

Thèse  
Pour le  
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE  
Par

GALEJA Benjamin

Présentée et soutenue publiquement le 31 octobre 2024

## **L'entraînement, l'alimentation et les compléments alimentaires en musculation**

### **Membres du Jury :**

**Assesseur(s) :** Monsieur GERVOIS Philippe, MCU Université de Lille

**Membre(s) extérieur(s) :** Monsieur SZYPULA Sylvain, Pharmacien assistant à Oignies



## Faculté de Pharmacie de Lille

3 Rue du Professeur Laguesse – 59000 Lille  
03 20 96 40 40  
<https://pharmacie.univ-lille.fr>

**L'Université n'entend donner aucune approbation aux  
opinions émises dans les thèses ; celles-ci sont  
propres à leurs auteurs.**

## Université de Lille

Président  
 Premier Vice-président  
 Vice-présidente Formation  
 Vice-président Recherche  
 Vice-président Ressources humaines  
 Directrice Générale des Services

Régis BORDET  
 Etienne PEYRAT  
 Corinne ROBACZEWSKI  
 Olivier COLOT  
 Bertrand DÉCAUDIN  
 Anne-Valérie CHIRIS-FABRE

### UFR3S

Doyen  
 Premier Vice-Doyen, Vice-Doyen RH, SI et Qualité  
 Vice-Doyenne Recherche  
 Vice-Doyen Finances et Patrimoine  
 Vice-Doyen International  
 Vice-Doyen Coordination pluriprofessionnelle et Formations sanitaires  
 Vice-Doyenne Formation tout au long de la vie  
 Vice-Doyen Territoire-Partenariats  
 Vice-Doyen Santé numérique et Communication  
 Vice-Doyenne Vie de Campus  
 Vice-Doyen étudiant

Dominique LACROIX  
 Hervé HUBERT  
 Karine FAURE  
 Damien CUNY  
 Vincent DERAMECOURT  
 Sébastien D'HARANCY  
 Caroline LANIER  
 Thomas MORGENTHROTH  
 Vincent SOBANSKI  
 Anne-Laure BARBOTIN  
 Valentin ROUSSEL

### Faculté de Pharmacie

Doyen  
 Premier Assesseur et  
 Assesseur à la Santé et à l'Accompagnement  
 Assesseur à la Vie de la Faculté et  
 Assesseur aux Ressources et Personnels  
 Responsable des Services  
 Représentant étudiant  
 Chargé de mission 1er cycle  
 Chargée de mission 2eme cycle  
 Chargé de mission Accompagnement et Formation à la Recherche  
 Chargé de mission Relations Internationales  
 Chargée de Mission Qualité  
 Chargé de mission dossier HCERES

Delphine ALLORGE  
 Anne GARAT  
 Emmanuelle LIPKA  
 Cyrille PORTA  
 Honoré GUISE  
 Philippe GERVOIS  
 Héloïse HENRY  
 Nicolas WILLAND  
 Christophe FURMAN  
 Marie-Françoise ODOU  
 Réjane LESTRELIN

### Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers (PU-PH)

| Civ. | Nom          | Prénom    | Service d'enseignement                                 | Section CNU |
|------|--------------|-----------|--|-------------|
| Mme  | ALLORGE      | Delphine  | Toxicologie et Santé publique                          | 81          |
| M.   | BROUSSEAU    | Thierry   | Biochimie  | 82          |
| M.   | DÉCAUDIN     | Bertrand  | Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière      | 81          |
| M.   | DINE         | Thierry   | Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique | 81          |
| Mme  | DUPONT-PRADO | Annabelle | Hématologie  | 82          |
| Mme  | GOFFARD      | Anne      | Bactériologie - Virologie                              | 82          |
| M.   | GRESSIER     | Bernard   | Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique | 81          |
| M.   | ODOU         | Pascal    | Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière      | 80          |
| Mme  | POULAIN      | Stéphanie | Hématologie  | 82          |

|    |        |         |  |    |
|----|--------|---------|--|----|
| M. | SIMON  | Nicolas | Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique | 81 |
| M. | STAELS | Bart    | Biologie cellulaire                                    | 82 |

