercice. Donc le maca augmenterait la quantité de créatinine dans le sang des souris. (Miao, 2015) Ce phénomène ne correspond pas à nos attentes ...

2 . 6 . 2 . 4 . C o n c l u s i o n

En conclusion de nos résultats, le maca n'augmenterait pas la résistance à la fatigue provoquée par l'exercice physique. (Miao, 2015)

2 . 6 . 3 . E x p é r i e n c e p h a r m a c o l o g i q u e 2

Analysons l'étude de Stone et al intitulée « Etude pilote des effets de la supplémentation de maca sur l'activité physique et sur le désir sexuel des sportifs ».

2 . 6 . 3 . 1 . C o n t e x t e , m a t é r i e l e t m é t h o d e d e l ' é t u d e

8 cyclistes masculins d'environ 30 ans et entraînés, ont été recrutés dans leur club de sport pour un essai croisé randomisé. Les sujets ont été traités sur 2 périodes de 2 semaines de supplémentation avec 2000 mg d'extrait de maca par jour ou avec un placebo. Les sujets doivent effectuer un contre la montre à vélo en salle au début et à la fin de chaque période de supplémentation. On enregistre le temps réalisé, la fréquence cardiaque (HR), l'échelle de perception de l'effort (RPE) tous les 5 kilomètres.

- Q1. During the last month, how often would you have liked to engage in sexual activity with a partner?
- Q2. During the last month, how often have you had sexual thoughts involving a partner?
- Q3. When you have sexual thoughts, how strong is your desire to engage in sexual behaviour with a partner?
- Q4. When you first seen an attractive person, how strong is your sexual desire?
- Q5. When you spend time with an attractive person, how strong is your sexual desire?
- Q6. When you are in romantic situation, how strong is your sexual desire?
- Q7. How strong is your desire to engage in sexual activity with a partner?
- Q8. How important is it for you to fulfil your sexual desire through activity with a partner?
- Q9. Compared to other people of your age and sex, how would you rate your desire to behave sexually with a partner?
- Q10. During the last month, how often would you have liked to behave sexually by yourself?
- Q11. How strong in your desire to engage in sexual behaviour by yourself?
- Q12. How important is it for you to fulfil your desires to behave sexually by yourself?
- Q13. Compared to other people of your age or sex, how would you rate your desire to behave by yourself?

Figure 39: question SDI de Spector et al (Spector et al., 1996)

Immédiatement avant le contre la montre, les sujets doivent compléter le questionnaire SDI (Sexual Desire Inventory) (Spector et al., 1996) et le retourner complété dans une enveloppe scellée à l'investigateur de l'étude.

Le questionnaire SDI comporte 14 items, il a été réalisé afin de mesurer 2 aspects du désir sexuel ; dyadique (questions 1 à 9 figure 39) et solitaire (questions 10 à 13 figure 39).

2.6.3.2. Résultats

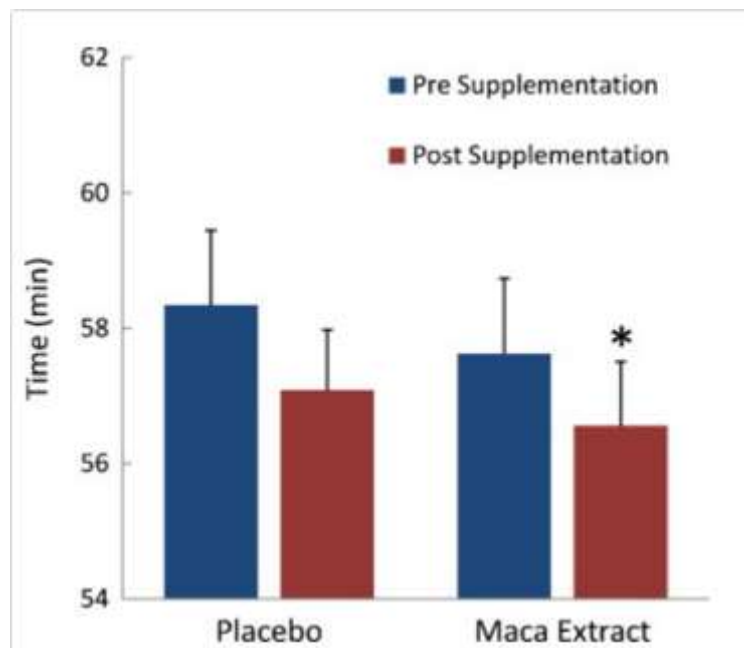


Figure 40: temps réalisés au contre la montre de 40 km chez les 8 cyclistes avant et après la prise de maca ou de placebo (Stone et al., 2009)

On remarque dans la figure 40 que les cyclistes ayant pris la supplémentation de maca ont réalisé un meilleur temps au contre la montre après la supplémentation que lorsqu'ils n'avaient pas encore pris la supplémentation de maca (57,62 +/- 3,14 min vs 56,56 +/- 2,68 min; $P = 0,01$).

En revanche, il n'y a pas eu d'amélioration significative chez les cyclistes avant et après la prise du placebo (58,34 +/- 3,12 min vs 57,08 +/- 2,53 min $P = 0,16$).

Et il n'y a pas de différence significative entre les temps pour effectuer les 40 kilomètres de vélo après les supplémentations de placebo et d'extrait de maca ($P = 0,49$).

De plus, il n'y a pas d'effet positif sur la fréquence cardiaque et l'échelle de perception de l'effort.

On peut conclure que l'extrait de maca améliore partiellement la performance sportive. (Stone et al., 2009)

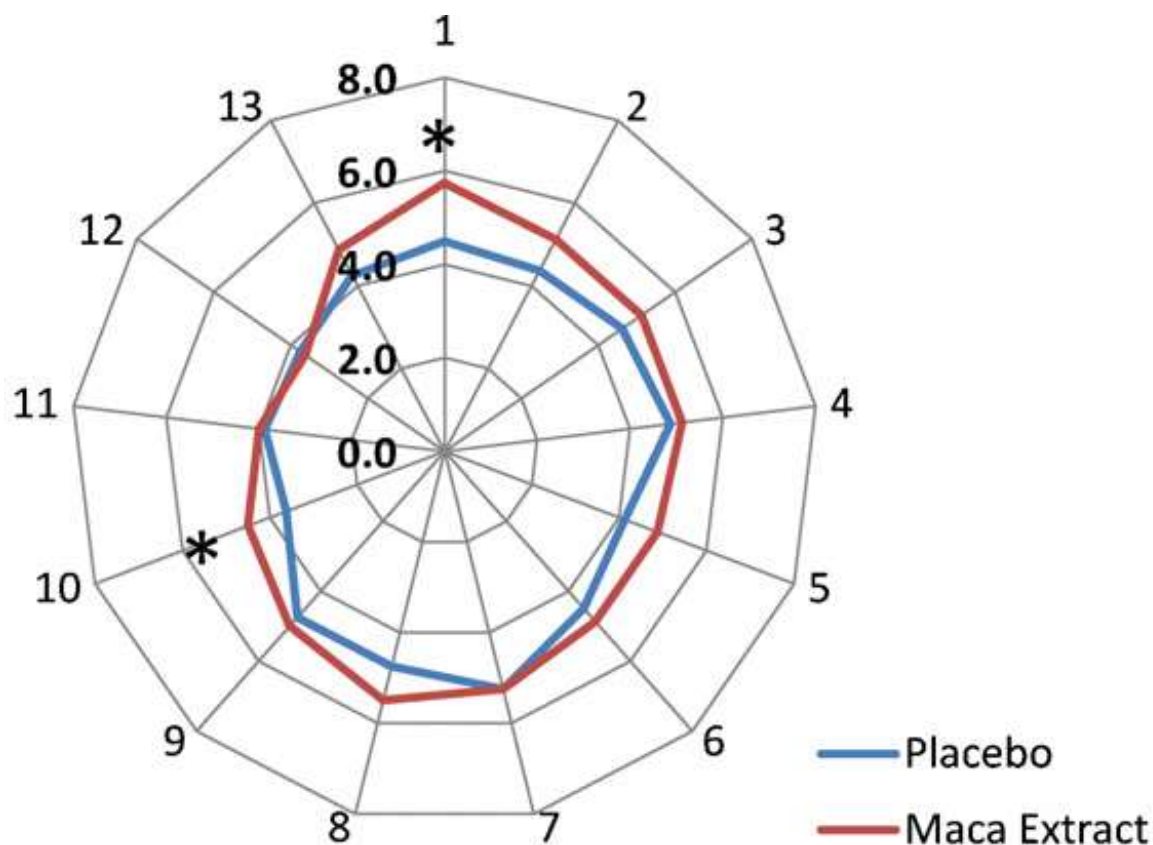


Figure 41: scores du désir sexuel issu des 13 questions après 14 jours de supplémentation d'extrait de maca et placebo chez 8 cyclistes entraînés (Stone et al., 2009)

D'après la figure 41, on remarque que le désir sexuel en général augmente chez les cyclistes après la supplémentation en maca par rapport aux cyclistes recevant le placebo.

2.6.3.3. Conclusion

En résumé, 14 jours de supplémentation en extrait de maca améliore de façon significative le temps pour effectuer l'essai de 40 km à vélo et augmente les données relatives au désir sexuel chez les cyclistes entraînés. Il serait intéressant que les prochaines études approfondissent le mécanisme d'action de l'extrait de maca sur la physiologie des cyclistes à l'exercice.

2.7. Astragale

2.7.1. Résumé des caractéristiques de la plante

Tableau 40 : Description de l'astragale

Astragale	
Autres dénominations	-
Nom latin	<i>Astragalus membranaceus</i>
Famille	Fabaceae
Histoire et origine	Il y a plus de 4800 ans, l'astragale était cité dans le "Shen Nong Ben Eao Jing", le Classique de la Matière Médicale du Laboureur Céleste. Ceci est le plus ancien ouvrage chinois détaillant les drogues végétales, animales et minérales. L'astragale ("Huang qi" en chinois) y est reconnu comme un tonique supérieur.
Habitat	Rivages, estuaires et forêts de pins en Asie.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none">▪ Plante vivace présentant une tige poilue, elle atteint une hauteur d'environ 40 cm.▪ Ses feuilles pennées sont formées de 12 à 18 paires de folioles.▪ Les fleurs de l'astragale sont de couleur jaune et constituent des grappes.
Droge végétale	Racine
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none">▪ Saponines (astragalsaponine I, II, III et daucostérol)▪ Polysaccharides d'astragale et l'astragaloside sont responsables de l'action tonifiante sur l'immunité.▪ Flavonoïdes▪ Acides aminés▪ Phospholipides▪ Oligo-éléments, dont le Sélénium
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none">▪ Système immunitaire : augmente la formation des anticorps (IgA et IgG) dans la muqueuse nasale des personnes sensibles aux refroidissements. L'astragale est considéré comme un tonique immunitaire profond qui augmente la capacité du corps à produire des cellules immunitaires (telles que les cellules T4), amplifiant ainsi notre capacité à nous protéger contre les pathogènes.▪ Système cardiovasculaire : abaisse la pression sanguine et améliore la microcirculation.▪ Foie : hépatoprotecteur, prévient la perte de glycogène hépatique.▪ Glycémie : diminue le taux de sucre dans le sang sans effet hypoglycémique.▪ Respiration cellulaire : améliore la tolérance des cellules à l'anoxie, augmente le taux d'AMP cyclique, et inhibe la croissance des cellules tumorales.▪ Glandes surrénales : soutien leur bon fonctionnement et s'oppose aux états de fatigue chronique.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Action antioxydante grâce au Sélénium.
Pharmacopée française	Inscrit sur liste A
Monopole pharmaceutique	Vente libre
Contre-indications	Femmes enceintes, allaitantes. Personnes souffrant de maladies auto-immunes (sclérose en plaques et polyarthrite rhumatoïde) et personnes ayant reçu une greffe.
Précaution d'emploi	Cas rares de légers troubles gastro-intestinaux et de réactions allergiques. Il serait probable que l'astragale consommé en grande quantité affaiblisse le système immunitaire au lieu de le stimuler.
Interactions médicamenteuses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Théoriquement, les effets immuno-stimulant de l'astragale pourraient s'opposer aux traitements immunodépresseurs employés pendant une greffe. ▪ Des chercheurs ont mis en évidence le fait que l'astragale agit comme catalyseur de l'interféron et qu'il permettrait de rétablir l'activité des lymphocytes T chez les personnes ayant un cancer.
Toxicité	Pas de toxicité connue à ce jour
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poudre de racine → 4 à 7 grammes de racine par jour en 2 ou 3 doses. ▪ Extrait sec (1:8) → 250 mg 2 à 3 fois par jour. ▪ Teinture (1:8, dans l'alcool) → 2 à 4 ml, 3 fois par jour. ▪ Décoction. Faire bouillir à petit feu 15 à 30 grammes de racine séchée dans 1 litre d'eau durant 10 à 15 minutes. Boire 500 ml à 1 litre par jour.



Figure 42: *Astragalus membranaceus* (Bernard, 2014)

2.7.2. Expérience pharmacologique

2.7.2.1. Contexte, matériel et méthode de l'étude

Analysons l'étude de Yeh et al intitulée « *Astragalus membranaceus* améliore les performances à l'exercice et améliore la fatigue induite par l'exercice chez les souris entraînées » Cette étude randomisée évalue l'effet anti fatigue et l'augmentation des performances sportives d'*Astragalus membranaceus* (AM). On répartit 40 souris dans 4 groupes de 10 souris :

- Groupe 1 : souris sédentaires avec placebo.
- Groupe 2 : souris à l'exercice avec placebo.
- Groupe 3 : souris à l'exercice avec traitement de 0,615 g/kg/jour AM (Ex-AM1).
- Groupe 4 : souris à l'exercice avec traitement de 3,075 g/kg/jour AM (Ex-AM5).

Les traitements d'AM et de placebo sont administrés pendant 6 semaines. On évalue la performance sportive et l'effet anti fatigue de AM par la force de préhension des pattes avant, le temps de nage jusqu'à épuisement, le taux de lactates, d'ammoniac, de glucose et de créatine kinase dans le sérum après 15 minutes d'exercice.

2.7.2.2. Rappels sur la fatigue

On rappelle que la fatigue est une incapacité à maintenir la force musculaire, cette inaptitude réduit la performance sur un exercice prolongé. La fatigue physique (différente de la fatigue mentale) peut être expliquée par le stress oxydatif et l'épuisement en énergie. La surcharge d'exercices physiques peut mener à l'accumulation de radicaux libres ce qui résulte à une lésion des tissus. L'épuisement des ressources énergétiques et l'excès d'accumulation de métabolites conduiraient également à la fatigue. Cependant de nombreuses plantes peuvent réduire l'accumulation des métabolites, améliorer l'utilisation de l'énergie et donc réduire la fatigue induite par l'exercice physique. L'AM pourrait être un candidat idéal pour remplir cette mission. Cette étude permet d'examiner comment la supplémentation en AM lors d'un exercice intense en aérobie peut changer la composition corporelle, l'activité physique et les caractéristiques physiologiques *in vivo* chez les souris. (Yeh et al., 2014)

2.7.2.3. Résultats

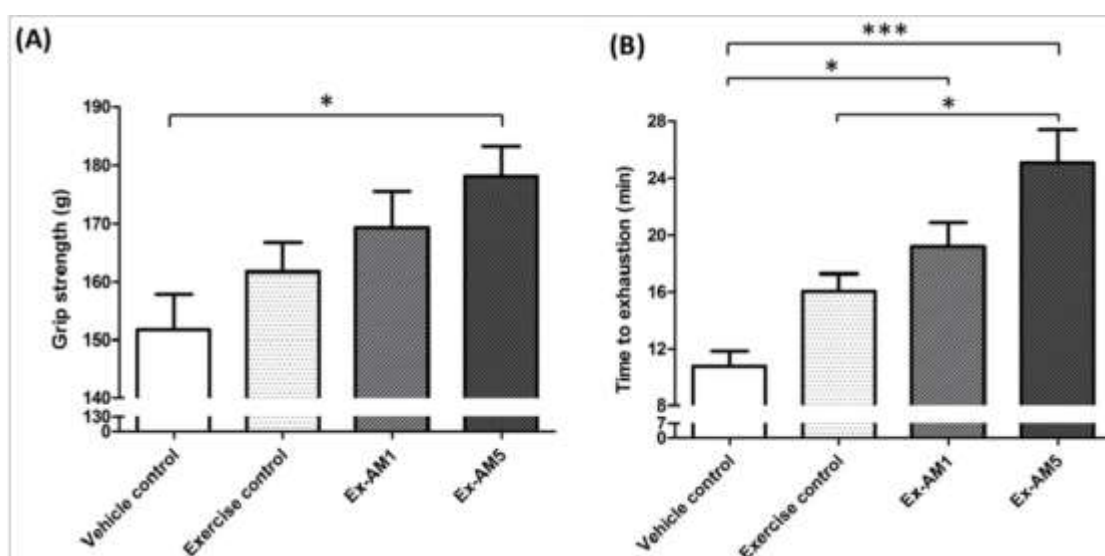


Figure 43 : effets de AM sur la force de préhension (A) et le temps jusqu'à épuisement lors de l'exercice de nage (B) des souris (Yeh et al., 2014)

Dans la figure 43, on remarque que la supplémentation en AM permet d'augmenter la force de préhension des souris par rapport au groupe placebo à l'exercice. AM permet également de retarder le temps de nage jusqu'à épuisement. La combinaison de l'exercice et de la prise de AM permet d'augmenter la performance des souris.

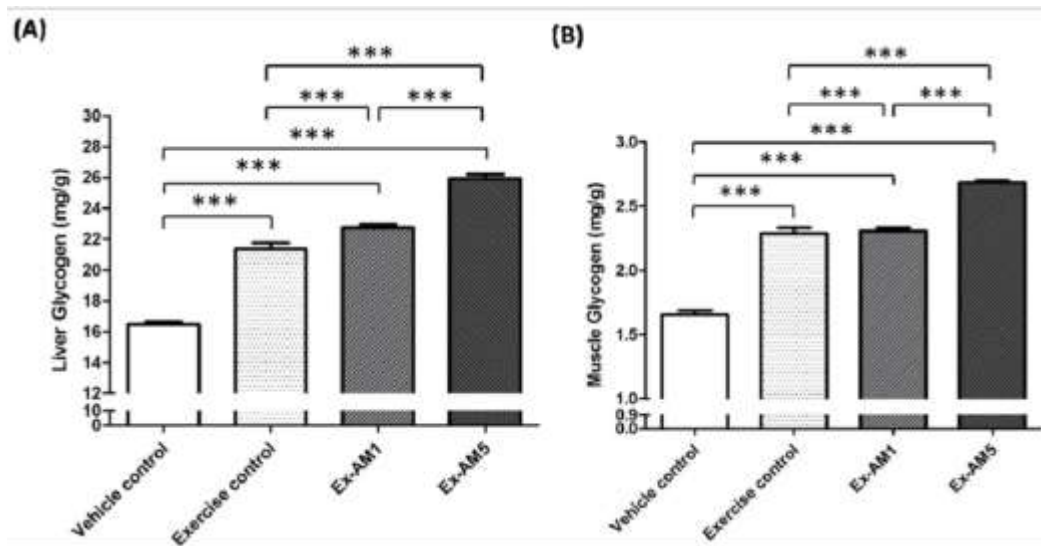


Figure 44: effets de la supplémentation en AM sur le taux de glycogène hépatique et musculaire. (Yeh et al., 2014)

On note une augmentation du niveau de glycogène hépatique et musculaire lors de la prise de AM avec un effet dose-dépendant (figure 44).