**Professeurs des Universités (PU)**

| Civ. | Nom         | Prénom        | Service d'enseignement                                 | Section CNU |
|------|-------------|---------------|--|-------------|
| M.   | ALIOUAT     | El Moukhtar   | Parasitologie - Biologie animale                       | 87          |
| Mme  | AZAROUAL    | Nathalie      | Biophysique - RMN                                      | 85          |
| M.   | BERLARBI    | Karim         | Physiologie  | 86          |
| M.   | BERTIN      | Benjamin      | Immunologie  | 87          |
| M.   | BLANCHEMAIN | Nicolas       | Pharmacotechnie industrielle                           | 85          |
| M.   | CARNOY      | Christophe    | Immunologie  | 87          |
| M.   | CAZIN       | Jean-Louis    | Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique | 86          |
| M.   | CUNY        | Damien        | Sciences végétales et fongiques                        | 87          |
| Mme  | DELBAERE    | Stéphanie     | Biophysique - RMN                                      | 85          |
| Mme  | DEPREZ      | Rebecca       | Chimie thérapeutique                                   | 86          |
| M.   | DEPREZ      | Benoît        | Chimie bioinorganique                                  | 85          |
| M.   | DURIEZ      | Patrick       | Physiologie  | 86          |
| M.   | ELATI       | Mohamed       | Biomathématiques                                       | 27          |
| M.   | FOLIGNÉ     | Benoît        | Bactériologie - Virologie                              | 87          |
| Mme  | FOULON      | Catherine     | Chimie analytique                                      | 85          |
| M.   | GARÇON      | Guillaume     | Toxicologie et Santé publique                          | 86          |
| M.   | GOOSSENS    | Jean-François | Chimie analytique                                      | 85          |
| M.   | HENNEBELLE  | Thierry       | Pharmacognosie   | 86          |
| M.   | LEBEGUE     | Nicolas       | Chimie thérapeutique                                   | 86          |
| M.   | LEMDANI     | Mohamed       | Biomathématiques                                       | 26          |
| Mme  | LESTAVEL    | Sophie        | Biologie cellulaire                                    | 87          |
| Mme  | LESTRELIN   | Réjane        | Biologie cellulaire                                    | 87          |
| Mme  | LIPKA       | Emmanuelle    | Chimie analytique                                      | 85          |
| Mme  | MELNYK      | Patricia      | Chimie physique  | 85          |

|     |               |                 |   |    |
|-----|---------------|-----------------|---|----|
| M.  | MILLET        | Régis           | Institut de Chimie Pharmaceutique<br>Albert Lespagnol | 86 |
| Mme | MUHR-TAILLEUX | Anne            | Biochimie   | 87 |
| Mme | PERROY        | Anne-Catherine  | Droit et Economie pharmaceutique                      | 86 |
| Mme | RIVIÈRE       | Céline          | Pharmacognosie  | 86 |
| Mme | ROMOND        | Marie-Bénédicte | Bactériologie - Virologie                             | 87 |
| Mme | SAHPAZ        | Sevser          | Pharmacognosie  | 86 |
| M.  | SERGHERAERT   | Éric            | Droit et Economie pharmaceutique                      | 86 |
| M.  | SIEPMANN      | Juergen         | Pharmacotechnie industrielle                          | 85 |
| Mme | SIEPMANN      | Florence        | Pharmacotechnie industrielle                          | 85 |
| M.  | WILLAND       | Nicolas         | Chimie organique                                      | 86 |

#### Maîtres de Conférences - Praticiens Hospitaliers (MCU-PH)

| Civ. | Nom      | Prénom          | Service d'enseignement                                    | Section CNU |
|------|----------|-----------------|---|-------------|
| Mme  | CUVELIER | Élodie          | Pharmacologie, Pharmacocinétique et<br>Pharmacie clinique | 81          |
| Mme  | DANEL    | Cécile          | Chimie analytique   | 85          |
| Mme  | DEMARET  | Julie           | Immunologie   | 82          |
| Mme  | GARAT    | Anne            | Toxicologie et Santé publique                             | 81          |
| Mme  | GENAY    | Stéphanie       | Biopharmacie, Pharmacie galénique et<br>hôpitalière       | 81          |
| M.   | GRZYCH   | Guillaume       | Biochimie   | 82          |
| Mme  | HENRY    | Héloïse         | Biopharmacie, Pharmacie galénique et<br>hôpitalière       | 80          |
| M.   | LANNOY   | Damien          | Biopharmacie, Pharmacie galénique et<br>hôpitalière       | 80          |
| Mme  | MASSE    | Morgane         | Biopharmacie, Pharmacie galénique et<br>hôpitalière       | 81          |
| Mme  | ODOU     | Marie-Françoise | Bactériologie - Virologie                                 | 82          |