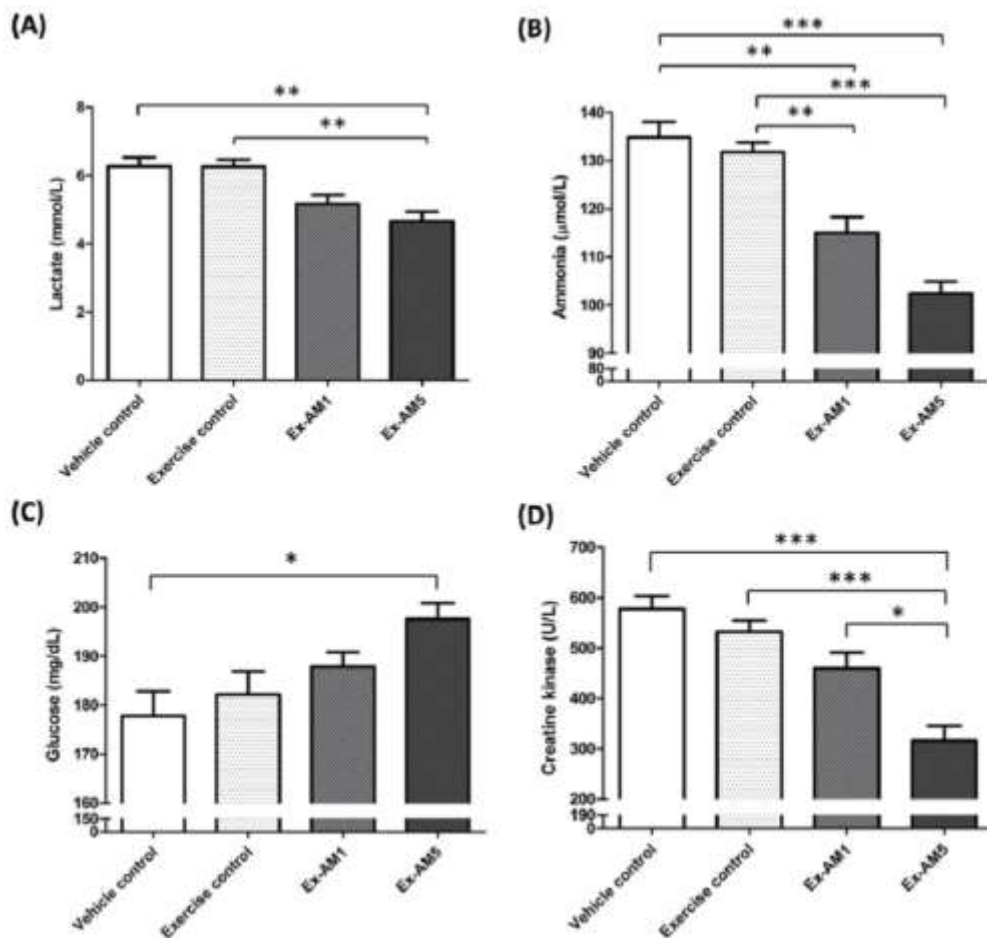


Figure 45: effets de la supplémentation en AM sur le taux de lactate sanguin, d'ammoniac, de glucose sanguin et de créatine kinase après 15 minutes de nage par les souris (Yeh et al., 2014)

Sur la figure 45, on observe une diminution du taux de lactate sanguin et d'ammoniac lorsqu'on associe supplémentation en AM et exercice physique par rapport au placebo chez les souris.

Le glucose sanguin augmente lors de la prise de Ex-AM5 par rapport au placebo. Le taux de créatine kinase (marqueur de lésions musculaires) diminue avec la supplémentation en Ex-AM5. (Yeh et al., 2014)

Tableau 41: analyse biochimique après 6 semaines d'expérience (Yeh et al., 2014)

Parameter	Vehicle Control	Exercise Control	Ex-AM1	Ex-AM5
AST (U/L)	62.90 ± 3.17	68.90 ± 3.78	60.70 ± 2.93	59.00 ± 1.97
ALT (U/L)	42.10 ± 2.84 ^a	54.30 ± 2.34 ^b	39.20 ± 1.79 ^a	46.30 ± 1.93 ^{a,b}
ALP (U/L)	48.80 ± 3.22	63.40 ± 5.80	54.80 ± 3.59	59.20 ± 3.49
LDH (U/L)	301.10 ± 19.06	273.00 ± 23.09	254.70 ± 17.29	293.10 ± 15.41
Albumin (g/dL)	3.56 ± 0.08	3.76 ± 0.06	3.59 ± 0.05	3.73 ± 0.06
TBIL (µg/dL)	0.19 ± 0.03	0.22 ± 0.03	0.23 ± 0.03	0.22 ± 0.02
TP (g/dL)	4.73 ± 0.06	4.63 ± 0.06	4.56 ± 0.05	4.58 ± 0.05
BUN (mg/dL)	23.43 ± 0.77	23.07 ± 1.00	20.18 ± 0.57	23.21 ± 0.46
Creatinine (mg/dL)	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.11 ± 0.00	0.12 ± 0.01
UA (mg/dL)	1.43 ± 0.11 ^a	0.83 ± 0.05 ^b	1.33 ± 0.07 ^a	1.18 ± 0.09 ^{a,b}
TG (mg/dL)	228.00 ± 21.03 ^a	184.40 ± 20.34 ^{a,b}	126.70 ± 5.74 ^b	136.60 ± 10.02 ^b
TC (mg/dL)	110.60 ± 4.17	104.40 ± 4.45	112.80 ± 4.68	107.90 ± 4.13
Glucose (mg/dL)	179.80 ± 6.03	182.30 ± 6.73	181.00 ± 4.40	177.20 ± 4.56

Data are mean ± SEM for n = 10 mice in each group. Data in the same row with different superscript letters (a and b) differ significantly, $p < 0.05$, by one-way ANOVA. AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; ALP, alkaline phosphatase; LDH, lactate dehydrogenase; TBIL, total bilirubin; TP, total protein; BUN, blood urea nitrogen; UA, uric acid; TG, triacylglycerol; TC, total cholesterol.

D'après le tableau 41, on observe qu'après 6 semaines d'expérience, il apparaît qu'une supplémentation en AM n'a aucun effet délétère sur aucun marqueur biochimique chez les souris. L'analyse des paramètres biochimiques relatifs aux reins et au foie ne laisse apparaître aucun effet néfaste à la consommation de AM. De plus, l'association de l'exercice physique avec la supplémentation en AM tend à faire diminuer de façon significative le niveau de triglycérides après 6 semaines de traitement. (Yeh et al., 2014)

2.7.2.4. Discussion

- Les constituants actifs de l'AM sont les polysaccharides. Ils ont un effet positif sur les muscles squelettiques concernant l'homéostasie du glucose à travers la stimulation des voies de la protéine kinase B (PKB)/glucose transporter 4 (GLUT4). Il a été démontré que l'absorption de 2-deoxyglucose pendant la contraction musculaire est directement reliée à la protéine GLUT-4 contenue dans les muscles. GLUT-4 arbitré par le transport du glucose musculaire ne

limite pas l'absorption du glucose musculaire stimulée par l'exercice. AM augmenterait le nombre de transporteurs GLUT 4 à la surface des cellules musculaires.

Le traitement à AM augmente le glucose sanguin après 15 minutes d'exercice de nage. AM augmenterait donc l'absorption du glucose musculaire pendant l'exercice et la prise de AM pourrait prolonger le temps d'exercice.

- Le niveau de créatine kinase est un biomarqueur des lésions musculaires et d'insuffisance rénale aiguë. Un exercice physique intense provoque une lésion des tissus et une nécrose des cellules. De plus, les espèces réactives de l'oxygène comme les anions et protons de lactates sont impliqués dans l'oxydation des muscles squelettiques et la fatigue. Les espèces réactives de l'oxygène altéreraient les systèmes de transport comme le transporteur de potassium et contribueraient à la survenue de la fatigue. Le stress oxydatif induit des lésions cellulaires, l'intégrité des membranes cellulaires peut être endommagée et les enzymes cytosoliques s'échapperaient dans le sérum. Une proportion importante de ces enzymes, incluant la lactate déshydrogénase, la créatine kinase, la myoglobine, l'aspartate aminotransférase, l'alanine aminotransférase, etc peut être un des paramètres indiquant les lésions des tissus sous la haute intensité des exercices physiques. Les astragalosides sont d'autres composants bioactifs de AM et de très bons anti oxydants pour protéger du stress oxydatif induit par l'exercice physique. Dans notre étude, l'activité de la créatine kinase était significativement plus basse avec le traitement à AM qu'avec le placebo. Ces résultats indiquent que la supplémentation en AM peut stabiliser les membranes et atténuer les lésions musculaires pendant les exercices. (Yeh et al., 2014)
- Le stockage de l'énergie et l'approvisionnement de celle-ci sont d'autres facteurs importants liés à la performance sportive. Avec l'énergie dépensée lors de l'exercice, la fatigue physique est principalement causée par la consommation d'énergie et les carences. Le catabolisme des graisses et des sucres est considéré comme la principale source d'énergie pendant l'exercice dans les muscles squelettiques. Le glycogène est la source prédominante de la glycolyse pour la production d'énergie. Par conséquent, le stockage du glycogène affecte directement la capacité d'exercice. Dans notre étude, le glycogène hépatique était significativement plus haut avec une supplémentation en AM (Ex-AM1 et Ex-AM5) qu'avec le placebo. L'effet de AM sur l'épargne en glycogène peut fournir un avantage important dans les situations requérant de longues périodes d'exercice d'endurance. En effet, l'épuisement de glycogène est associé à une grande fatigue physique, or un ralentissement de l'utilisation du glycogène résulte en une amélioration de l'endurance. Une des sources de glucose sanguin, le glycogène hépatique, joue un rôle important dans le contrôle de la disponibilité de l'énergie cellulaire. Il serait envisageable que AM puisse favoriser la restriction de la glycolyse et/ou de la gluconéogenèse.

- Les niveaux de glucose sanguin, de lactates, d'ammoniac et de glutamine sont connus comme servant d'indicateurs de l'accumulation de la fatigue et du stress causés par l'exercice physique. Les lactates sanguins sont le produit de la glycolyse des glucides en conditions anaérobiques et la glycolyse est la principale source d'énergie pour les exercices intenses de courtes durées. Parce que l'accumulation de lactates sanguins provoque de la fatigue pendant l'exercice physique, l'élimination rapide des lactates est bénéfique pour soulager la fatigue. L'ammoniac, un métabolite des protéines et des acides aminés, est lié à la fatigue. Une augmentation de l'ammoniac en réponse à l'exercice physique peut être gérée par l'utilisation de glutamine ou/et de glucides qui interfèrent avec le métabolisme de l'ammoniac. L'augmentation du niveau d'ammoniac est relative à la fatigue due à l'exercice. Dans notre étude, les niveaux d'ammoniac et de lactates sont significativement plus bas avec Ex-AM1 et Ex-AM5 qu'avec le placebo. Ces résultats suggèrent que la supplémentation en AM peut réduire les sous-produits accumulés et induits par l'exercice. Ainsi, AM soulagerait la fatigue physique.
- Les résultats de l'étude suggèrent que la supplémentation en AM peut améliorer le stress oxydatif induit par l'exercice, stimuler la circulation sanguine, améliorer le transport des minéraux nutritifs et aider l'excrétion et l'élimination des sous-produits du métabolisme et par conséquent lutter contre la fatigue physique.

Astragalus membranaceus (AM): "Huang-Qi"

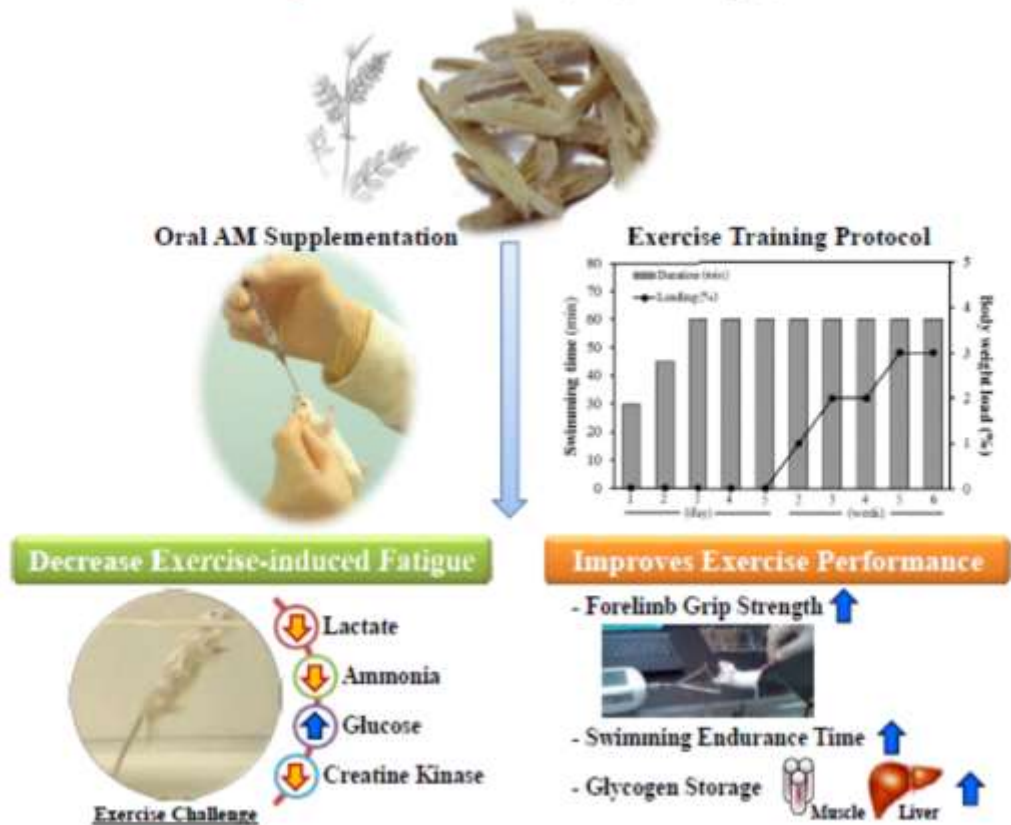


Figure 46: *Astragalus membranaceus* diminue la fatigue induite par l'exercice et augmente la performance chez les souris (Yeh et al., 2014)

La figure 46 synthétise les données recueillies pendant l'étude. L'entraînement sportif combiné à la supplémentation de AM augmentent la capacité d'endurance à l'exercice, accroissent la teneur en glycogène hépatique et en glycogène musculaire. AM réduit l'accumulation des lactates sanguins et de l'ammoniac induits par l'exercice physique. De plus, aucun effet délétère n'a été trouvé dans la prise de AM. Donc la supplémentation en AM améliore la performance sportive et AM possède un effet anti fatigue induit par l'exercice chez les souris. Cette plante peut être envisagée comme supplément ergogénique important dans l'entraînement du sportif. (Yeh et al., 2014)

2.8. Tribulus

2.8.1. Résumé des caractéristiques de la plante

Tableau 42 : Description du tribule

Tribulus	
Autres dénominations	Croix de Malte, épine du Diable, escarbot, tribule terrestre
Nom latin	<i>Tribulus terrestris</i>
Famille	Zygophyllaceae
Histoire et origine	<ul style="list-style-type: none">▪ Nom venant du grec tribolos qui désigne un fruit épineux à trois pics (toutefois le fruit du tribule en a 5).▪ Les Indiens et les Chinois utilisent le tribule dans leur médecine traditionnelle depuis des siècles. Ils l'emploient comme tonique général afin de traiter des maladies du foie, des reins et du système urinaire. Il est également employé pour améliorer la libido des hommes et des femmes, traiter l'infertilité et les dysfonctions sexuelles.▪ Le tribule était utilisé par les athlètes d'Europe de l'Est au cours des années 80 afin d'améliorer leurs performances sportives en alternative aux produits dopants, interdits en compétition. Ce sont notamment les haltérophiles bulgares qui ont fait connaître le tribule au grand public.
Habitat	<ul style="list-style-type: none">▪ Originaire de l'Inde, le tribule apprécie le soleil et la sécheresse. Il se développe dans le sud ouest de l'Europe, en Asie, aux USA, dans le nord de l'Afrique et au Sénégal.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none">▪ Plante vivace aux longues tiges rampantes, mesurant 30 cm à 1 mètre de long.▪ Nombreuses feuilles, composées le plus souvent de 6 paires de folioles ovales et velues.▪ Fleurs jaunes et de petite taille, elles sont isolées, à l'aisselle des feuilles et fleurissent d'avril à septembre.▪ Les fruits sont des capsules épineuses ayant une forme d'étoile à 5 branches vues par en dessous. Les surnoms d'épine du Diable et de Croix de Malte (croix à 5 branches) viennent de cette caractéristique.▪ Le tribule se reproduit en se propageant grâce aux animaux car les épines du fruit se plantent dans leurs pattes.
Drogue végétale	<ul style="list-style-type: none">▪ La partie active dans le tribule est le fruit (vertus aphrodisiaques et toniques), cependant, c'est généralement l'ensemble de la plante qui est utilisé.▪
Composition chimique	<ul style="list-style-type: none">▪ Stéroïdes : Saponines telles la protodioscine, la dioscine, le furostanol et la diosgénine▪ Flavonoïdes,▪ Nitrates, chlorure de potassium▪ Phytostérols comme les bêta-sitostérols

Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anabolisant ▪ Augmentation de la sécrétion de testostérone chez l'homme ▪ Augmentation du nombre de spermatozoïdes ▪ Stimulant de la synthèse protéique ▪ Stimulant général ▪ Stimulant du système immunitaire ▪ Hypocholestérolémiant ▪ Chez la femme, augmentation de la concentration d'hormones (oestradiol et testostérone en moindre mesure) ▪ Amélioration de la récupération après l'effort ▪ Augmentation de l'endurance physique ▪ Accélération de la croissance musculaire.
Pharmacopée française	Non inscrite
Monopole pharmaceutique	Pas de monopole pharmaceutique
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Femmes enceintes et allaitantes, enfants. ▪ Comme toutes les plantes qui ont une action sur le système hormonal, la consommation de <i>Tribulus terrestris</i> serait, par mesure de précaution, contre-indiqué lors d'antécédents de cancer hormono-dépendant.
Précaution d'emploi	Prendre en compte les effets sur les reins, le foie, le muscle cardiaque.
Interactions médicamenteuses	Pas d'interaction connue à ce jour
Toxicité	En cas de surdosage important, il existerait un risque d'hépatotoxicité à la suite de la prise de tribule.
Posologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 500 mg à 1 gramme par jour de poudre de tribule. ▪ Teinture mère : 15 gouttes dans un peu d'eau tous les matins. <p>→ A prendre le midi en cure de 20 jours</p>
Mécanisme d'action	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La protodioscine est évaluée comme étant la molécule ayant la plus forte activité biologique. Son administration par voie orale à des rats montre que la protodioscine augmente significativement le nombre de spermatogonies, de spermatoctes et de spermatoïdes, sans modifier le diamètre des tubules séminifères. Cette action est associée à un effet stimulateur général de la spermatogenèse. ▪ Le tribule a démontré sa capacité à produire une augmentation de la sécrétion de l'hormone lutéine. Celle-ci signale le départ d'une élévation de sécrétion de testostérone. Les effets terminaux du tribule conduiraient à une élévation vérifiée du taux de testostérone et d'oestradiol. Cela augmenterait donc la masse musculaire et la force.