#### Maîtres de Conférences des Universités (MCU)

| Civ. | Nom             | Prénom       | Service d'enseignement           | Section CNU |
|------|-----------------|--------------|----------------------------------|-------------|
| Mme  | ALIOUAT         | Cécile-Marie | Parasitologie - Biologie animale | 87          |
| M.   | ANTHÉRIEU       | Sébastien    | Toxicologie et Santé publique    | 86          |
| Mme  | AUMERCIER       | Pierrette    | Biochimie                        | 87          |
| M.   | BANTUBUNGI-BLUM | Kadiombo     | Biologie cellulaire              | 87          |
| M.   | BERTHET         | Jérôme       | Biophysique - RMN                | 85          |

|     |                    |                 |  |    |
|-----|--------------------|-----------------|--|----|
| M.  | BOCHU              | Christophe      | Biophysique - RMN                                      | 85 |
| M.  | BORDAGE            | Simon           | Pharmacognosie   | 86 |
| M.  | BOSC               | Damien          | Chimie thérapeutique                                   | 86 |
| Mme | BOU KARROUM        | Nour            | Chimie bioinorganique                                  |    |
| M.  | BRIAND             | Olivier         | Biochimie  | 87 |
| Mme | CARON-HOUDE        | Sandrine        | Biologie cellulaire                                    | 87 |
| Mme | CARRIÉ             | Hélène          | Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique | 86 |
| Mme | CHABÉ              | Magali          | Parasitologie - Biologie animale                       | 87 |
| Mme | CHARTON            | Julie           | Chimie organique                                       | 86 |
| M.  | CHEVALIER          | Dany            | Toxicologie et Santé publique                          | 86 |
| Mme | DEMANCHE           | Christine       | Parasitologie - Biologie animale                       | 87 |
| Mme | DEMARQUILLY        | Catherine       | Biomathématiques                                       | 85 |
| M.  | DHIFI              | Wajdi           | Biomathématiques                                       | 27 |
| Mme | DUMONT             | Julie           | Biologie cellulaire                                    | 87 |
| M.  | EL BAKALI          | Jamal           | Chimie thérapeutique                                   | 86 |
| M.  | FARCE              | Amaury          | Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol     | 86 |
| M.  | FLIPO              | Marion          | Chimie organique                                       | 86 |
| M.  | FRULEUX            | Alexandre       | Sciences végétales et fongiques                        |    |
| M.  | FURMAN             | Christophe      | Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol     | 86 |
| M.  | GERVOIS            | Philippe        | Biochimie  | 87 |
| Mme | GOOSSENS           | Laurence        | Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol     | 86 |
| Mme | GRAVE              | Béatrice        | Toxicologie et Santé publique                          | 86 |
| M.  | HAMONIER           | Julien          | Biomathématiques                                       | 26 |
| Mme | HAMOUDI-BEN YELLES | Chérifa-Mounira | Pharmacotechnie industrielle                           | 85 |
| Mme | HANNOTHIAUX        | Marie-Hélène    | Toxicologie et Santé publique                          | 86 |
| Mme | HELLEBOID          | Audrey          | Physiologie  | 86 |
| M.  | HERMANN            | Emmanuel        | Immunologie  | 87 |
| M.  | KAMBIA KPAKPAGA    | Nicolas         | Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique | 86 |
| M.  | KARROUT            | Younes          | Pharmacotechnie industrielle                           | 85 |

|     |             |               |  |    |
|-----|-------------|---------------|--|----|
| Mme | LALLOYER    | Fanny         | Biochimie  | 87 |
| Mme | LECOEUR     | Marie         | Chimie analytique                                  | 85 |
| Mme | LEHMANN     | Hélène        | Droit et Economie pharmaceutique                   | 86 |
| Mme | LELEU       | Natascha      | Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol | 86 |
| M.  | LIBERELLE   | Maxime        | Biophysique - RMN                                  |    |
| Mme | LOINGEVILLE | Florence      | Biomathématiques                                   | 26 |
| Mme | MARTIN      | Françoise     | Physiologie  | 86 |
| M.  | MENETREY    | Quentin       | Bactériologie - Virologie                          |    |
| M.  | MOREAU      | Pierre-Arthur | Sciences végétales et fongiques                    | 87 |
| M.  | MORGENROTH  | Thomas        | Droit et Economie pharmaceutique                   | 86 |
| Mme | MUSCHERT    | Susanne       | Pharmacotechnie industrielle                       | 85 |
| Mme | NIKASINOVIC | Lydia         | Toxicologie et Santé publique                      | 86 |
| Mme | PINÇON      | Claire        | Biomathématiques                                   | 85 |
| M.  | PIVA        | Frank         | Biochimie  | 85 |
| Mme | PLATEL      | Anne          | Toxicologie et Santé publique                      | 86 |
| M.  | POURCET     | Benoît        | Biochimie  | 87 |
| M.  | RAVAUX      | Pierre        | Biomathématiques / Innovations pédagogiques        | 85 |
| Mme | RAVEZ       | Séverine      | Chimie thérapeutique                               | 86 |
| Mme | ROGEL       | Anne          | Immunologie  |    |
| M.  | ROSA        | Mickaël       | Hématologie  |    |
| M.  | ROUMY       | Vincent       | Pharmacognosie                                     | 86 |
| Mme | SEBTI       | Yasmine       | Biochimie  | 87 |
| Mme | SINGER      | Elisabeth     | Bactériologie - Virologie                          | 87 |
| Mme | STANDAERT   | Annie         | Parasitologie - Biologie animale                   | 87 |
| M.  | TAGZIRT     | Madjid        | Hématologie  | 87 |
| M.  | VILLEMAGNE  | Baptiste      | Chimie organique                                   | 86 |
| M.  | WELTI       | Stéphane      | Sciences végétales et fongiques                    | 87 |
| M.  | YOUS        | Saïd          | Chimie thérapeutique                               | 86 |
| M.  | ZITOUNI     | Djamel        | Biomathématiques                                   | 85 |

**Professeurs certifiés**

| Civ. | Nom      | Prénom    | Service d'enseignement |
|------|----------|-----------|------------------------|
| Mme  | FAUQUANT | Soline    | Anglais                |
| M.   | HUGES    | Dominique | Anglais                |
| Mme  | KUBIK    | Laurence  | Anglais                |
| M.   | OSTYN    | Gaël      | Anglais                |

**Professeurs Associés**

| Civ. | Nom      | Prénom     | Service d'enseignement           | Section CNU |
|------|----------|------------|----------------------------------|-------------|
| M.   | DAO PHAN | Haï Pascal | Chimie thérapeutique             | 86          |
| M.   | DHANANI  | Alban      | Droit et Economie pharmaceutique | 86          |

**Maîtres de Conférences Associés**

| I. Civ.    | II. Nom            | III. Prénom     | IV. Service d'enseignement    | V. Section<br>VI. CNU |
|------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------|
| VII. M.    | VIII. COUSEIN      | IX. Etienne     | X. Biopharmacie, Pharmacie    | XI.                   |
| XII. Mme   | XIII. CUCCHI       | XIV. Malgorzata | XV. Biomathématiques          | XVI. 85               |
| XVII. M.   | XVIII. DUFOSEZ     | XIX. François   | XX. Biomathématiques          | XXI. 85               |
| XXII. M.   | XXIII. FRIMAT      | XXIV. Bruno     | XXV. Pharmacologie,           | XXVI. 85              |
| XXVII. M.  | XXVIII. GILLOT     | XXIX. François  | XXX. Droit et Economie        | XXXI. 86              |
| XXXII. M.  | XXXIII. MITOUMBA   | XXXIV. Fabrice  | XXXV. Biopharmacie, Pharmacie | XXXVI. 86             |
| XXXVII. M. | XXXVIII. PELLETIER | XXXIX. Franck   | XL. Droit et Economie         | XLI. 86               |