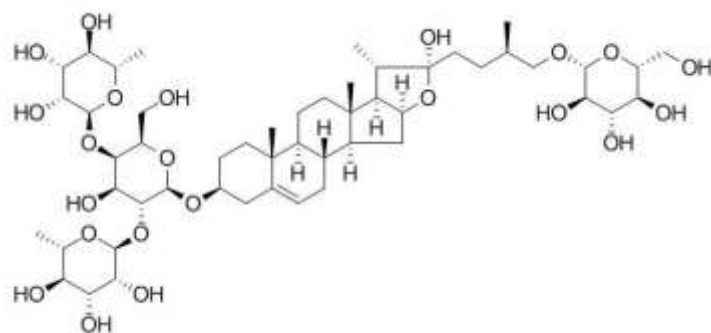


Figure 47 : Structure chimique de la protodioscine ("Chemfaces", 2016)



Figure 48: *Tribulus terrestris* (Jackson, 2016)

2.8.2. Expériences pharmacologiques

Plusieurs études valident les effets du *Tribulus terrestris* sur l'augmentation des performances sportives.

- Dimitrov et al. ont trouvé que le tribule augmentait le taux de testostérone dans le plasma des béliers.
- Gauthaman et al. indiquent quant à eux, que le tribule augmenterait la spermatogenèse et le taux d'androgène chez les primates, les rats et les lapins. (Yavuz, Özkum, 2014)
- La protodioscine contenue dans le tribule est convertie en hormone DHEA (déhydroépiandrostérone) dans le corps. DHEA est utilisée par le corps comme précurseur de la testostérone et de l'estrogène. Cette découverte a amené les athlètes et les bodybuilders à consommer le tribule afin d'augmenter leur masse musculaire. (Pokrywka et al., 2014)

Une étude impliquant 15 hommes engagés dans un exercice de résistance, compare les effets du tribule (administré à une dose de 3,21 mg/kg de poids corporel soit par exemple 292 mg de tribule pour un homme de 90 kg) avec un placebo. On évalue la composition corporelle et l'endurance. A la fin des 8

semaines d'étude, la différence entre le groupe traité et le groupe placebo montre un meilleur résultat en endurance. Le tribule améliorerait le statut androgénique des athlètes. Il pourrait donc être une alternative aux dopants interdits comme les stéroïdes anabolisants. (EBSCO CAM Review Board, 2016)

3 . E x e m p l e s d ' a s s o c i a t i o n s e n t r e p l a n t e s a d a p t o g è n e s e t a u t r e s p l a n t e s s o u t e n a n t l e s p e r f o r m a n c e s m e n t a l e s e t p h y s i q u e s d u s p o r t i f

Si l'on associe la rhodiola et le ginseng par exemple, on améliore l'endurance physique, la concentration et le sommeil du sportif. En réunissant les études précédentes, nous avons créé un tableau permettant de déterminer quelles plantes associer pour obtenir les effets escomptés (tableau 43).

Tableau 43: Associations phytothérapeutiques recommandées dans l'augmentation des performances sportives

	Ginseng	Eleuthérocoque	Rhodiola	Schisandre	Ashwagandha	Maca
Ginseng	Tonique général, diminue sensation fatigue, Améliore résistance physique et récupération	Accroît la résistance physique	Endurance physique, Concentration, sommeil		Equilibre nerveux, Tonique, Fortifiant	Affaiblissement, tonique général, endurance
Eleuthérocoque	Accroît la résistance physique		Fatigue intense	Fatigue physique, résistance		Cognition
Rhodiola	Endurance physique, Concentration, sommeil	Fatigue intense	Mal altitude, oxygénation du sang	Résistance physique	Diminue stress et anxiété, favorise le sommeil, endurance	Equilibre système nerveux, améliore mémoire, Résistance au froid
Schisandre		Fatigue physique, résistance au froid	Résistance physique, endurance	Endurance, résistance au froid		
Ashwagandha	Equilibre nerveux, Tonique, fortifiant		Diminue stress et anxiété, favorise le sommeil, endurance		Vitalité, force, reconstituant de l'organisme, diminue sensation fatigue	Augmente masse musculaire, Diminue stress
Maca	Affaiblissement, tonique général, endurance	cognition	Equilibre système nerveux, améliore mémoire, Résistance au froid		Augmente masse musculaire, Diminue stress,	Energie, vitalité, résistance au froid, virilité
Astragale		Résistance physique, Fatigue physique, Stimulation défenses naturelles				Fortifiant, tonifiant, antioxydant
Tribule	Augmente endurance, Equilibre système nerveux, diminue stress		Augmente endurance, Equilibre système nerveux, diminue stress, cardioprotecteur		Sommeil réparateur	Augmente force physique, endurance, Développement masse musculaire

Griffonia	Antioxydant, anti vieillissement, diminue fatigue chronique, Epuisement, surmenage, stress, nervosité, sommeil	Augmente la sérotonine	Epuisement, surmenage, stress, nervosité, angoisse, sommeil		Angoisse, sommeil	Augmente énergie
Goji	Antioxydant, anti vieillissement, diminue fatigue chronique		Asthénie, fatigue physique et chronique, Oxygénation sang, diminue stress et anxiété,		Mémoire, sommeil, diminue stress et anxiété	
Spiruline	Endurance physique, équilibre système nerveux	Récupération de la fatigue musculaire intense	Augmente endurance, favorise concentration		Augmente masse musculaire	Développement masse musculaire, endurance
	Astragale	Tribule	Griffonia	Goji	Spiruline	
Ginseng		Augmente endurance, Equilibre système nerveux, diminue stress	Antioxydant, anti vieillissement, diminue fatigue chronique, épuisement, surmenage, stress, nervosité, sommeil	Antioxydant, anti vieillissement, diminue fatigue chronique	Endurance physique, équilibre système nerveux	
Eleuthérocoque	Résistance physique, Fatigue physique Stimulation défenses naturelles		Augmente la sérotonine		Récupération de la fatigue musculaire intense	
Rhodiola		Augmente endurance Equilibre système nerveux, diminue stress, cardioprotecteur	Epuisement, surmenage, stress, nervosité, angoisse, sommeil	Asthénie, fatigue physique et chronique, Oxygénation sang, diminue stress et anxiété	Augmente endurance, favorise concentration	
Schisandre						

Ashwagandha		Sommeil réparateur	Angoisse, sommeil	Mémoire, sommeil, diminue stress et anxiété	Augmente masse musculaire	
Maca	Fortifiant, tonifiant, antioxydant	Augmente force physique, endurance, Développement masse musculaire	Augmente énergie		Développement masse musculaire, endurance	
Astragale						
Tribule		Augmente prise de muscle, anabolisant naturel, production testostérone, augmente récupération après effort			Endurance, augmentation masse musculaire	
Griffonia		Augmente énergie			Fatigue chronique, convalescence	
Goji				antioxydant	Evite carences en vitamines, minéraux, OE, Energie, Antioxydant	
Spiruline		Endurance, augmentation masse musculaire	Fatigue chronique, convalescence	Evite carences en vitamines, minéraux, OE, Energie, Antioxydant	Antioxydant, lutte contre anémie, favorise prise masse musculaire (protéines), oxygénation (chlorophylle)	

Partie 3 : Amélioration de la récupération du sportif par les plantes

Les besoins du sportif sont spécifiques. Le métabolisme de l'effort physique du sportif est différent de celui du sédentaire. Tous les grands systèmes (musculaire, cardiaque, vasculaire, respiratoire, tissulaire, métabolique) sont concernés par l'activité sportive.

En effet, la pratique d'un sport implique de disposer de ressources en substrats énergétiques importantes. Les systèmes musculaires et ostéoarticulaires, soumis à rude épreuve, doivent être souples et puissants. La vascularisation doit être efficace pour l'oxygénation et l'élimination. Les fonctions digestives et éliminatoires doivent être capables de gérer une alimentation riche en hydrates de carbone. L'organisme doit également se préoccuper de la production importante de toxines endogènes et de radicaux libres.

Ces paramètres peuvent être optimisés par une récupération assidue renforcée par l'utilisation de la phytothérapie.

De plus, des dangers potentiels peuvent survenir dus aux conditions parfois extrêmes de l'activité sportive. En premier lieu, on assiste à des troubles biochimiques liés à une augmentation du métabolisme par rapport au sédentaire. Puis on voit apparaître des désordres digestifs et hépatiques issus de l'excès d'hydrates de carbone dans l'alimentation. Enfin on peut assister à une acidose, une oxydation, un vieillissement précoce ou encore des troubles du comportement. Des traumatismes liés à la pratique même du sport (chutes, coups, accidents dus à des défauts d'hydratation, d'échauffement ou de récupération efficace) peuvent également survenir.

Dans ces circonstances, nous remarquons une nouvelle fois qu'il est essentiel de ne pas négliger la récupération qui peut être soutenue par la phytothérapie afin d'enrayer ces mécanismes délétères.

Nous détaillerons les effets de la spiruline et des baies de goji avec leurs qualités multifonctionnelles très précieuses dans la récupération chez le sportif. La prise en charge des radicaux libres produits à l'exercice sera gérée par les plantes antioxydantes. Les plantes favorisant le retour veineux ainsi que les plantes hépatoprotectrices seront également primordiales dans cette étape de récupération.

Toutefois, avant d'aborder les plantes participant à la récupération du sportif, il convient de souligner l'apport en glucides, eau, acides aminés et minéraux à effectuer avant toute consommation de plantes.

Nous avons précédemment signalé que pendant l'effort :

- les réserves de glucides musculaires et hépatiques ont été plus ou moins consommées puisque le glucose est l'aliment principal du muscle. Il faut alors reconstituer les réserves. Rappelons que pendant un effort prolongé d'intensité moyenne à élevée, il est préférable d'entretenir ses réserves de glucides grâce aux boissons sucrées. Il est essentiel de considérer qu'afin de

mieux reconstruire les réserves de glucides après un effort, il faut au préalable avoir économisé au maximum ses propres réserves pendant l'effort. Il convient néanmoins de continuer la consommation de boissons sucrées après l'effort.

- La perte d'eau étant conséquente, il est indispensable de continuer à boire de l'eau jusqu'à ce que les dernières urines du soir soient claires.
- Si l'effort a été intense et si la masse musculaire a été beaucoup sollicitée, alors on perd des acides aminés. Selon l'effort, certains acides aminés vont être sollicités : Arginine, Citrulline, Ornithine, Sérine, Taurine, Acide Alpha-Amino-Butyrique et acides aminés ramifiés ou BCAA (=Branched Chain Amino Acid) qui sont Valine, Leucine, Isoleucine. Afin de recharger l'organisme en acides aminés, on peut consommer de la pastèque riche en citrulline (Hopkins, 2003) et de l'arginine (précurseur citrulline) contenue dans de nombreux aliments tels que les légumineuses, les céréales (riz brun, avoine, sarrasin) ainsi que la viande rouge, la volaille, le poisson, les produits laitiers et les noix. (Ligthart-Melis et al., 2015)

On perd de la sueur qui contient du sel (sodium). Plus on perd du sel pendant l'effort et plus on va uriner du potassium après l'effort.

La sueur renferme également du fer, du magnésium, du zinc et du cuivre.

1 . L e s p l a n t e s p o l y v a l e n t e s

La spiruline et les baies de goji sont intéressantes dans l'amélioration de la récupération du sportif de façon globale car elles sont riches en vitamines, minéraux, oligoéléments, antioxydants et pigments respiratoires. Elles pourront être intégrées facilement dans l'alimentation du sportif.

1 . 1 . S p i r u l i n e

1 . 1 . 1 . D e s c r i p t i o n e t b i o l o g i e

La spiruline ou *Spirulina platensis* est une cyanobactérie du genre *Arthrospira* (une algue microscopique d'eau douce) riche en protéines, vitamines, oligoéléments, polysaccharides, polypeptides. La spiruline s'insère entre le monde végétal et bactérien. Toutefois, elle est considérée comme une plante à part entière grâce à sa richesse en chlorophylle et son métabolisme tirant l'énergie de la photosynthèse.

1 . 1 . 2 . C o m p o s i t i o n

La spiruline est riche en vitamines du groupe B. Les vitamines du groupe B jouent un rôle déterminant chez le sportif. Elles conditionnent tous les métabolismes et particulièrement la contraction musculaire, la synthèse des éléments du sang, la conduction nerveuse, le métabolisme énergétique et la réparation tissulaire. La spiruline contient de la vitamine B12, bénéfique chez le sportif végétarien. La spiruline contient également une proportion de protéine (50 à 70%) très intéressante pour le sportif.

On retrouve également 10 % du poids sec de lipides tels les acides palmitiques, palmitoléique, oléique, gamma-linolénique (omégas 6). La spiruline contient des

caroténoïdes ainsi que de la vitamine E. Ceux-ci ont une puissante action antioxydante ce qui permet de prendre en charge l'excès des radicaux libres générés par l'activité musculaire intensive. On retrouve dans la spiruline des minéraux et des oligo-éléments tels le fer, le magnésium, le calcium, le phosphore et le potassium entre autres. Enfin, la spiruline contient un pigment respiratoire rare, la phycocyanine retrouvée à 2 grammes dans 1 kg de spiruline. La phycocyanine agit sur la moelle osseuse en stimulant l'évolution et la différenciation des cellules souches des lignées sanguines rouges et blanches. Le nombre de globules rouges augmente, ils deviennent de meilleure qualité, ainsi le transport de l'oxygène et du gaz carbonique dans le sang est optimisé. (Girardin-Andreani, 2013)

1 . 1 . 3 . H i s t o r i q u e

La spiruline est apparue sur terre il y a 3,5 milliards d'années. Elle est récoltée dans les lacs et consommée depuis des siècles par le peuple tchadien des Kanembous d'Afrique et par les anciens Aztèques du Mexique.

Redécouverte au Tchad en 1930 par un pharmacien des troupes coloniales françaises, elle attira en 1959 l'attention d'un anthropologue et cinéaste, Brandilly, qui lui consacra un article malheureusement rapidement oublié : « Depuis des lustres, une tribu africaine du Tchad exploite la nourriture de l'an 2000 ».

Depuis les années 80, la spiruline fait l'objet de plusieurs dizaines d'études scientifiques par des chercheurs du monde entier.

1 . 1 . 4 . P r o p r i é t é s e t a p p l i c a t i o n s d a n s l a r é c u p é r a t i o n d u s p o r t i f

1 . 1 . 4 . 1 . A c t i o n i m m u n o s t i m u l a n t e

L'activité physique régulière améliore les défenses immunitaires des individus. En revanche, lorsque l'effort est trop intense, l'inverse se produit, le système immunitaire est momentanément déprimé. (Grosset-Janin, 2011)

Cependant, la spiruline serait un puissant tonifiant du système immunitaire. Elle augmente à la fois l'immunité cellulaire (lymphocytes T, macrophages, cellules B, cellules tueuses naturelles NK qui s'attaquent aux cellules cancéreuses) ainsi que l'immunité humorale (anticorps et cytokines).

1 . 1 . 4 . 2 . A c t i o n a n t i o x y d a n t e

La pratique sportive entraîne un relargage important de radicaux libres.

La spiruline présente un arsenal synergique sous forme de beta carotènes, vitamines E, Zinc et Sélénium qui comptent comme de puissants antioxydants. Ils s'opposent aux radicaux libres afin de ralentir le vieillissement de l'organisme.

1 . 1 . 4 . 3 . I n t é r ê t s n u t r i t i o n n e l s

La spiruline ne dispose pas de paroi cellulosique, elle est donc aisément digérée par l'Homme. La digestibilité et l'assimilation du haut taux de protéines, des acides aminés branchés (Leucine, Isoleucine, Valine), de la vitamine B12, du fer

ainsi que les nombreux oligoéléments et vitamines font de la spiruline une plante de prédilection dans la récupération du sportif.

1.1.4.4. Amélioration du système sanguin

Bien que la spiruline soit riche en fer permettant la synthèse de l'hémoglobine, elle est également pourvue de phycocyanine permettant l'érythropoïèse au niveau de la moelle osseuse. Cette action peut faire penser aux principes de fonctionnement de l'EPO utilisée dans le dopage. Cependant la phycocyanine ne peut être considérée comme un produit illicite car elle ne fait que stimuler la production de globules rouges afin de restaurer une concentration optimale dans le sang circulant. La spiruline a donc la capacité d'augmenter la VO₂max. La récupération, après utilisation de la filière aérobie, sera améliorée.

1.1.4.5. Elimination du lactate

L'accumulation des déchets produits par la contraction musculaire, comme par exemple les lactates, est un des facteurs limitant l'exercice physique. Or, la phycocyanine contenue dans la spiruline possède la faculté de stimuler la production endogène de la lactate déshydrogénase. Cette enzyme va permettre de tamponner l'acide lactique au fur et à mesure de sa production et éviter ainsi son accumulation dans les muscles. De plus, elle permet de recycler les lactates par le foie permettant la synthèse d'ATP donc d'énergie renouvelable.

1.1.5. Analyses cliniques

La phycocyanine permet à la moelle osseuse de régénérer les globules rouges indispensables au transport de l'oxygène et du gaz carbonique. En 1994, le professeur EVETS, du GRODENSKI STATE MEDICAL UNIVERSITY (ex-URSS) a démontré le rôle majeur joué par la spiruline dans la restauration de la fonction médullaire. Un groupe de deux cent soixante dix enfants de Biélorussie ont subi une destruction de leur moelle osseuse par les irradiations de Tchernobyl et la destruction de leur système immunitaire. Ces enfants ont vu leurs taux de globules rouges remonter à la normale en six semaines grâce à une administration quotidienne de cinq grammes de spiruline. Contrairement à l'EPO (érythropoïétine), la phycocyanine se comporte comme un régulateur. Lorsque la quantité de globules rouges redevient normale, les cellules de la moelle deviennent moins sensibles à la phycocyanine. Cette dernière accélère la récupération en cas d'anémie mais ne provoque pas une augmentation du taux de globules rouges au-delà des normes naturelles. (Kalafati et al., 2010)

La spiruline augmente également le VO₂max (taux maximum de consommation d'oxygène). Une étude grecque a déterminé que des athlètes consommant 5 grammes de spiruline par jour gagnaient 5 à 8% de VO₂max à comparer au 2 à 3 % gagné grâce aux entraînements de haute altitude. (Girardin-Andreani, 2013)

1 . 1 . 6 . Effets secondaires et contre indications

Par son action détoxifiante sur l'organisme, la spiruline peut provoquer des effets secondaires légers. Migraine, faible fièvre, constipation ou diarrhées, douleurs gastriques sont des manifestations qui peuvent être rencontrées lors de la consommation de spiruline.

1 . 1 . 7 . Posologie

Il est préconisé de consommer entre 2 à 6 grammes de spiruline par jour. Cependant, absorber jusqu'à dix grammes de spiruline par jour améliore la ventilation dans les périodes d'entraînement intensif des sports de force et d'endurance.

Il est conseillé de débiter la prise de spiruline par de faibles doses puis d'augmenter progressivement. Il est préconisé d'effectuer des cures de 3 semaines.



Figure 49: Spiruline ("Algues", 2016)

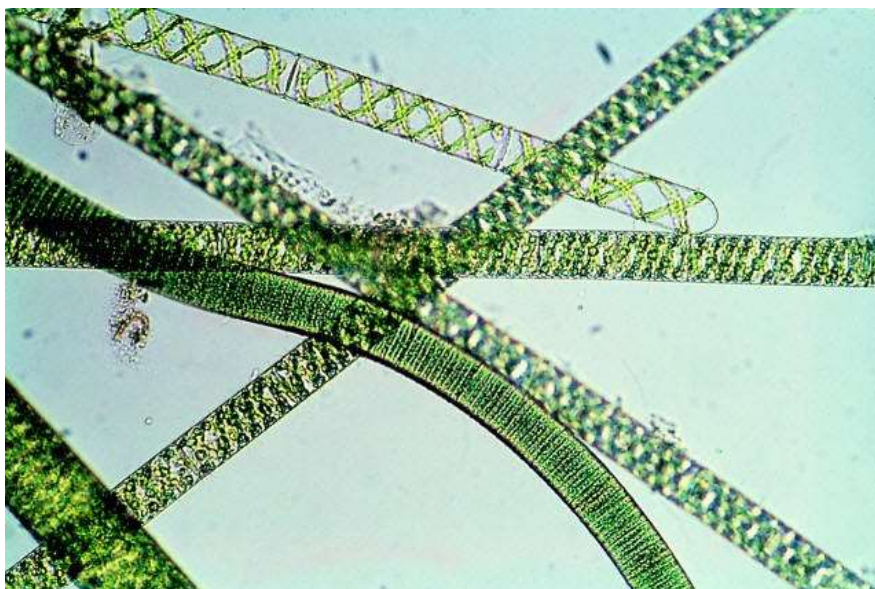


Figure 50: Filaments (trichomes) de Spiruline ("MicrobeWiki", 2016)

1.2. Baies de goji

Les baies de goji s'avèrent être une denrée précieuse dans la phase de récupération du sportif. Cependant, grâce à leurs multiples vertus, elles peuvent également être consommées avant et pendant l'effort physique.

1.2.1. Dénomination et historique

Goji est un nom couramment employé pour qualifier un arbuste épineux très envahissant. Son nom latin est *Lycium barbarum*. Au Tibet, on le nomme « épines de démons » en référence aux pointes acérées qui se situent à la base des feuilles. En Corse, on l'appelle « épine sainte » en référence à la couronne d'épines portée par le Christ au cours de la Passion. Le mot goji viendrait d'un dialecte asiatique signifiant « bonheur ». En effet selon la légende, il suffirait d'en consommer une poignée chaque matin pour connaître joie et sérénité jusqu'au soir.

Le goji appartient à la famille des *Solanaceae*. Les tomates et les pommes de terre appartiennent également à cette famille, mais aussi la belladone ou le datura qui sont de redoutables toxiques. (Girardin-Andreani, 2013)

1.2.2. Répartition géographique

Les baies de goji poussent naturellement en Asie surtout au Nord Ouest de la Chine (Himalaya) et au Tibet. Le goji est également cultivé autour du bassin méditerranéen. On le trouve en Corse et en Sardaigne, en Afrique du Nord, en Italie et aussi en France continentale. Très rustique, le goji peut être cultivé jusque 3500 mètres d'altitude.

1.2.3. Parties utilisées

On utilise les baies séchées, les feuilles fraîches, les feuilles séchées, les écorces et racines.

1 . 2 . 4 . A s p e c t s p h y t o c h i m i q u e s

Les baies de goji contiennent des principes actifs antioxydants ainsi que des substances immunostimulantes et régulatrices du métabolisme :

- Antioxydants et flavonoïdes en particulier des caroténoïdes tels que bêta carotène, lutéine, lycopène, zeaxanthine. Ils donnent la couleur rouge-orangée du goji et représentent 0,03 à 0,5 % du fruit sec. Ils s'accumulent dans le tissu adipeux et dans la macula de la rétine ce qui protège de la dégénérescence pouvant être induite par une exposition excessive aux UV ou par des processus d'oxydation. Ils sont donc anti âge, protecteurs de la vision, du cerveau, de la peau, du système circulatoire.
- Polysaccharides : il s'agit de glycopeptides complexes constitués d'hétéropolysaccharides acides, de polypeptides et de protéines. Ils représentent 5 à 8 % du fruit sec. Les 6 monosaccharides constitutifs sont le xylose et le glucose majoritairement mais aussi arabinose, rhamnose, mannose et galactose. Ces polysaccharides sont responsables des principales activités du fruit du goji. Les polysaccharides stimulent les mécanismes de défenses naturelles. Ils combattent les radicaux libres et les anions superoxydes. (Donno et al., 2015)
- Autres composants : la bêtaïne (alcaloïde présent à 1 % dans le fruit sec), cérébroside (sphingolipide), bêta sitostérol (phytostérol), acide paracoumarique (dérivé de l'acide cinnamique).
- Divers vitamines comme les vitamines C, vitamines B1, B2, B6 et vitamine E.
- On retrouve également 19 acides aminés comme la glutamine, l'asparagine, le stigmastérol, la taurine, l'acide gamma aminobutanoïque.
- Des minéraux sous forme inorganique ou organique comme K, Ca, Zn, Fe, Co, Mn, Se, Mg et enfin 52 acides phénoliques (principalement la quercétine-3-O-rutinoside mais aussi acide chlorogénique et acide caféique) et flavonoïdes comme la rutine. (Yang et al., 2015)

1 . 2 . 5 . P r i n c i p a u x e f f e t s

Lors d'un essai consistant en l'ingestion de 150 grammes de fruits pendant 30 jours, nous observons :

- Un niveau d'énergie accrue
- Une augmentation des performances sportives notamment de l'endurance,
- Une diminution de l'essoufflement,
- Une bonne qualité de sommeil, un réveil facile,
- Une augmentation de la concentration et de l'acuité mentale,
- Un bon fonctionnement du transit gastro-intestinal,
- Une réduction du sentiment de fatigue, du stress, de la procrastination, des céphalées et de la dépression,
- Une diminution de l'altération de la concentration, de l'inquiétude excessive, de la perte de mémoire.
- Une action anti-âge avec des effets neuroprotecteurs vis-à-vis des toxines liées aux maladies neurodégénératives notamment celles impliquées dans la formation des plaques amyloïdes de la maladie d'Alzheimer. Effets anti-âge également par ses effets antioxydants et cytoprotecteurs en inhibant l'apoptose cellulaire. On retrouve aussi un effet protecteur contre l'hypertension intraoculaire et donc le glaucome. (Potterat, 2010) L'action anti-âge est également perceptible au niveau des systèmes musculaire, cutané et

de l'appareil ostéoarticulaire grâce à la stimulation de la synthèse de l'hormone de croissance.

- Une régulation de la pression sanguine, de la glycémie et du cholestérol. (Girardin-Andreani, 2013)

1.2.6. Intérêts dans la récupération des sportifs

Les baies de goji sont un aliment miracle incontournable au quotidien chez les athlètes chinois. Ils leur confèrent de nombreuses vertus.

Tableau 44: tableau synthétique des effets des baies de goji sur les sportifs (Girardin-Andreani, 2013)

Besoins du sportif	Actions des baies de goji
▪ Potentiel énergétique, vitalité, endurance	+++++
▪ Solidité et résistance mécanique du tissu conjonctif	+++
▪ Apport nutritionnel	+++++
▪ Influx nerveux	++++
▪ Oxygénation et circulation	++++
▪ Fonctions endocrine et immunitaire	+++++
▪ Fonction digestive	+++++
▪ Humeur et sommeil	+++
▪ Récupération	+++++
▪ Gestion des radicaux libres	+++++
▪ Guérison des traumatismes (indirectement par apport nutritionnel et stimulation des métabolismes)	+++

Le tableau 44 récapitule les effets des baies de goji sur les sportifs.

1.2.7. Données expérimentales : études in vivo et in vitro chez l'animal

1.2.7.1. Stimulation du métabolisme

Etude chez la souris adulte:

Le LPB (lipopolysaccharide binding protein) présent dans les baies de goji contient 6 monosaccharides qui améliorent le taux d'absorption du fer et du zinc de l'alimentation dans l'organisme. Après ingestion de 20mg/kg/jour pendant 21 jours chez un groupe de souris, il permet :

- Réduction de leur poids,
- Amélioration de la synthèse protéique et de la désintoxication,
- Rétablissement de la fonction normale du métabolisme hépatique,
- Augmentation de la régénération des cellules hépatiques,
- Augmentation de la dépense énergétique post-prandiale et diminution des risques de syndrome métabolique (augmentation du tour de taille, augmentation du taux de triglycérides, hypertension artérielle, diminution du taux de HDL, augmentation de la glycémie).

Quant au groupe placebo, aucun changement n'a été révélé. (Amagase, Farnsworth, 2011)

En 1988, dans un rapport scientifique publié par la commission d'État scientifique et technique chinoise, des chercheurs ont rapporté qu'après avoir absorbé 50 grammes de baie de goji, des sujets volontaires ont montré une augmentation de leur nombre de globules blancs et un accroissement de 75 % de leurs IgA (immunoglobulines A).

Dans une étude animale plus récente, les polysaccharides des baies de goji ont stimulé la production d'interleukines-2, qui stimulent la croissance des cellules sanguines.

1 . 2 . 7 . 2 . B é n é f i c e s c a r d i o v a s c u l a i r e s

Les LBP s'opposent à l'élévation de la pression artérielle par diminution de la vasoconstriction grâce à l'augmentation de la production de dérivés de facteurs de relaxation de l'endothélium vasculaire. Ils diminuent également les facteurs de risque cardiovasculaire (glycémie à jeun, cholestérol total, taux de triglycérides et LDL cholestérol).

1 . 2 . 7 . 3 . E f f e t s a n t i d i a b é t i q u e s

Dans le diabète de type 2, on observe une diminution de l'oxydation chez les patients atteints de rétinopathie diabétique. Chez l'animal, on a montré une modulation du métabolisme du glucose et un contrôle de la glycémie grâce à une diminution de l'insulino-résistance par augmentation du recrutement des transporteurs GLUT 4 à la surface des cellules musculaires et adipeuses. Ce phénomène améliore la signalisation intracellulaire du glucose. On note également une diminution des produits de glycation sérique par diminution du stress oxydant.

1 . 2 . 7 . 4 . P r o t e c t i o n d e l a v i s i o n

Les baies de goji interviennent dans la prévention de la DMLA (Dégénérescence Maculaire liée à l'Age) par accumulation de zéaxanthine dans la macula rétinienne. Le goji participe à la diminution de la perte des cellules ganglionnaires de la rétine dans le glaucome du à l'augmentation de la pression intraoculaire. Le goji soutient la protection des dommages de la lumière et du stress oxydant sur les cellules de la rétine comme les cellules ganglionnaires et les cellules de l'épithélium pigmentaire.

1 . 2 . 7 . 5 . E f f e t s a n t i o x y d a n t s

Il apparaît une augmentation des taux sériques des enzymes détoxifiantes comme la SOD (Super Oxyde Dismutase), la GSH-Px (glutathion peroxydase) avec diminution des taux de MDA (MalonDiAldéhyde) marqueur de l'oxydation lipidique. Chez l'animal, on voit apparaître une augmentation des activités de la SOD, une catalase de la capacité antioxydante totale, une diminution des taux de MDA et des taux de créatine kinase ainsi qu'une peroxydation lipidique. Ceci empêche l'altération des myofibrilles par le stress oxydant ce qui améliore les fonctions du cœur et les arythmies. On observe également une protection contre le stress induit par les rayons UV (Ultra Violet) solaires, c'est la photoprotection. Enfin, on voit apparaître un renouvellement du sang périphérique par stimulation

des cellules souches qui produisent le facteur de croissance de la lignée granulocytaire (G-CSF : Granulocyte-Colony Stimulating Factor).

1 . 2 . 7 . 6 . E f f e t a n t i - i n f l a m m a t o i r e

L'effet anti-inflammatoire se manifeste par une augmentation des cytokines anti-inflammatoires telles IL-6 et IL-1 bêta (InterLeukines). On observe un effet protecteur contre les rayons UV par production d'une enzyme cutanée protectrice antioxydante appelée hème oxygénase 1.

1 . 2 . 7 . 7 . E f f e t a n t i b a c t é r i e n

On relève un effet anti bactérien sur 17 espèces de bactéries : Staphylococcus aureus, Salmonella tiphy, Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Candida albicans, etc.

1 . 2 . 7 . 8 . E f f e t a n t i c a n c é r e u x

On constate des effets anticancéreux notamment sur le cancer du sein car il y a inhibition de la croissance des récepteurs aux œstrogènes. Des effets sur le cancer de la prostate sont également relevés grâce à la rupture des brins d'ADN des cellules cancéreuses prostatiques, également grâce à l'action anti-apoptotique.

On note aussi des effets cytoprotecteurs surtout sur les globules rouges, le foie et le rein.(Amagase, Farnsworth, 2011)

1 . 2 . 8 . P o s o l o g i e

Les baies de goji sont le plus souvent incorporées dans une formulation d'un complexe de plantes ou en décoction. La consommation de 20 grammes de baies séchées par jour est idéale. On ne relève pas de dose maximale.

En phase d'entraînement léger, 10 grammes par jour sont suffisants pour entretenir les conditions physiques.

Lors d'efforts intenses, de compétition ou de récupération, les doses peuvent être augmentées jusqu'à 30 grammes.

On peut les consommer dans l'état ou les incorporer dans des jus. (Girardin-Andreani, 2013)

1 . 2 . 9 . T o x i c i t é

Il convient d'être prudent chez les patients sous antivitamine K (AVK). En effet, plusieurs observations d'augmentation de l'INR (International Normalized Ratio) et de saignements ont été relevées chez des patients sous warfarine à la suite de la prise de baies de Goji, sous forme d'infusions ou de jus.

Selon le centre de pharmacovigilance allemand Arznei-Telegramm, la consommation de 3 ou 4 tasses par jour de tisane de Goji ou de 30 mL de jus Goji 2 fois par jour, est capable d'augmenter l'effet anticoagulant des AVK. L'interaction pharmacocinétique évoquée est que les baies de Goji inhibent l'isoenzyme 2C9 du cytochrome P 450 qui est une voie métabolique majeure de la warfarine. (Lam et al., 2001)

Parmi les études, il a été décelé 2 cas d'interactions possibles avec la warfarine. Une personne a notifié une augmentation de son INR après ingestion d'une décoction de 20 grammes de baies de goji.

Tandis qu'une étude *in vitro* sur les microsomes d'un foie humain dévoile la présence de nombreux cytochromes P450, l'évaluation décrit une légère inhibition du cytochrome 2C9 par l'action des baies de goji et donc une augmentation du taux de warfarine sanguine.

De rares cas de fièvre, réactions allergiques, saignements de nez ou sang dans les urines sont relatés. (Leung et al., 2008)

1 . 2 . 1 0 . S t a t u t l é g a l

Commercialisées principalement sous forme de baies de Goji. Elles sont considérées comme des denrées alimentaires ou des compléments alimentaires selon les pays. Elles complètent les régimes alimentaires normaux et constituent une source concentrée de nutriments ayant un effet nutritionnel ou physiologique.



Figure 51: baies de Goji (Donno et al., 2015)

2. Lutte contre les radicaux libres : les plantes antioxydantes

2.1. Importance des antioxydants

Les études scientifiques démontrent l'efficacité des antioxydants pour la santé et la longévité en particulier chez les sportifs.

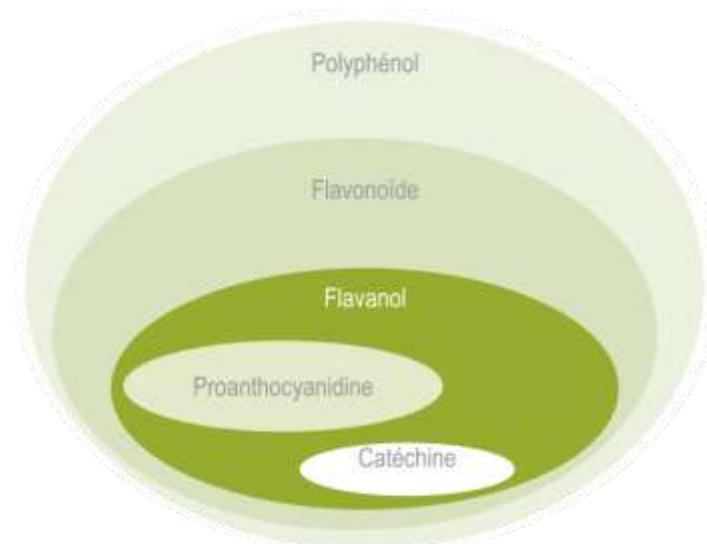


Figure 52: Classification des catéchines parmi les polyphénols (Girardin-Andreani, 2013)

Les polyphénols sont un groupe d'antioxydants végétaux parmi les plus actifs (figure 52). Ils comportent de nombreuses catégories de molécules différentes dont les flavonoïdes. Les flavonoïdes regroupent les anthocyanes, les flavones, les aurones, les chalcones. Les polyphénols renferment un autre groupe d'antioxydants très actifs : les catéchines.