**Assistants Hospitalo-Universitaire (AHU)**

| Civ. | Nom       | Prénom   | Service d'enseignement                                 | Section CNU |
|------|-----------|----------|--|-------------|
| M.   | BOUDRY    | Augustin | Biomathématiques                                       |             |
| Mme  | DERAMOUDT | Laure    | Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique |             |
| Mme  | GILLIOT   | Sixtine  | Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière      |             |
| M.   | GISH      | Alexandr | Toxicologie et Santé publique                          |             |
| Mme  | NEGRIER   | Laura    | Chimie analytique                                      |             |

**Hospitalo-Universitaire (PHU)**

|     | <b>Nom</b> | <b>Prénom</b> | <b>Service d'enseignement</b> | <b>Section CNU</b> |
|-----|------------|---------------|-------------------------------|--------------------|
| M.  | DESVAGES   | Maximilien    | Hématologie                   |                    |
| Mme | LENSKI     | Marie         | Toxicologie et Santé publique |                    |

**Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche (ATER)**

| <b>Civ.</b> | <b>Nom</b>      | <b>Prénom</b> | <b>Service d'enseignement</b>                          | <b>Section CNU</b> |
|-------------|-----------------|---------------|--|--------------------|
| Mme         | BERNARD         | Lucie         | Physiologie  |                    |
| Mme         | BARBIER         | Emeline       | Toxicologie  |                    |
| Mme         | COMAPGNE        | Nina          | Chimie Organique                                       |                    |
| Mme         | COULON          | Audrey        | Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique |                    |
| M.          | DUFOSSEZ        | Robin         | Chimie physique  |                    |
| Mme         | KOUAGOU         | Yolène        | Sciences végétales et fongiques                        |                    |
| M.          | MACKIN MOHAMOUR | Synthia       | Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière      |                    |

**Enseignant contractuel**

| <b>Civ.</b> | <b>Nom</b>     | <b>Prénom</b>    | <b>Service d'enseignement</b>                     |
|-------------|----------------|------------------|---|
| M.          | MARTIN MENA    | Anthony          | Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière |
| XLII. M.    | XLIII. MASCAUT | XLIV. Daniel     | XLV. Pharmacologie,                               |
| XLVI. Mme   | XLVII. NDIAYE- | XLVIII. Maguette | XLIX. Anglais                                     |
| M.          | ZANETTI        | Sébastien        | Biomathématiques                                  |

## **Table des matières :**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCTION .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>I. L'ENTRAINEMENT : .....</b>   | <b>21</b> |
| A. L'CHAUFFEMENT : .....   | 21        |
| 1. <i>Son but :</i> .....  | 21        |
| 2. <i>Organisation de l'échauffement :</i> .....                                 | 21        |
| B. LES EXERCICES .....   | 22        |
| 1. <i>Le volume d'entraînement :</i> .....                                       | 22        |
| 2. <i>La charge de travail</i> .....   | 22        |
| 3. <i>L'intensité :</i> .....  | 23        |
| 4. <i>Exemple d'un programme de musculation :</i> .....                          | 23        |
| C. LES ETIREMENTS (= STRETCHING) .....   | 24        |
| 1. <i>Intérêts :</i> .....   | 24        |
| 2. <i>Exécution</i> .....  | 25        |
| D. L'ENTRAINEMENT EN FONCTION DE SON MORPHOTYPE .....                            | 25        |
| 1. <i>Origine des différents morphotypes</i> .....                               | 25        |
| 2. <i>L'ectomorphe</i> : .....   | 26        |
| 3. <i>L'endomorphe</i> : .....   | 27        |
| 4. <i>Le mésomorphe</i> .....  | 28        |
| 5. <i>Le rôle du pharmacien au comptoir</i> : .....                              | 28        |
| <b>II. L'ALIMENTATION DANS LA MUSCULATION : .....</b>                            | <b>30</b> |
| A. LES BESOINS NUTRITIONNELS GENERAUX .....                                      | 30        |
| 1. <i>La quantité de macronutriments</i> .....                                   | 30        |
| 2. <i>Les calories</i> .....   | 31        |
| B. CALCUL DES APPORTS ENERGETIQUES JOURNALIERS : .....                           | 32        |
| 1. <i>Le métabolisme de base = repos</i> : .....                                 | 32        |
| 2. <i>Le niveau d'activité physique (=NAP)</i> : .....                           | 34        |
| 3. <i>La dépense énergétique journalière (DEJ)</i> : .....                       | 34        |
| 4. <i>Exemples</i> : .....   | 36        |
| C. LA REPARTITION DES MACRONUTRIMENTS : .....                                    | 37        |
| 1. <i>Les protéines</i> : .....  | 37        |
| 2. <i>Les glucides</i> .....   | 39        |
| 3. <i>Les lipides</i> .....  | 45        |
| D. LES MICRONUTRIMENTS .....   | 49        |
| 1. <i>Définition</i> .....   | 49        |
| 2. <i>Intérêts en musculation</i> .....  | 49        |
| E. L'ALIMENTATION EN FONCTION DE SON MORPHOTYPE : .....                          | 49        |
| 1. <i>L'ectomorphe</i> : .....   | 49        |
| 2. <i>L'endomorphe</i> .....   | 49        |
| 3. <i>Le mésomorphe</i> .....  | 50        |
| F. L'HYDRATATION : .....   | 50        |
| 1. <i>La répartition dans l'organisme</i> .....                                  | 50        |
| 2. <i>Hydratation corporelle et performance</i> .....                            | 51        |
| <b>III. LE REPOS: .....</b>  | <b>52</b> |
| A. AU COURS D'UNE SEANCE : .....   | 52        |
| B. EN DEHORS DES SEANCES : .....   | 52        |
| 1. <i>Entre deux séances</i> .....   | 52        |
| 2. <i>Le sommeil</i> .....   | 53        |
| <b>IV. LES COMPLEMENTS ALIMENTAIRES : .....</b>                                  | <b>55</b> |
| A. A BASE DE PROTEINES .....   | 55        |
| 1. <i>La whey = petit lait = lactosérum</i> .....                                | 55        |
| 2. <i>La créatine</i> : .....  | 58        |
| 3. <i>La caséine</i> : .....   | 61        |
| 4. <i>La L-carnitine</i> .....   | 63        |
| 5. <i>Les BCAA (Branched-chain amino acid) ou acides aminés branchés</i> : ..... | 64        |

|  |           |
|--|-----------|
| 6. <i>Le collagène :</i>   | 66        |
| B. A BASE DE LIPIDES :   | 67        |
| 1. <i>Les oméga 3 :</i>  | 67        |
| C. A BASE DE GLUCIDES  | 68        |
| 1. <i>Les sucres simples : dextrose = D-glucose</i>                  | 68        |
| 2. <i>La maltodextrine :</i>   | 69        |
| 3. <i>Le vitargo</i>   | 71        |
| D. LES AUTRES COMPLEMENTS :  | 72        |
| 1. <i>Les gainer</i>   | 72        |
| 2. <i>Les pré-workout (anglicisme signifiant pré entraînement)</i> : | 72        |
| 3. <i>Les micronutriments : vitamines et minéraux</i> :              | 74        |
| E. LA PHYTOTHERAPIE :  | 76        |
| 1. <i>Avant l'entraînement</i> :                                     | 76        |
| 2. <i>Après l'entraînement</i> :                                     | 78        |
| F. LES COMPLEMENTS ALIMENTAIRES EN FONCTION DE SON MORPHOTYPE        | 78        |
| 1. <i>L'ectomorphe</i> :   | 78        |
| 2. <i>L'endomorphe</i> :   | 79        |
| 3. <i>Le mésomorphe</i>  | 79        |
| <b>V. CONCLUSION</b>   | <b>80</b> |

### **Remerciements :**

C'est après des années d'études, de doutes, de travail, de blessures aussi bien physiques que morales, que je tire enfin un trait et que je vous écris ces dernières lignes.

En effet, l'élaboration de cette thèse fut un très long périple, plus long que je ne l'aurai imaginé. Mais peu importe le temps passé, nous en sommes là aujourd'hui et j'ai le sentiment du devoir accompli. Des heures devant les écrans, à lire et traduire des articles scientifiques afin de justifier chacun de mes propos, des échanges aussi bien avec des sportifs, des passionnés de sport et de musculation, des collègues de travail ... C'est donc avant tout un travail collectif, d'échanges, avant d'être simplement un objectif individuel.