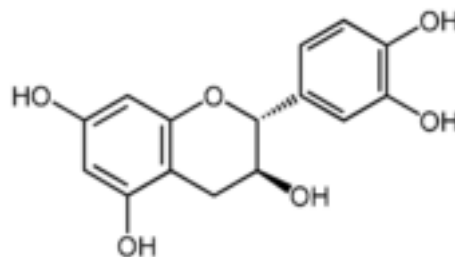
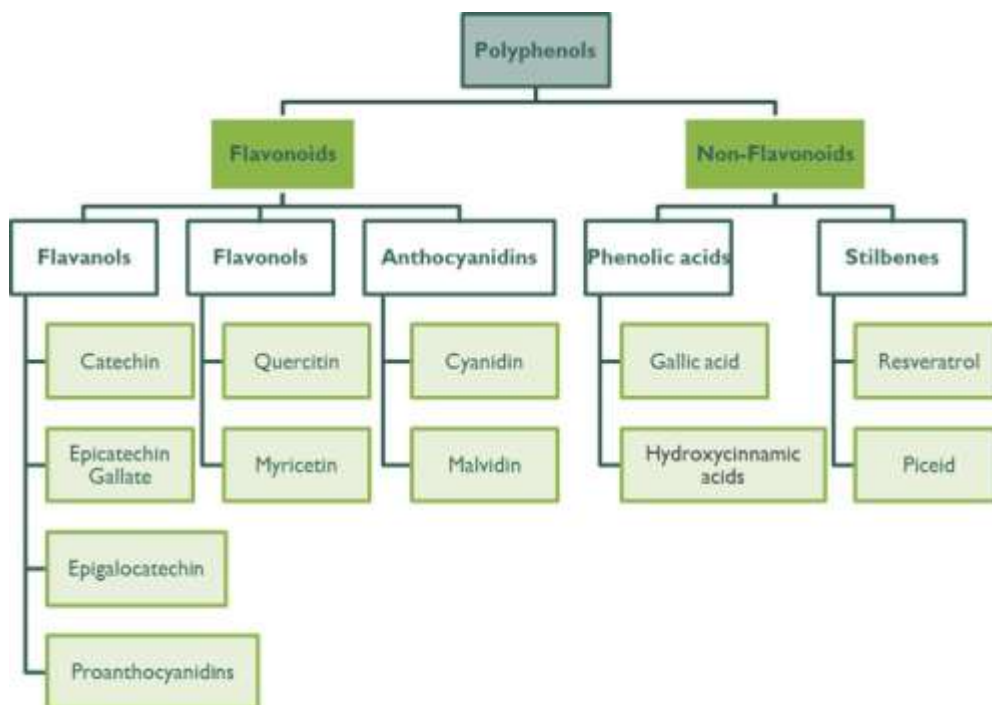


Figure 53: molécule de base des catéchines (Girardin-Andreani, 2013)

Les catéchines (figure 53) exercent une action importante sur le métabolisme des lipides, le drainage hydrique et le contrôle du surpoids. Les études révèlent qu'elles sont présentes en grande quantité dans les feuilles de *Lycium barbarum* ou feuilles de goji.

Tableau 45: classification des polyphénols (Ghedira, 2005)



Le tableau 45 place l'épigallocatechine gallate dans les flavanols issus des flavonoïdes de polyphénols.

2.2. Indice ORAC

L'indice ORAC pour Oxygen Radical Absorbance Capacity (=capacité d'absorption des radicaux oxygénés), a été mis au point par le centre américain de recherche en nutrition humaine du département de l'agriculture. Cet indicateur mesure la capacité antioxydante des aliments à agir contre les radicaux libres in vitro.

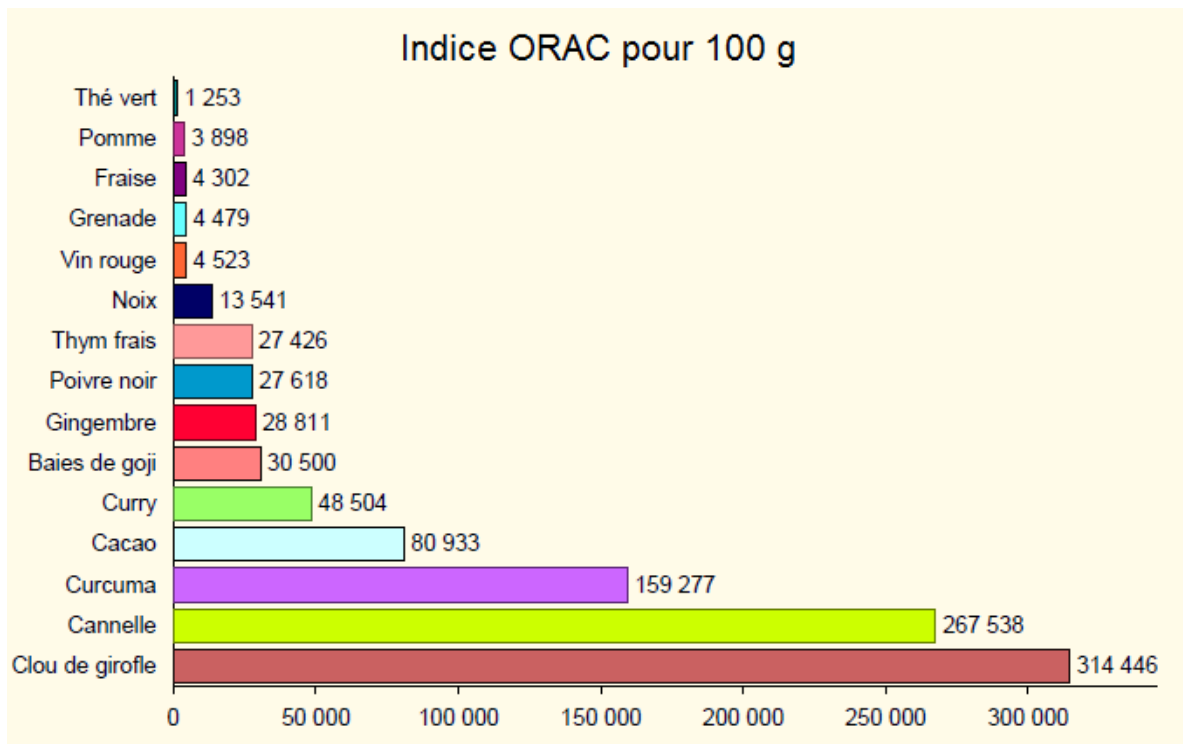


Figure 54: indice ORAC pour 100g de plantes ("L'indice ORAC ou le pouvoir antioxydant des aliments", 2016)

On a vu précédemment que la pratique sportive entraînait un relargage important de radicaux libres. Leur structure, via la peroxydation lipidique, détériore les autres cellules, provoquant ainsi un vieillissement cellulaire prématuré, des cancers, des maladies cardiovasculaires ainsi que des maladies neurodégénératives. Toutefois, de nombreuses plantes et fruits, décrits sur la figure 54, regorgent d'antioxydants qui agissent contre l'oxydation causée par les radicaux libres. On remarque que le clou de girofle (314 446) a un indice ORAC beaucoup plus élevé que le thé vert (1253). Les baies de goji quant à elles, se situent au milieu de la figure avec 30 500 ORAC. Précisons que les ORAC sont donnés pour 100 grammes de plantes. Les recommandations préconisent de maintenir un apport journalier situé entre 3000 et 5000 ORAC.

3. Plantes favorisant le retour veineux

Afin d'aborder aisément le retour veineux, les plantes seront décrites à l'aide de tableaux synthétiques.

3.1. Vigne rouge

Tableau 46 : Description de la vigne rouge

Vigne rouge	
Autres dénominations	Vigne des teinturiers
Nom latin	<i>Vitis vinifera L.</i>
Famille	Vitaceae
Histoire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Connue depuis plus de 3.500 ans. Les grecs la considéraient comme un symbole de la civilisation et la cultivaient déjà au XVe siècle avant Jésus Christ. ▪ La médecine du Moyen Âge a beaucoup exploité le vin tiré des fruits en raison de ses vertus antiseptiques. Les vins médicinaux étaient utilisés comme remède contre diverses maux.
Habitat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Originaire d'Asie mineure, la vigne rouge est aujourd'hui largement cultivée dans toutes les régions chaudes et tempérées du monde.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parmi les nombreux cépages de vigne, seuls les cultivars de vigne à raisin noir et à pulpe rouge dont le feuillage rougit à l'automne sont utilisés en thérapeutique. Il s'agit de la variété dite « teinturier ». ▪ Plante ligneuse à tiges grimpantes dotées de vrilles ▪ Feuilles palmatilobées ▪ Fleurs verdâtres, petites, en grappes ▪ Fruit (le raisin) est une baie
Drogue végétale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Feuilles séchées ▪ Les feuilles contiennent au minimum 4% de polyphénols totaux et 0,20% d'anthocyanosides, exprimés en 3- glucoside-cyanidol
Composition chimique	<p>Composés responsables de l'activité pharmacologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hétérosides de flavonol (> 4%) ▪ Anthocyanosides (> 0,2%) : glucosides du peonidol et du cyanidol <p>C'est un groupe de pigments hydrosolubles qui est responsable de la coloration rouge des feuilles. Leur concentration varie au cours du temps et elle est maximale à l'automne au moment de la maturité des feuilles. Les anthocyanosides appartiennent au groupe des flavonoïdes. Ils possèdent des vertus antioxydantes et anti-inflammatoires. Ils sont protecteurs vasculaires, ils diminuent la perméabilité des capillaires en augmentant la résistance des parois.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tanins : Proanthocyanes (tanins condensés) <p>La plupart des propriétés biologiques conférées aux tanins sont liées à leurs capacités à former des complexes avec les macromolécules (en particulier les protéines).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Constituants secondaires : composés phénoliques, oligomères procyanidoliques, resvératrol.

Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accélère le retour veineux, ▪ Symptomatologie hémorroïdaire.
Pharmacopée française	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La vigne rouge est inscrite sur la liste A des plantes médicinales utilisées traditionnellement.
Monopole pharmaceutique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La vigne rouge est mentionnée dans la liste des plantes pouvant être vendues en dehors d'une pharmacie d'officine. Elle est donc exclue du monopole pharmaceutique.
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aucune contre-indication retenue.
Précaution d'emploi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Par insuffisance de données, l'utilisation de cette plante est déconseillée chez les femmes enceintes ou allaitantes et les enfants.
Interactions médicamenteuses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aucune interaction médicamenteuse avec les feuilles de vigne rouge n'a été rapportée.
Toxicité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Céphalées, troubles digestifs, nausées, vertiges.
Posologie	<p>Dose thérapeutique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La dose quotidienne recommandée est de 360 à 720 mg de poudre de feuilles séchées, répartie en 2 ou 3 prises. Le traitement dure un mois à un mois et demi. <p>Modes d'utilisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tisane : laisser infuser 20 à 30 grammes de feuilles par litre d'eau bouillante pendant une dizaine de minutes et prendre deux à trois bols par jour. ▪ Teinture mère : diluer 100 gouttes dans un demi-verre d'eau. À prendre matin et soir. ▪ Plante totale, sous forme de gélules : une gélule de 350 mg, avant les principaux repas. Il est possible d'aller jusqu'à cinq gélules par jour. <p>Extrait sec de feuilles, sous forme de gélules : dosées soit à 100 mg soit à 200 mg, les gélules de vigne rouge doivent être prises avec un grand verre d'eau, de préférence avant les repas. La dose quotidienne est de 400 mg. (Mingeon, 2014)</p>



Figure 55: Feuilles de Vigne rouge (Majerus, 2016)

3 . 2 . H a m a m é l i s

Tableau 47 : Description de l'hamamélis

Hamamélis	
Autres dénominations	Hamamélis de Virginie, Noisetier de sorcière, Café du diable.
Nom latin	<i>Hamamelis virginiana</i>
Famille	Hamamelidaceae
Histoire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'utilisation de l'hamamélis remonte à plusieurs siècles. Les indiens d'Amérique du Nord, en particulier les sorciers, l'utilisaient en décoction pour traiter les hémorragies, les inflammations et les hémorroïdes. ▪ Sa ressemblance avec les feuilles de noisetier et les pouvoirs magiques attribués par les sorciers lui valent le surnom de « Noisetier des sorcières ».
Habitat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Originaire d'Amérique de l'Est, l'hamamélis pousse naturellement dans les forêts humides du Canada et des États-Unis. Il résiste facilement aux températures négatives. ▪ Importé en Europe au XVIIIe siècle, il est aujourd'hui cultivé dans plusieurs régions et particulièrement en Ardèche.
Description botanique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbuste aux branches tortueuses pouvant atteindre 7 mètres de hauteur. ▪ Feuilles larges et ovales pourvues d'un pétiole court. Elles sont asymétriques à la base et possèdent une marge crénelée. De couleur verte mate, elles ont tendance à rougir. ▪ Les fleurs sont petites et jaunes. Elles possèdent quatre pétales en forme d'étroites lanières. Les inflorescences apparaissent tardivement et ne s'épanouissent qu'à l'automne, après la chute des feuilles. ▪ Les fruits sont des capsules délivrant à maturité deux graines noires.
Drogue végétale	Feuilles séchées devant contenir au moins 3% de tanins exprimés en pyrogallol.
Composition chimique	<p>Composés responsables de l'activité pharmacologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tanins (5 à 10%) <ul style="list-style-type: none"> ○ Tanins galliques (hydrolysables) : Ce sont des esters de l'acide gallique et de glucose. ○ Tanins condensés : Hamaméltanine retrouvé en faible quantité dans les feuilles d'hamamélis. Il est plus abondant dans l'écorce. <p>Les tanins forment des complexes avec les macromolécules, ceci explique leurs propriétés hémostatiques, vasoconstrictrices des vaisseaux superficiels, veinotoniques et anti-inflammatoires.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flavonoïdes antioxydants <ul style="list-style-type: none"> ○ Glucosides de flavonols : Kaempférol ▪ Constituants secondaires : acides organiques, huile essentielle (0,5 ml/kg de feuille).
Usages et propriétés médicinales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insuffisance veineuse et symptomatologie hémorroïdaire. ▪ Surnommé la « digitale des veines », l'hamamélis est largement conseillé dans les affections du système veineux. Il active le

	retour veineux, calme la sensation de jambes lourdes et les inflammations veineuses.
Pharmacopée française	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'hamamélis est inscrite à la liste A des plantes médicinales utilisées traditionnellement.
Monopole pharmaceutique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'hamamélis ne peut pas être vendu par une personne autre qu'un pharmacien. Il relève donc du monopole pharmaceutique.
Contre-indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aucune contre-indication retenue.
Précaution d'emploi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Par insuffisance de données, l'utilisation de cette plante est déconseillée chez les femmes enceintes ou allaitantes et les enfants.
Interactions médicamenteuses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aucune interaction médicamenteuse avec les feuilles d'hamamélis n'a été rapportée.
Toxicité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Désordres digestifs (brûlures d'estomac). Les tanins de l'hamamélis peuvent être dans de rares cas hépatotoxiques.
Posologie	<p>Quelques modes d'utilisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tisanes : laisser infuser 10 grammes de feuilles par demi-litre d'eau pendant une quinzaine de minutes. Consommer 150 ml matin, midi et soir, de préférence avant les repas. Avertissons du goût âpre et amer de cette infusion. ▪ Teinture dans l'alcool à 70° : prendre une vingtaine de gouttes avant les principaux repas. ▪ Extrait sec, sous forme de gélules : deux à quatre gélules par jour. <p>Usage externe : une application locale de crème ou d'eau florale à base d'hamamélis permet de calmer les sensations de jambes lourdes. D'autre part, une décoction peut être préparée en faisant bouillir 30 grammes de feuilles pour un litre d'eau pendant 3 minutes. Après avoir laissé infuser une dizaine de minutes, il est possible d'appliquer la décoction sur la peau. (Mingeon, 2014)</p>



Figure 56: Feuilles d'*Hamamelis virginiana* (Mingeon, 2014)

En améliorant le retour veineux, la vigne rouge et l'hamamélis sont profitables à la récupération du sportif.

4. Plantes hépatoprotectrices chez le sportif

Le tableau 48 regroupe de façon synthétique, les plantes hépatoprotectrices telles le chardon marie, le desmodium, l'artichaut, le romarin, le chrysanthellum et le radis noir.

Tableau 48: Résumé des plantes soutenant le foie des sportifs

Plantes	Parties utilisées	Composés chimiques	Propriétés	Dosage	Précautions emplois
Chardon-Marie <i>Silybum marianum</i> Asteraceae	Graines	-flavolignanes (silymarine) -flavonoides (quercétol, taxifoline, apigénine, naringine) -dérivés phénoliques -tocophérols -stérols, lipides, protéines.	-hépatoprotecteur	Extraits normalisés à 70-80% silymarine: 140 à 210 mg 3 fois/j.	Contre indiqué chez femmes enceintes et allaitantes.
Desmodium <i>Desmodium adscendens</i> Fabaceae	Feuilles et tiges	-saponosides triterpéniques -flavonoides -anthocyanosides -alcaloïdes.	-hépatoprotecteur	10 g/jour en décoction 15 minutes dans 1,5 litres d'eau.	Contre indiqué chez femmes enceintes et allaitantes.
Artichaut <i>Cynara scolymus</i> Asteraceae	Feuilles fraîches ou séchées	-acides phénols -lactones sesquiterpéniques -flavonoides (lutéoloside, scolymoside) -acides alcools (malique, succinique, fumarique, citrique).	-hépatoprotecteur -cholagogue -cholérétique -diurétique	En infusion : -50 grammes de feuilles fraîches / 1 litre/j. -6 grammes de feuilles séchées / 1 litre/j.	Contre indiqué en cas de lithiase biliaire.

Romarin <i>Rosmarinus officinalis</i> Lamiaceae	Feuilles et sommités fleuries	-huile essentielle -flavonoides (lutéoline, genkwanine) -acides rosmariniques -diterpènes tricyclique -triterpènes -stéroïdes.	-cholérétique -cholagogue	En infusion : 1 à 2 g de romarin séché dans 150 ml d'eau 3 fois/jour.	Contre indiqué chez femmes enceintes, allaitantes, lithiase biliaire.
Chrysanthellum <i>Chrysanthellum indicum</i> Asteraceae	Feuilles, fleurs, fruits	-flavonoides -saponosides (chrysanthellines).	-hépatoprotecteur -hypolipémiant	En infusion : 40 grammes de plantes sèches/ 1 litre d'eau/j.	Contre-indiqué aux enfants de moins de 6 ans, aux femmes enceintes et allaitantes ainsi qu'aux personnes souffrant de dyspepsie biliaire.
Radis noir <i>Raphanus sativus</i> Brassicaceae	Racine	Molécules soufrées : -glucosinolates (glucobrassicine) -isothiocyanate de sulforaphène -raphanine -vitamine C.	-draineur hépatique -cholagogue -cholérétique	En jus : 15 mL 2 à 6 fois/j.	Contre indiqué en cas de lithiase biliaire.

Dans cette partie, nous avons vu l'importance d'une récupération efficace permettant de réduire les risques de crampes après l'effort, de diminuer les courbatures et les douleurs musculaires et d'amoinrir le risque de blessures musculaires ou tendineuses. Effectuer une récupération de qualité améliore donc les phénomènes d'intoxication, d'oxydation, d'inflammation, d'acidose, d'immunodépression et de vieillissement cellulaire accéléré.

Conclusion

Le dopage correspond à l'utilisation de substances interdites détournées de leur usage thérapeutique afin d'accroître de manière artificielle les possibilités mentales et physiques du sportif. Nous avons voulu, par ce travail, trouver une alternative sécuritaire et autorisée au dopage en s'appuyant sur la phytothérapie.

Nous avons débuté le chapitre un en énonçant les paramètres de la performance du sportif avec une première partie mettant en place des connaissances sur la psychologie du sportif comportant des notions sur l'anxiété, le stress, l'activation et l'émotion. Après avoir analysé les trois phases du stress, nous avons discerné le stress positif du stress négatif. Puis nous avons abordé une théorie multidimensionnelle de l'anxiété avec les anxiétés somatique et cognitive. Nous avons différencié les anxiétés de trait et d'état, les mesures globale et spécifique. Ensuite, nous avons constaté une indépendance des dimensions d'anxiété cognitive et somatique. Enfin nous avons établi un lien entre l'anxiété et la performance.

Une fois ces fondements établis, nous avons exposé, dans une deuxième partie, les paramètres physiologiques de l'activité physique du sportif en développant l'anatomie et l'histologie des muscles et des fibres musculaires puis les mécanismes biochimiques de la contraction musculaire, la mitochondrie et l'ATP ainsi que les différentes filières énergétiques engagées dans l'effort. Puis nous nous sommes intéressés à la molécule de lactate. Ensuite nous avons vu l'adaptation des différents systèmes de l'organisme à l'effort et enfin nous nous sommes penchés sur l'importance de l'hydratation et les apports de glucose chez le sportif. En troisième partie, nous avons exposé les différents paramètres physiologiques de la récupération.

Le chapitre deux s'est intéressé à l'amélioration des paramètres intervenant dans la performance du sportif en s'appuyant sur la phytothérapie en développant en partie une, les plantes qui soutiennent la préparation mentale du sportif. Parmi ces plantes, nous avons trouvé des plantes stimulantes avec et sans caféine, des plantes favorisant la concentration et la gestion du stress et certaines plantes capables de réduire le stress. En associant ces plantes, nous avons donné des exemples de complexes phytothérapeutiques favorisant la préparation mentale du sportif.

Dans une deuxième partie, nous nous sommes intéressés à l'amélioration physique du sportif à l'aide des plantes. Une catégorie importante de plantes intervient de manière transversale dans ce travail : les plantes adaptogènes. Leurs multiples propriétés permettent de gérer les aspects mental et physique du sportif. Elles ont la capacité d'augmenter la résistance à l'effort et également d'accroître la masse musculaire tout en régulant le stress du sportif. Nous avons par la suite conseillé des associations de plantes favorisant l'amélioration physique du sportif.

L'organisme du sportif est soumis à de nombreux traumatismes pouvant entraîner des pathologies métaboliques et cellulaires comme des phénomènes d'intoxication, d'oxydation, d'inflammation, d'acidose, d'immunodépression, de syndrome métabolique, de fibrose, de vieillissement accéléré ou encore d'addiction et de stress. C'est pourquoi la phase de récupération est primordiale. Nous avons alors dévoilé, en partie trois, des éléments de réponse à l'amélioration de la phase de récupération du sportif. Les plantes polyvalentes comme la

spiruline et les baies de goji sont précieuses dans cette phase de récupération. Les traumatismes, engendrés par la pratique d'une intense activité physique, peuvent également être atténués à l'aide de plantes dotées de propriétés antioxydantes. Les bénéfices d'une récupération appropriée peuvent également être optimisés par l'intermédiaire de plantes favorisant le retour veineux et de plantes hépatoprotectrices.

Au cours de l'analyse clinique de nos plantes, nous avons rencontré plusieurs études concluant sur une efficacité minime de l'usage de ces plantes dans l'amélioration de la performance sportive. Cependant, nombreuses de ces études approuvaient les bénéfices de la consommation de ces plantes. Notons qu'il existe des variations dans les résultats des études concernant l'effet de ces plantes sur la performance sportive. La tolérance, le sexe, l'âge, le poids corporel et le niveau d'entraînement des individus sont des facteurs potentiellement confondants à prendre en compte dans l'interprétation des résultats.

Les études établies sur les plantes abordées dans ce travail restent parfois incertaines et mériteraient d'être davantage approfondies. Il serait intéressant d'établir de façon plus spécifique la fonction de chacune de ces plantes sur l'ensemble des systèmes physiologiques du sportif.

La phytothérapie nous offre un large éventail permettant de soutenir le sportif sur de nombreuses facettes de sa performance. Elle permet d'encadrer le sportif de manière sécuritaire. La discipline étant très ancienne, la non-toxicité des plantes utilisées est donc bien connue, le rapport bénéfice/risque est largement positif. Néanmoins, la phytothérapie, comme moyen de soutenir les performances des sportifs, reste très peu développée et de nombreuses recherches gagneraient à être conduites. Le dopage naturel semble avoir de beaux jours devant lui!

Malgré le choix du sportif de se tourner vers un dopage naturel, un dopage involontaire peut survenir lors de la consommation de compléments alimentaires ou produits de phytothérapie. Le 24 février 2016, l'Ordre des Pharmaciens a finalisé avec le ministère de la Ville, de la Jeunesse et des Sports la signature de la convention « Prévention du dopage lié à l'usage des compléments alimentaires par les sportifs ».

Isabelle Adenot, président du Conseil national de l'Ordre des pharmaciens (CNOP), a précisé l'importance de cette convention. *« Certains sportifs, professionnels ou amateurs, peuvent prendre à leur insu des médicaments, qui peuvent contenir des molécules considérées comme "dopantes". De même avec les compléments alimentaires. Les pharmaciens peuvent renseigner les sportifs, sous réserve qu'ils se fassent connaître en tant que tels. L'Ordre va faire éditer des documents qui permettront de faciliter le travail des pharmaciens à cet égard ».*

Afin de mieux informer les patients sur les risques et les réalités du dopage lié à l'usage de compléments alimentaires et des produits de phytothérapie, l'Ordre a convenu avec le ministère d'éditer et de diffuser un certain nombre d'outils pour accompagner les pharmaciens dans leur mission de prévention. Ces outils sont conçus par le Cespharm (Comité d'éducation sanitaire et sociale de la pharmacie française) en lien avec le ministère des Sports et la MILDECA (Mission Interministérielle de Lutte contre les Drogues Et les Conduites Addictives). L'objectif est de sensibiliser les sportifs sur l'importance de recourir uniquement à des produits dénués de substances dopantes et répondant à la norme AFNOR* NV F 94-001. Cette norme établit, à travers un cahier des charges, les exigences relatives au développement et à la fabrication de

compléments alimentaires destinés aux sportifs, afin qu'ils soient exempts de substances interdites, recensées par l'agence mondiale anti-dopage. « *C'est l'une des missions de l'Ordre* », a rappelé la présidente, « *de contribuer à promouvoir la santé publique en conformité avec le code de déontologie de notre profession.* » Les pharmaciens doivent donc pouvoir parler avec les sportifs amateurs et professionnels, et leur expliquer ce qui relève d'un bon usage des médicaments, compléments alimentaires et produits de phytothérapie. Cette convention, qui s'inscrit dans une visée de santé publique, entre dans le cadre du plan gouvernemental de lutte contre les drogues et les conduites addictives 2013-2017 de la MILDECA. (Ordre National des Pharmaciens, 2016)

Un autre outil performant et facile d'accès a été mis au point sur le site sport-protect.org. Depuis 2005, ce site est un concepteur et fournisseur de protection antidopage. Il référence des médicaments et compléments alimentaires. Le sportif inscrit le nom de son traitement et le site indique s'il y a un risque de contrôle positif ou confirme le statut non dopant du produit. (Passarrius et al., 2016)

Table des illustrations (figures et tableaux)

Figure 1 : Mécanisme du stress	12
Figure 2 : Utilité du stress selon Yerkes Dodson (Perea 2016)	14
Niveau d'état d'anxiété	15
Figure 3: Modèle IZOF de Hanin (O'Connor, 2016).....	15
Figure 4: Anxiété cognitive et anxiété somatique (Burton, 2010)	18
Figure 5: Les 3 types de muscle (Smarttoughmom, 2015)	20
Figure 6: Ultrastructure d'un myocyte.....	22
Figure 7: contraction musculaire("Institut de myologie", 2015)	23
Figure 8: La respiration cellulaire : glycolyse, cycle de Krebs, chaine respiratoire (Polin, 2014)	25
Tableau 1: Les réserves énergétiques chez l'homme (Poortmans, 1986)	27
Figure 9: Filière anaérobie alactique.....	28
Figure 10: filière anaérobie lactique.....	29
Figure 11: Filière aérobie.....	30
Figure 12 : cycle de Cori (Watelet, 2008).....	31
Figure 13 : Hypothèse d'Hermansen (1977) concernant les effets de la baisse du pH intracellulaire sur les enzymes régulatrices de la glycolyse et sur les pontages de l'actine et de la myosine.....	32
Tableau 2: consommation maximale d'oxygène (VO2max).....	38
Tableau 3: Augmentation de la capacité respiratoire par l'entrainement en altitude.....	38
Figure 14: les processus de déshydratation chez le sportif.....	42
Tableau 4: Les délais de restauration des différents substrats énergétiques et de l'oxygène en fonction du type d'exercice épuisant réalisé	49
Tableau 5: teneur en caféine de différentes boissons (Chabaud, 2010).....	55
Figure 16: métabolisme de la caféine dans le foie ("Caffeine", 2016)	56
Figure 17: activité nerveuse ralentie sous l'effet de l'adénosine (Dubuc, 2016) ...	57
Figure 18: activité nerveuse sous l'action de la caféine (Dubuc, 2016)	57

Tableau 6: Ensemble d'études démontrant l'effet ergogénique de la caféine chez les sportifs.....	60
Figure 19: Effets de la caféine sur les performances sportives (Dubé et al., 2010)	61
Tableau 7 : Description du caféier	66
Figure 20: fruits du caféier ("Le Caféier", 2016).....	67
Tableau 8 : Description du théier	68
Figure 21: théier (Théier : Taille, bouturage, entretien", 2016)	69
Tableau 9 : Description du yerba maté	70
Figure 22: feuilles de Yerba Maté (Informações, 2016)	71
Tableau 10 : Description du guarana	72
Figure 23: fruits de Guarana ("Pharmacie Matignon", 2016)	73
Tableau 11 : Description du Kola	74
Tableau 12: Résumé de la teneur en caféine des différentes plantes (Chabaud, 2010).....	76
Tableau 13: plantes stimulantes sans caféine.....	77
Tableau 14 : Description de la passiflore	79
Figure 24: fleur et feuilles de <i>Passiflora incarnata</i> ("Benefits of Passion Flower for health", 2016).....	81
Tableau 15 : Description de l'aubépine	82
Figure 25: sommités fleuries de <i>Crataegus laevigata</i> ("European Lepidoptères", 2016).....	84
Tableau 16 : Description du griffonia.....	85
Figure 26: gousses de <i>Griffonia simplicifolia</i> (Comaills, 2016).....	86
Tableau 17: association de plantes conseillée dans la préparation mentale du sportif.....	87
Figure 27: Différences entre adaptogènes et stimulants classiques (Morel, 2008)	89
Tableau 18 : différences entre adaptogènes et excitants (Astier, 2010)	90
Figure 28: Mécanisme d'action probable d'un adaptogène (Nedelec, 2016)	91

Tableau 19: Mécanismes d'actions des plantes adaptogènes selon les recherches récentes (Domene, 2013).....	93
Tableau 20 : Description du ginseng	96
Figure 29: <i>Panax ginseng</i> (Chalard, 2016)	99
Tableau 21: Etudes cliniques sur le Ginseng	100
Tableau 22 : Description de l'éleuthérocoque.....	101
Figure 30: fruits de l'éleuthérocoque (la drogue se trouve dans la racine) (Milner, 2015).....	103
Tableau 23: Résumé des études qui évaluent les effets de l'éleuthérocoque pendant un exercice d'endurance (Goulet, Dionne, 2005).....	104
Tableau 24 : Description de la rhodiola	107
Figure 31: rhizome de rhodiola (Roulier, 2016)	109
Figure 32: mécanisme d'action potentiel par lequel <i>Rhodiola rosea</i> améliorerait les performances sportives (Walker, Robergs, 2006)	110
Tableau 25 : Description du schisandre	112
Figure 33: baies de <i>Schisandra chinensis</i> (Sauro, 2016)	113
Tableau 26: effets d'un extrait aqueux de <i>Schisandra chinensis</i> (SCAE) sur le temps de nage des souris (Cao et al., 2009).....	114
Tableau 27: Effets d'un extrait aqueux de <i>Schisandra chinensis</i> (SCAE) sur la concentration de lactates sanguins des souris (Cao et al., 2009)	115
Tableau 28: Effets d'extraits aqueux de <i>Schisandra chinensis</i> sur la concentration d'azote uréique sanguine des souris (Cao et al., 2009).....	116
Tableau 29: Effets d'extraits aqueux de <i>Schisandra chinensis</i> sur l'hémoglobine du sang des souris (Cao et al., 2009)	117
Tableau 30 : Description d'ashwagandha	118
Figure 34 : structures chimiques des composés d'ashwagandha ("Examine", 2016)	119
Figure 35: baie d'ashwagandha (Sarich, 2013).....	120
Tableau 31: évaluation de la force musculaire (Wankhede et al., 2015).....	121
Figure 36: effets d'ashwagandha sur la force musculaire et sur la taille du muscle (Wankhede et al., 2015)	122
Tableau 32: évaluation de la taille du muscle (Wankhede et al., 2015).....	122

Tableau 33: pourcentage de masse grasse(Wankhede et al., 2015).....	123
Tableau 34: niveau de testostérone dans le sérum (ng/dL) (Wankhede et al., 2015).....	123
Figure 37: effets du traitement d'ashwagandha sur la testostérone et sur la créatine kinase(Wankhede et al., 2015).....	124
Tableau 35: récupération musculaire: augmentation de la créatine kinase dans le sérum de 24h à 48h après la fin de l'exercice (U/L) (Wankhede et al., 2015)	124
Tableau 36 : Description du maca.....	126
Figure 38: tubercules de maca (Pedrolima, 2014)	128
Tableau 37: valeur du glucose sanguin chez les souris après le test sportif (Miao, 2015).....	129
Tableau 38: valeurs de l'urée sanguine (BUN) après le test chez les souris (Miao, 2015).....	130
Tableau 39: valeurs de la créatinine dans le sang des souris après exercice (Miao, 2015).....	130
Figure 39: question SDI de Spector et al (Spector et al., 1996)	131
Figure 40: temps réalisés au contre la montre de 40 km chez les 8 cyclistes avant et après la prise de maca ou de placebo (Stone et al., 2009)	132
Figure 41: scores du désir sexuel issu des 13 questions après 14 jours de supplémentation d'extrait de maca et placebo chez 8 cyclistes entraînés (Stone et al., 2009).....	133
Tableau 40 : Description de l'astragale	134
Figure 42: <i>Astragalus membranaceus</i> (Bernard, 2014).....	136
Figure 43 : effets de AM sur la force de préhension (A) et le temps jusqu'à épuisement lors de l'exercice de nage (B) des souris (Yeh et al., 2014)	137
Figure 44: effets de la supplémentation en AM sur le taux de glycogène hépatique et musculaire. (Yeh et al., 2014).....	138
Figure 45: effets de la supplémentation en AM sur le taux de lactate sanguin, d'ammoniac, de glucose sanguin et de créatine kinase après 15 minutes de nage par les souris (Yeh et al., 2014).....	138
Tableau 41: analyse biochimique après 6 semaines d'expérience (Yeh et al., 2014)	139
Figure 46: <i>Astragalus membranaceus</i> diminue la fatigue induite par l'exercice et augmente la performance chez les souris (Yeh et al., 2014)	142

Tableau 42 : Description du tribule	143
Figure 48: <i>Tribulus terrestris</i> (Jackson, 2016)	145
Tableau 43: Associations phytothérapeutiques recommandées dans l'augmentation des performances sportives	147
Figure 49: Spiruline ("Algues", 2016)	154
Figure 50: Filaments (trichomes) de Spiruline ("MicrobeWiki", 2016).....	155
Tableau 44: tableau synthétique des effets des baies de goji sur les sportifs (Girardin-Andreani, 2013).....	157
Figure 51: baies de Goji (Donno et al., 2015)	160
Figure 52: Classification des catéchines parmi les polyphénols (Girardin-Andreani, 2013).....	161
Figure 53: molécule de base des catéchines (Girardin-Andreani, 2013).....	161
Tableau 45: classification des polyphénols (Ghedira, 2005)	162
Figure 54: indice ORAC pour 100g de plantes ("L'indice ORAC ou le pouvoir antioxydant des aliments", 2016)	163
Tableau 46 : Description de la vigne rouge	164
Figure 55: Feuilles de Vigne rouge (Majerus, 2016).....	165
Tableau 47 : Description de l'hamamélis	166
Figure 56: Feuilles d'Hamamelis virginiana (Mingeon, 2014).....	167
Tableau 48: Résumé des plantes soutenant le foie des sportifs	168

Bibliographie

ABADIE R. Effect of competitive outcome on state anxiety. In : *Perceptual and Motor Skills* [en ligne]. 1 décembre 1989. Vol. 69, n° 3, p. 1057-1058. [Consulté le 3 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.amsciepub.com/doi/abs/10.2466/pms.1989.69.3.1057>.

ABIDOV M., CRENDAL F., GRACHEV S., SEIFULLA R., ZIEGENFUSS T. Effect of extracts from *Rhodiola rosea* and *Rhodiola crenulata* (Crassulaceae) roots on ATP content in mitochondria of skeletal muscles. In : *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. décembre 2003. Vol. 136, n° 6, p. 585-587.

AMAGASE H., FARNSWORTH NR. A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lycium barbarum* fruit (Goji). In : *Food Research International* [en ligne]. août 2011. Vol. 44, n° 7, p. 1702-1717. [Consulté le 23 novembre 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996911001840>.

ANDREI I., ANDREI EG. FORMS OF FATIGUE. In : *The International Annual Scientific Session Strategies XXI* [en ligne]. 2015. Vol. 2, p. 50. [Consulté le 16 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.strategii21.ro/images/fcsm/pdf/Volumul%202.pdf#page=50>.

ANON., 2016. *Caffeine* [en ligne]. S.l. : s.n. [Consulté le 5 mai 2016]. Disponible à l'adresse : <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Caffeine&oldid=717170466>.

ANON. Algues. In : *Algues* [en ligne]. [Consulté le 27 mai 2016 a]. Disponible à l'adresse : <http://www.algues.info>.

ANON. *Arthrospira platensis* - MicrobeWiki. In : [en ligne]. [Consulté le 27 mai 2016 b]. Disponible à l'adresse : https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Arthrospira_platensis.

ANON. Ashwagandha - Scientific Review on Usage, Dosage, Side Effects. In : *Examine.com* [en ligne]. [Consulté le 14 octobre 2016 c]. Disponible à l'adresse : <https://examine.com/supplements/ashwagandha/>.

ANON. Benefits Of Passion Flower (*Passiflora Incarnata*) For Health | Tips Curing Disease. In : [en ligne]. [Consulté le 23 avril 2016 d]. Disponible à l'adresse : <http://www.tipdisease.com/2014/12/benefits-of-passion-flower-passiflora.html>.

ANON. Le caféier | Bio-Scène.org. In : [en ligne]. [Consulté le 16 mars 2016 e]. Disponible à l'adresse : <http://www.bio-scene.org/media/le-caf%C3%A9ier>.

ANON. L'indice ORAC ou le pouvoir antioxydant des aliments. In : [en ligne]. [Consulté le 23 avril 2016 f]. Disponible à l'adresse : <http://www.lasantedanslassiette.com/au-menu/dossiers/les-antioxydants/indice-orac.html>.

ANON. Pharmacie Matignon - Pharmacie Paris - Champs Elysées. In : [en ligne]. [Consulté le 16 mars 2016 g]. Disponible à l'adresse : <http://www.pharmaciematignon.com/guarana-p-2780.html>.

ANON. Plantes Aporia crataegi - European Lépidoptères. In : [en ligne]. [Consulté le 23 avril 2016 h]. Disponible à l'adresse : <http://www.european-lepidopteres.fr/Plantes-Aporia-crataegi.html>.

ANON. Protodioscin | Product Use Citation | ChemFaces. In : [en ligne]. [Consulté le 15 octobre 2016 i]. Disponible à l'adresse : <http://www.chemfaces.com/natural/Protodioscin-CFN99517.html>.

ANON. Succession d'événements aboutissant à la contraction musculaire > Institut de Myologie. In : [en ligne]. [Consulté le 18 octobre 2015 j]. Disponible à l'adresse : <http://www.institut-myologie.org/succession-devenements-aboutissant-a-la-contraction-musculaire/>.

ANON. Théier (Camellia sinensis): taille, bouturage, entretien. In : *jardin-secrets.com* [en ligne]. [Consulté le 16 mars 2016 k]. Disponible à l'adresse : <http://jardin-secrets.com/theier-article-600,190,fr.html>.

ARNAUD J., PALAZZOLO J., 2012. *Sentiment de contrôle et gestion du stress: Une psychologie cognitive de la performance*. S.l. : RETZ.

ASTIER JF., 2010. *Rhodiola rosea: les secrets du meilleur anti-stress enfin dévoilés*. Foix : s.n.

BAHRKE MS., MORGAN WP., 2000. Evaluation of the ergogenic properties of ginseng - An update. In : *SPORTS MEDICINE* [en ligne]. février 2000. Vol. 29, n° 2, p. 113-133. [Consulté le 30 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://search.ebscohost.com/bases-doc.univ-lorraine.fr/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url,uid&db=edsWSC&AN=000085518600004&lang=fr&site=eds-live&scope=site>.

BERNARD C., 2014. Astragale de Chine : Protecteur suprême. In : *AltheaProvence* [en ligne]. 4 décembre 2014. [Consulté le 29 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.altheaprovence.com/blog/astragale-de-chine-protecteur-supreme/>.

BERTÉ K., RUCKER N., HOFFMANN-RIBANI R., 2011. Yerba maté Ilex paraguariensis A.St.-Hil. In : *Phytothérapie* [en ligne]. 3 juin 2011. Vol. 9, n° 3, p. 180-184. [Consulté le 15 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/article/10.1007/s10298-011-0629-2>.

BILLAT V., 2003. *Physiologie et méthodologie de l'entraînement: De la théorie à la pratique*. S.l. : De Boeck Supérieur.

BILLAT V., 2012. *Physiologie et méthodologie de l'entraînement de la théorie à la pratique*. 3e édition. Bruxelles : De Boeck.

BONGAERTS P., WAGENER D., 2007. Increased hepatic gluconeogenesis: The secret of Lance Armstrong's success. In : *Medical Hypotheses* [en ligne]. 1 janvier 2007. Vol. 68, n° 1, p. 9-11. [Consulté le 24 février 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.medical-hypotheses.com/article/S0306987706003264/abstract>.

BURTON D., 2010. Do Anxious Swimmers Swim Slower? Reexamining the Elusive Anxiety-Performance Relationship. In : *Human Kinetics Journals* [en ligne]. 21 avril 2010. [Consulté le 3 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://journals.humankinetics.com/jsep-back-issues/jsepvolume10issue1march/doanxiousswimmersswimslowerreexaminingtheelusiveanxietyperformancerelationship>.

CAILLER J. 1996. Le proton : exercice et fatigue. In : . 1996.

CAO S., SHANG H., WU W., DU J., PUTHETI R. 2009. Evaluation of anti-athletic fatigue activity of Schizandra chinensis aqueous extracts in mice. In : *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* [en ligne]. 30 novembre 2009. Vol. 3, n° 11, p. 593-597. [Consulté le 6 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.academicjournals.org/journal/AJPP/article-abstract/A74B22D37372>.

CHABAUD M. 2010. La Caféine. In : [en ligne]. Antenne médicale de prévention du dopage, 2010. [Consulté le 14 mars 2016]. Disponible à l'adresse : http://wwwold.chu-montpellier.fr/publication/inter_pub/R277/A5270/LaCafeine.pdf.

CHALARD J. Panax ginseng : intérêts et précautions. In : *Blog de Jerome Chalard* [en ligne]. [Consulté le 26 mars 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.lateledelilou.com/jeromechalard/Panax-ginseng-interets-et-precautions_a19.html.

CHEN CK., MUHAMAD AS., OOI FK. 2012. Herbs in exercise and sports. In : *Journal of Physiological Anthropology* [en ligne]. 2012. Vol. 31, p. 4. [Consulté le 30 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://dx.doi.org/10.1186/1880-6805-31-4>.

CHENNAOUI M., GOMEZ-MERINO D. 2007. Nutrition et performances mentales. In : *Médecine & Armées* [en ligne]. 2007. Vol. 35, n° 4, p. 311-318. [Consulté le 15 mars 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.ecole-valdegrace.sante.defense.gouv.fr/~defense/IMG/pdf/T35-N4_Medecine_et_armees_-_octobre_2007.pdf#page=24.

CHOUAIEB E., GALANTE H., MAHMOUD K., WANSEK D. Le stress dans le sport. In : [en ligne]. [Consulté le 24 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <http://tpesportsvt.e-monsite.com/#>.

COMAILLS A. Phytothérapie et Griffonia : Comment bien utiliser le Griffonia en préparation magistrale : une fiche principe actif de Phytothérapie Soins et nature. In : [en ligne]. [Consulté le 5 mai 2016]. Disponible à l'adresse : <https://www.soin-et-nature.com/le-preparatoire/fiche/36/Phytotherapie-Griffonia>.

- COX M., RICHARD H., 2005. *Psychologie du sport*. S.l. : De Boeck Supérieur.
- CURY F., SARRAZIN P., PÉRÈS C., FAMOSE JP. 1999. Mesurer l'anxiété du sportif en compétition: Présentation de l'échelle d'état d'anxiété en compétition (EEAC). In : *La gestion du stress, entraînement et compétition. Dossier EPS* [en ligne]. 1999. n° 43, p. 26-45. [Consulté le 24 septembre 2015]. Disponible à l'adresse : [http://www.lab-epsylon.fr/upload/Cury_et_al__\(1999\)_Mesurer-anxiete.pdf](http://www.lab-epsylon.fr/upload/Cury_et_al__(1999)_Mesurer-anxiete.pdf).
- DEBEAUMONT D., DUCROTTE P. 2015. Sport et pathologies digestives. In : *Acta Endoscopica* [en ligne]. 28 septembre 2015. Vol. 45, n° 6, p. 274-279. [Consulté le 16 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/article/10.1007/s10190-015-0511-4>.
- DECI E., RYAN, RICHARD M. 2010. Intrinsic Motivation. In : *The Corsini Encyclopedia of Psychology* [en ligne]. S.l. : John Wiley & Sons, Inc. [Consulté le 2 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470479216.corpsy0467/abstract>.
- DELIGNIÈRES D. 2015a. *Psychologie du sport: «Que sais-je?» n° 2110*. S.l. : Presses Universitaires de France.
- DELIGNIÈRES D. 2015b. *Psychologie du sport: «Que sais-je?» n° 2110*. S.l. : Presses Universitaires de France.
- DOMENE AM. 2013. Effects of adaptogen supplementation on sport performance. A recent review of published studies. In : *Journal of Human Sport & Exercise* [en ligne]. décembre 2013. Vol. 8, n° 4, p. 1054-1066. [Consulté le 19 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://search.ebscohost.com/bases-doc.univ-lorraine.fr/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url,uid&db=s3h&AN=93708207&lang=fr&site=eds-live&scope=site>.
- DONNO D., BECCARO G., MELLANO M., CERUTTI G., BOUNOUS G., 2015. Goji berry fruit (*Lycium spp.*): antioxidant compound fingerprint and bioactivity evaluation. In : *Journal of Functional Foods* [en ligne]. octobre 2015. Vol. 18, Part B, p. 1070-1085. [Consulté le 23 novembre 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464614001911>.
- DUBAIL P., RICHE D. 2016. Nutrition et médecine des sports. In : [en ligne]. 2016. [Consulté le 15 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.team-oldenhorn.net/wp-content/uploads/2014/07/nutrition_medecine_sports.pdf.
- DUBÉ PA., LEFEBVRE L., DURANCEAU A. 2010. *Boissons énergisantes: risques liés à la consommation et perspectives de santé publique* [en ligne]. S.l. : Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec. [Consulté le 15 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://portails.inspq.qc.ca/TOXICOLOGIECLINIQUE/boissons-energisantes-risques-lies-a-la-consommation-et-perspectives-de-sante-publique.aspx>.

DUBUC B. LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX! In : [en ligne]. [Consulté le 14 mars 2016]. Disponible à l'adresse : http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_03/i_03_m/i_03_m_par/i_03_m_par_cafeine.html.

EBSCO CAM REVIEW BOARD, 2016. Natural treatments to enhance sports and fitness performance. In : *Salem Press Encyclopedia of Health*. 2016.

GHEDIRA K., 2005. Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. In : *Phytothérapie* [en ligne]. 2005. Vol. 3, n° 4, p. 162–169. [Consulté le 29 décembre 2015]. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/article/10.1007/s10298-005-0096-8>.

GIRARDIN-ANDREANI C., 2013. *Phytothérapie la santé par les plantes*. Paris : Chiron.

GIRARDIN-ANDREANI C., 2013. *Phytothérapie la santé par les plantes: à l'usage de tous et des sportifs en particulier*. Paris : Chiron.

GOULD D., KRANE V., 1992. The arousal-athletic performance relationship: Current status and future directions. In : . In. T. Horn. 1992.

GOULET E., DIONNE I., 2005. Assessment of the Effects of Eleutherococcus Senticosus on Endurance Performance. In : *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism* [en ligne]. février 2005. Vol. 15, n° 1, p. 75-83. [Consulté le 19 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://search.ebscohost.com/bases-doc.univ-lorraine.fr/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url,uid&db=asx&AN=16330348&lang=fr&site=eds-live&scope=site>.

GROSSET-JANIN AP., 2011. Sport, défense immunitaire et risque infectieux (revue systématique de la littérature sur 20 ans). In : . 2011.

GUEZENNEC CY., Aspects physiologiques de la récupération. In : *CDOS de l'Essonne - Comité Départemental Olympique et Sportif de l'Essonne* [en ligne]. [Consulté le 7 octobre 2016]. Disponible à l'adresse : <http://essonne.franceolympique.com/art.php?id=633>.

GUEZENNEC CY., 2011. Les boissons de l'effort: bases physiologiques de leurs utilisations et composition. In : *Cahiers de Nutrition et de Diététique* [en ligne]. mars 2011. Vol. 46, n° 1, Supplement 1, p. H46-H53. [Consulté le 16 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007996011700098>.

GUILLAUME I. 2007. *Rhodiola rosea* Une ébauche de Monographie. In : . 2007.

HERMANSEN L. 1977. Facteurs limitants intervenant au cours de l'exercice maximal de durée brève. In : . 1977.

HOPKINS W. 2003. *Physiologie végétale*. S.l. : De Boeck Supérieur.

INFORMAÇÕES. Ilex Paraguariensis | Flores - Cultura Mix. In : [en ligne]. [Consulté le 16 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://flores.culturamix.com/informacoes/ilex-paraguariensis>.

JACKSON M., Tribulus Terrestris Side Effects - ESupplements.com. In : [en ligne]. [Consulté le 30 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.esupplements.com/article/tribulus-terrestris-side-effects/>.

JOHNSON RF., MERULLO DJ. 2000. Caffeine, gender, and sentry duty: effects of a mild stimulant on vigilance and marksmanship. In : *Pennington center nutrition series*. 2000. Vol. 10, p. 272-289.

JONES J., HARDY G., 1989. Stress and cognitive functioning in sport. In : *Journal of Sports Sciences* [en ligne]. 1 mars 1989. Vol. 7, n° 1, p. 41-63. [Consulté le 3 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://dx.doi.org/10.1080/02640418908729821>.

KALAFATI M., JAMURTAS A., NIKOLAIDIS Z., MICHALIS G., PASCHALIS V., THEODOROU A., SAKELLARIOU A., KOUTEDAKIS Y., KOURETAS D., 2010. Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans. In : *Medicine and Science in Sports and Exercise*. janvier 2010. Vol. 42, n° 1, p. 142-151.

KEN D., SUMIDA C. Training enhanced hepatic gluconeogenesis: the importance fo...: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. In : *LWW* [en ligne]. [Consulté le 24 février 2016]. Disponible à l'adresse : http://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1997/05000/Training_enhanced_hepatic_gluconeogenesis__the.7.aspx.

KENNEY W., WILMORE L., COSTILL D., 2013a. *Physiologie du sport et de l'exercice adaptation physiologique a l'exercice physique*. 5e édition. Bruxelles : De Boeck.

KENNEY W., WILMORE L., COSTILL D. 2013b. *Physiologie du sport et de l'exercice adaptation physiologique a l'exercice physique*. 5e édition. Bruxelles : De Boeck.

LAM A., ELMER Y., Gary W., MOHUTSKY M. 2001. Possible Interaction between Warfarin and Lycium Barbarum L. In : *Annals of Pharmacotherapy* [en ligne]. 1 octobre 2001. Vol. 35, n° 10, p. 1199-1201. [Consulté le 26 novembre 2015]. Disponible à l'adresse : <http://aop.sagepub.com/content/35/10/1199>.

LÉGER L., CAZORLA G., PETIBOIS C., BOSQUET L. 2001. Lactate et exercice : mythes et réalités. In : *Staps* [en ligne]. 1 février 2001. Vol. no 54, n° 1, p. 63-76. [Consulté le 26 février 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.cairn.info/resume.php?ID_ARTICLE=STA_054_0063.

LEUNG H., HUNG A., HUI A., CHAN T. 2008. Warfarin overdose due to the possible effects of Lycium barbarum L. In : *Food and Chemical Toxicology* [en ligne]. mai 2008. Vol. 46, n° 5, p. 1860-1862.

[Consulté le 26 novembre 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691508000185>.

LIEBERMAN H., THARION W., SHUKITT-HALE J., SPECKMAN B., TULLEY R. 2002. Effects of caffeine, sleep loss, and stress on cognitive performance and mood during US Navy SEAL training. In : *Psychopharmacology* [en ligne]. 2002. Vol. 164, n° 3, p. 250–261. [Consulté le 14 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/article/10.1007/s00213-002-1217-9>.

LIEBERMAN H., WURTMAN R., RICHARD J., EMDE GAIL G., COVIELLA IGNACIO LOPEZ G., 1987. The effects of caffeine and aspirin on mood and performance. In : *Journal of clinical psychopharmacology* [en ligne]. 1987. Vol. 7, n° 5, p. 315–320. [Consulté le 14 mars 2016]. Disponible à l'adresse : http://journals.lww.com/psychopharmacology/Abstract/1987/10000/The_Effect_s_of_Caffeine_and_Aspirin_on_Mood_and.4.aspx.

LIGTHART-MELIS G., MARINI C., ENGELEN C., DEUTZ N. 2015. Glutamine supplementation, citrulline production, and de novo arginine synthesis: is there a relation? In : *The American Journal of Clinical Nutrition* [en ligne]. 1 avril 2015. Vol. 101, n° 4, p. 890-892. [Consulté le 16 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : <http://ajcn.nutrition.org/content/101/4/890.2>.

LINDA PETLICHKOFF JS. 2010. Relationship Between Competitive State Anxiety Inventory-2 Subscale Scores and Pistol Shooting Performance. In : *Human Kinetics Journals* [en ligne]. 21 avril 2010. [Consulté le 3 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://journals.humankinetics.com/jsep-back-issues/jsepvolume9issue1march/relationshipbetweencompetitivestateanxietyinventory2subscalecoresandpistolshootingperformance>.

MAJERUS M. What to Plant in Fall - Garden Design. In : *GardenDesign.com* [en ligne]. [Consulté le 26 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.gardendesign.com/plants/fall-color.html>.

MALVES JF. 2008. LES PLANTES ADAPTOGENES. In : [en ligne]. 2008. [Consulté le 16 mars 2016]. Disponible à l'adresse : http://hippocratus.com/metasite/web_site/1/contenu/public/pdf/memoires/2012/mai/les_plantes_adaptogenes.pdf.

MARCEL J., PAQUET Y. 2010. Validation française de la version modifiée du « Sport Anxiety Scale » (SAS). In : *L'Encéphale* [en ligne]. avril 2010. Vol. 36, n° 2, p. 116-121. [Consulté le 20 juin 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001370060900150X>.

MARCEL J. 2006. Influence de la modification du mode de réponse et de l'ordre de passation des échelles du CSAI-2 Modifié. In : *Mémoire de Master* [en ligne]. 2006. Vol. 2. [Consulté le 2 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.sci-sport.com/memoires/download/003.pdf>.

MARINIER F., FRANK PX. 2014. *Sportifs : Boostez vos performances au naturel*. auto-édition. Strasbourg : Auto-édition.

- MARTENS R. 1977. *Sport Competition Anxiety Test*. Champaign, IL, England : Human Kinetics Publishers.
- MARTENS R., VEALEY R., BURTON D. 1990. *Competitive Anxiety in Sport*. S.l. : Human Kinetics.
- MENTOR J. 2015. Stimulants dans le sport: légitimes ou non? In : *ergogeniq.com* [en ligne]. 17 septembre 2015. [Consulté le 14 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.ergogeniq.com/stimulants-dans-le-sport-legitimes-ou-non/>.
- MIAO H. 2015. The Research on the Impact of Maca Polypeptide on Sport Fatigue. In : *The Open Biomedical Engineering Journal* [en ligne]. 19 octobre 2015. Vol. 9, n° 1, p. 322-325. [Consulté le 7 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <http://benthamopen.com/ABSTRACT/TOBEJ-9-322>.
- MILNER C., 2015. Siberian Ginseng for Energy and Endurance. In : *The Epoch Times* [en ligne]. 5 novembre 2015. [Consulté le 26 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.theepochtimes.com/n3/1887400-siberian-ginseng-for-energy-and-endurance/>.
- MINGEON C. 2014. La place de la phytothérapie dans la prise en charge de l'insuffisance veineuse: étude de six plantes médicinales. In : [en ligne]. 2014. [Consulté le 26 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : <https://hal.inria.fr/dumas-01090470/document>.
- MOREL JM. 2008. *Traité pratique de phytothérapie*. Paris : Grancher.
- NEDELEC A. 2016. Physiologie des glandes surrénales. In : *Memobio* [en ligne]. 2016. [Consulté le 3 juin 2016]. Disponible à l'adresse : http://www.memobio.fr/html/bioc/bi_su_ph.html.
- O'CONNOR A. Anthony sports psychology: June 2015. In : [en ligne]. [Consulté le 24 avril 2016]. Disponible à l'adresse : http://anthonysportspsychology.blogspot.com/2015_06_01_archive.html.
- ORDRE NATIONAL DES PHARMACIENS. Une convention signée entre l'Ordre et le ministère des Sports pour mieux lutter contre le dopage - La lettre 53 (lundi 16 mars 2015) - Ordre National des Pharmaciens. In : [en ligne]. [Consulté le 20 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <http://lalettre.ordre.pharmacien.fr/accueil-lettre-53/Une-convention-signee-entre-l-Ordre-et-le-ministere-des-Sports-pour-mieux-lutter-contre-le-dopage>.
- OULD HAMMOU M., 2015. Dopage ou santé? Il faut choisir. In : [en ligne]. 2015. [Consulté le 13 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://dspace.univ-biskra.dz:8080/jspui/handle/123456789/5498>.
- PALAZZETTI S. La caféine, une substance ergogène lors des activités de longue durée. In : [en ligne]. [Consulté le 14 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.onlinetri.com/sites/ldpcoaching/documents/TrimagEurope12.pdf>.

PASQUET G. 2004. *L'échauffement du sportif ou comment préparer l'organisme à un effort : anatomie, physiologie, psychologie, sophrologie... (plus de 200 exercices de musculation et étirement)*. S.l. : Editions Amphora.

PASSARRIUS S., GRIFFON A., TRIGO L., MARTINEZ D. SPORT Protect – le Sport, l'Esprit en Plus. In : [en ligne]. [Consulté le 20 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.sport-protect.org/>.

PEDROLIMA, 2014. La maca : le tubercule que l'on adule. In : *Ameripolitica* [en ligne]. 17 novembre 2014. [Consulté le 29 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <https://ameripolitica.wordpress.com/2014/11/17/la-maca-le-tubercule-que-lon-adule/>.

PEREA. Sophrologie, performance et sport. In : [en ligne]. [Consulté le 4 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.sport-passion.fr/conseils/sophrologie-sport.php>.

PETTERSSON J., HINDORF U., PERSSON P., BENGTSSON T., MALMQVIST U., WERKSTRÖM V., EKELUND M. 2008. Muscular exercise can cause highly pathological liver function tests in healthy men. In : *British Journal of Clinical Pharmacology* [en ligne]. 1 février 2008. Vol. 65, n° 2, p. 253-259. [Consulté le 24 février 2016]. Disponible à l'adresse : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2125.2007.03001.x/abstract>.

PICARD-MASSON M. 2014. Portrait de la consommation des boissons énergisantes chez les étudiants de niveau collégial du Québec. In : [en ligne]. 2014. [Consulté le 15 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/5994>.

PILLON F., SCREVE C. 2011. Alimentation du sportif et conduite dopante. In : *Actualités Pharmaceutiques* [en ligne]. mars 2011. Vol. 50, n° 504, p. 15-18. [Consulté le 10 janvier 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S051537001170903X>.

POKRYWKA A., OBMIŃSKI Z., MALCZEWSKA-LENCZOWSKA J., FIJAŁEK Z., TUREK-LEPA E., GRUCZA R. 2014. Insights into Supplements with Tribulus Terrestris used by Athletes. In : *Journal of Human Kinetics* [en ligne]. juin 2014. Vol. 41, p. 99-105. [Consulté le 26 mai 2016]. Disponible à l'adresse : <http://search.ebscohost.com/bases-doc.univ-lorraine.fr/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url,uid&db=s3h&AN=96863325&lang=fr&site=eds-live&scope=site>.

POLIN D. 2014. Les sources énergétiques de la resynthèse de l'ATP à la contraction musculaire. In : [en ligne]. S.l. 2014. [Consulté le 29 septembre 2015]. Disponible à l'adresse : http://fr.slideshare.net/IRMSHN276/les-sources-energtiques-de-la-resynthese-de-latp-a-la-contraction-musculaire?qid=51eb809f-73e0-4427-8718-32901c58de7c&v=qf1&b=&from_search=2.

POORTMANS JR. 1986. La récupération après l'exercice. Analyse de la réplétion des réserves énergétiques. In : *Science & Sports* [en ligne]. octobre 1986. Vol. 1, n° 3, p. 209-230. [Consulté le 28 septembre 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S076515978680003X>.

POTTERAT O. 2010. Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity. In : *Planta Medica*. janvier 2010. Vol. 76, n° 1, p. 7-19.

ROULIER G. 2016. La Rhodiola, plante anti-stress. In : [en ligne]. 2016. [Consulté le 26 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.naturemania.com/bioproducts/rhodiola.html>.

SARICH C. 2013. Amazing Ashwagandha: The Plant for Stress Reduction, Cancer Prevention, and More. In : *Conscious Life News* [en ligne]. 15 mai 2013. [Consulté le 1 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <http://consciousofnews.com/amazing-ashwagandha-plant-stress-reduction-cancer-prevention/1157040/>.

SAURO L. 2016. Schizandra: One Food, So Many Benefits | thedigestersdilemma.com. In : [en ligne]. 2016. [Consulté le 26 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://thedigestersdilemma.com/schizandra-one-food-many-benefits/>.

SCHAWNE JA. 1983. Is lactic related to delayed onset muscle soreness. In : . *Physician Sport Med*. 1983.

SMARTTOUGHMOM. Human Body Muscles. In : *Know-It-All* [en ligne]. [Consulté le 18 octobre 2015]. Disponible à l'adresse : <https://empoweryourknowledgeandhappytrivia.wordpress.com/2014/10/19/human-body-muscles/>.

SMITH R., SMOLL E., SCHUTZ R. 1990. Measurement and correlates of sport-specific cognitive and somatic trait anxiety: The sport anxiety scale. In : *Anxiety Research* [en ligne]. 1 mai 1990. Vol. 2, n° 4, p. 263-280. [Consulté le 2 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://dx.doi.org/10.1080/08917779008248733>.

SÖKMEN B., ARMSTRONG L., KRAEMER E., CASA J., Douglas J., DIAS J., JUDELSON D., MARESH C. 2008. Caffeine Use in Sports: Considerations for the Athlete. In : *Journal of Strength and Conditioning Research* [en ligne]. mai 2008. Vol. 22, n° 3, p. 978-986. [Consulté le 15 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00124278-200805000-00047>.

SPECTOR I., CAREY P., STEINBERG L. 1996. The sexual desire inventory: development, factor structure, and evidence of reliability. In : *Journal of Sex & Marital Therapy*. 1996. Vol. 22, n° 3, p. 175-190.

STONE M., IBARRA A., ROLLER M., ZANGARA A., STEVENSON E. 2009. A pilot investigation into the effect of maca supplementation on physical activity and sexual desire in sportsmen. In : *Journal of Ethnopharmacology* [en ligne]. 10 décembre 2009. Vol. 126, n° 3, p. 574-576. [Consulté le 7 avril 2016]. Disponible à l'adresse :

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874109005728>.

STRIGLER F., COXAM V., AMIOT MJ. 2012. *Phytomicronutriments*. S.l. : Lavoisier.

TASSANEEYAKUL W., BIRKETT D., MCMANUS J., Michael E., TASSANEEYAKUL W., VERONESE M., ANDERSSON E., TUKEY T., MINERS J. 1994. Caffeine metabolism by human hepatic cytochromes p450: Contributions of 1A2, 2E1 and 3A isoforms. In : *Biochemical Pharmacology* [en ligne]. 18 mai 1994. Vol. 47, n° 10, p. 1767-1776. [Consulté le 5 mai 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0006295294903042>.

WALKER T., ROBERGS R. 2006. Does Rhodiola Rosea Possess Ergogenic Properties? In : *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*. juin 2006. Vol. 16, n° 3, p. 305-315.

WANKHEDE S., LANGADE D., JOSHI K., SINHA S., BHATTACHARYYA S. 2015. Examining the effect of Withania somnifera supplementation on muscle strength and recovery: a randomized controlled trial. In : *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [en ligne]. 25 novembre 2015. Vol. 12, n° 1, p. 1-11. [Consulté le 1 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/article/10.1186/s12970-015-0104-9>.

WATELET J. 2008. Foie et sport. In : *Gastroentérologie Clinique et Biologique* [en ligne]. novembre 2008. Vol. 32, n° 11, p. 960-972. [Consulté le 24 février 2016]. Disponible à l'adresse : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0399832008005058>.

YANG R., ZHAO C., CHEN X., CHAN S., WU J. 2015. Chemical properties and bioactivities of Goji (*Lycium barbarum*) polysaccharides extracted by different methods. In : *Journal of Functional Foods* [en ligne]. août 2015. Vol. 17, p. 903-909. [Consulté le 23 novembre 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464615003394>.

YAVUZ HU., ÖZKUM D. 2014. Herbs Potentially Enhancing Sports Performance. In : *Current Topics in Nutraceutical Research* [en ligne]. février 2014. Vol. 12, n° 1/2, p. 25-34. [Consulté le 30 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <http://search.ebscohost.com/bases-doc.univ-lorraine.fr/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url,uid&db=asx&AN=100305352&lang=fr&site=eds-live&scope=site>.

YEH TS., CHUANG H., HUANG W., CHEN Y., HUANG C., HSU M. 2014. Astragalus membranaceus Improves Exercise Performance and Ameliorates Exercise-Induced Fatigue in Trained Mice. In : *Molecules* [en ligne]. 3 mars 2014. Vol. 19, n° 3, p. 2793-2807. [Consulté le 8 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <http://www.mdpi.com/1420-3049/19/3/2793>.

Annexes

Annexe 1 : Echelle de l'Etat d'Anxiété à la Compétition (EEAC)

Sexe:					
Date de naissance:					
Instructions. <i>Un certain nombre d'affirmations que des sportifs ont utilisées pour décrire leur état d'esprit avant une compétition sont rapportées ci-dessous. Lisez chaque affirmation puis entourez le numéro approprié situé à droite de celle-ci pour indiquer ce que vous jugez vrai en ce moment. N'entourez qu'un seul numéro par phrase. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Ne passez pas trop de temps sur une des affirmations, mais choisissez la réponse qui décrit le mieux vos sentiments actuels.</i>					
		Pas du tout	Un peu	Moyen	Beaucoup
1.	Je me sens nerveux(se).	1	2	3	4
2.	Je suis à l'aise.	1	2	3	4
3.	Je doute de moi.	1	2	3	4
4.	Je suis agité(e).	1	2	3	4
5.	Je suis confiant(e).	1	2	3	4
6.	J'ai peur de ne pas être à la hauteur lors de cette compétition.	1	2	3	4
7.	Je me sens tendu(e).	1	2	3	4
8.	Je suis sûr(e) de moi.	1	2	3	4
9.	J'ai peur d'échouer.	1	2	3	4
10.	Je sens mon estomac se nouer.	1	2	3	4
11.	Je me sens en sécurité.	1	2	3	4
12.	J'ai peur d'échouer à cause de la pression.	1	2	3	4
13.	Je me sens détendu(e).	1	2	3	4
14.	Je suis sûr(e) de pouvoir relever le défi.	1	2	3	4
15.	J'ai peur d'être peu performant(e).	1	2	3	4
16.	Je sens mon cœur battre plus vite.	1	2	3	4
17.	Je suis sûr(e) de réussir.	1	2	3	4
18.	J'ai peur de ne pas atteindre mon but.	1	2	3	4
19.	Je suis mentalement détendu(e).	1	2	3	4
20.	J'ai peur de décevoir par un mauvais résultat.	1	2	3	4
21.	J'ai confiance car je me vois réussir.	1	2	3	4
22.	Je sens que mon corps est tendu.	1	2	3	4
23.	Je suis sûr(e) de ne pas céder à la pression.	1	2	3	4

Annexe 2 : Echelle d'anxiété sportive modifiée en version française « Sport Anxiety Scale » (SAS)

Un certain nombre de déclarations que les sportifs utilisent pour décrire leurs pensées et leurs sensations avant et pendant la compétition sont listées ci-dessous. Lisez chaque déclaration et entourez ensuite le chiffre à la droite de la déclaration qui correspond le mieux à la façon dont vous vous sentez généralement en compétition. Il n'y a donc pas de bonne ou de mauvaise réponse. Ne passez pas trop de temps sur chaque déclaration.

Pas du tout	Un peu	Modérément	Beaucoup
1	2	3	4

1	Je me sens nerveux(se)	1	2	3	4
2	Je doute de moi	1	2	3	4
3	Mon corps est contracté	1	2	3	4
4	Je suis préoccupé(e) à l'idée de ne pas faire aussi bien que j'en suis capable en compétition	1	2	3	4
5	Je ressens des tensions dans mon estomac	1	2	3	4
6	Penser que je pourrais réaliser une performance médiocre perturbe ma concentration pendant la compétition	1	2	3	4
7	Je suis préoccupé(e) à l'idée de craquer sous la pression	1	2	3	4
8	Mon cœur s'emballe	1	2	3	4
9	Je sens mon estomac se retourner	1	2	3	4
10	Je suis préoccupé(e) à l'idée de réaliser une performance médiocre	1	2	3	4
11	Je me retrouve parfois à trembler avant ou pendant une compétition	1	2	3	4
12	Je suis inquiet(e) par rapport à l'atteinte de mon but	1	2	3	4
13	Mon corps est crispé	1	2	3	4
14	Je suis préoccupé(e) à l'idée que les autres puissent être déçus de ma performance	1	2	3	4
15	Mon estomac est dérangé avant ou pendant une compétition	1	2	3	4
16	Mon cœur bat fort avant une compétition	1	2	3	4

DEMANDE D'IMPRIMATUR

Date de soutenance : vendredi 18 novembre 2016

<p align="center">DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE</p> <p>présenté par : Camille BLOCH</p> <p><u>Sujet</u> : Amélioration des performances mentales et physiques du sportif en s'appuyant sur la phytothérapie</p> <p>Jury :</p> <p>Président : Mme Dominique LAURAIN-MATTAR, professeur des Universités Directeur : Mme Dominique LAURAIN-MATTAR, professeur des Universités Juges : M. Jean-Claude SONNTAG, Pharmacien M. TERENCE COURBARIAUX, Pharmacien M. Christian HOLLARD, Pharmacien</p>	<p align="center">Vu, Nancy, le 14/10/2016</p> <p align="center">Le Président du Jury Directeur de Thèse <i>D. LAURAIN-MATTAR</i></p> <p align="center">M. <i>[Signature]</i> M.</p>
<p align="center">Vu et approuvé, Nancy, le 18.10.2016</p> <p align="center">Doyen de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Lorraine,</p> <p align="center"> <i>Francine PAULUS</i></p> <p align="center"></p>	<p align="center">Vu, Nancy, le 28 OCT. 2016</p> <p align="center">Le Président de l'Université de Lorraine,</p> <p align="center"> <i>Pierre MUTZENHARDT</i></p> <p align="center">N° d'enregistrement : 9340.</p>

N° d'identification : 9340

TITRE

**Amélioration des performances mentales et physiques
du sportif en s'appuyant sur la phytothérapie**

Thèse soutenue le 18 novembre 2016

Par Camille Bloch

RESUME :

Améliorer la performance humaine est une obsession, notamment dans le domaine sportif. De tout temps, l'homme a tenté d'améliorer ses performances par différents moyens. Ce travail entend explorer une facette encore peu exploitée par les sportifs; la phytothérapie comme support de leurs performances. La compétition sportive engendre du stress et de l'anxiété empêchant l'athlète de se concentrer parfaitement pour parvenir au maximum de ses capacités. Le sportif trouvera ici une réponse adaptée pour gérer de façon plus aisée son mental grâce à certaines plantes dévoilées dans ce manuscrit.

L'étude des paramètres physiologiques de l'activité physique du sportif nous amènera à nous pencher sur les plantes adaptogènes et leurs capacités à améliorer la force et l'endurance de l'athlète.

Approfondir les paramètres physiologiques de la récupération nous permettra de comprendre aisément l'intérêt des plantes antioxydantes et hépatoprotectrices dans le soutien de la récupération du sportif.

Afin d'optimiser ses performances, le sportif peut associer certaines plantes. Nous découvrirons ces synergies phytothérapeutiques à l'aide de tableaux récapitulatifs.

MOTS CLES :

Performances, sport, sportif, phytothérapie, plantes adaptogènes.

Directeur de thèse	Intitulé du laboratoire	Nature
Madame Dominique Laurain-Mattar	Laboratoire de pharmacognosie	Expérimentale <input type="checkbox"/>
		Bibliographique <input checked="" type="checkbox"/>
		Thème <input checked="" type="checkbox"/>

Thèmes	1 – Sciences fondamentales 3 – Médicament 5 - Biologie	2 – Hygiène/Environnement 4 – Alimentation – Nutrition 6 – Pratique professionnelle
--------	---	---