C'est pourquoi je tiens à remercier mes parents, qui m'ont toujours poussé dans les études depuis mon plus jeune âge, et qui m'ont permis de me tenir devant vous aujourd'hui. Sans leurs concessions je n'aurai pas pu me tenir devant vous aujourd'hui. Papa, j'espère que tu seras fier de moi de là-haut.

Je souhaite également remercier mon entourage proche, mes amis pour tous ces moments d'évasions indispensables, notamment pour décompresser entre les partiels.

Une mention plus particulière à mon binôme de choc, Marine ROBILLARD sans qui toutes ces années d'études n'auraient jamais eu la même saveur. Ma vraie boussole dans la faculté, toujours là pour m'orienter dans les bonnes salles ou amphi, me rappeler les dernières actualités ou les derniers changements de programme dont je n'étais jamais au courant, les choses à réviser.... Et ceci jusqu'à l'écriture de ces dernières lignes, alors que la thèse est déjà loin derrière toi. Merci pour tout !

Merci à Sylvain SZYPULA, un ami comme on en a peu, celui qu'on peut compter sur les doigts d'une main. Sous le même maillot de football d'abord, puis ensemble sur les bancs du collège, du lycée, jusqu'aux bancs de la faculté... Tu seras même dans mon jury pour clore ce dernier chapitre avant d'en écrire plein de nouveaux !

Merci à la faculté de pharmacie de Lille, qui m'a permis d'accomplir mon objectif de devenir pharmacien.

Je remercie Monsieur Philippe GERVOIS, mon directeur de thèse, d'avoir accepté de me suivre dans cette aventure. Merci pour votre implication et d'avoir fait tout votre possible pour que ce travail soit finalement présenté en temps et en heure.

Je tiens également à remercier monsieur Bernard GRESSIER de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.

## **Table des abréviations :**

AA : acides aminés

AFDN : Association française des diététiciens nutritionnistes

ANC : apport nutritionnel conseillé

ANSES : agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

AG : acide gras

ATP : adenosine triphosphate

BCAA: acides aminés à chaîne ramifiée

DEJ: dépense énergétique journalière

DHA : acide docosahexaénoïque

EAA : acides aminés essentiels

EFSA : autorité européenne de sécurité des aliments

EPA : acide eicosapentaénoïque

GMP : glycomaclopeptides

MB : Métabolisme de base

NAP : niveau d'activité physique

pH : potentiel Hydrogène

PNNS: programme national nutrition santé

## **Table des tableaux**

Tableau 1 : Exemple d'un programme de prise de muscles de 8 semaines sur un exercice polyarticulaire

Tableau 2 : Les apports en macronutriments recommandés chez l'adulte

Tableau 3 : Nombre de calories apportées par chacun des macronutriments

Tableau 4 : Exemples de profils avec leur NAP associé

Tableau 5 : Aliments riches en fibres alimentaires :

Tableau 6 : Pourcentage d'eau contenu dans certains aliments

Tableau 7 : Aliments riches en Vitamine B12

Tableau 8 : Teneur en caféine retrouvée dans quelques produits du quotidien

## Table des figures :

Figure 1 : Chiffre d'affaires du fitness (en milliard d'euros) chez les dix premiers pays européens

Figure 2 : Les principaux socles de la musculation

Figure 3 : Schéma explicatif des phases concentriques et excentriques

Figure 4 : Schéma des feuillets embryonnaires

Figure 5 : Aspect d'une morphologie de type ectomorphe

Figure 6 : Aspect d'une morphologie de type endomorphe

Figure 7 : Aspect d'une morphologie de type mésomorphe

Figure 8 : Représentation d'un apport alimentaire excessif

Figure 9 : Représentation d'un apport alimentaire insuffisant

Figure 10 : Schéma représentant la structure d'une protéine

Figure 11 : Les types de glucides et leurs sources alimentaires

Figure 12 : Incidence de l'index glycémique d'un aliment sur la glycémie après ingestion d'un repas

Figure 13 : Index glycémique d'aliments courants

Figure 14 : Différents types de fibres alimentaires

Figure 15 : Schéma d'un triglycéride et d'un phospholipide

Figure 16 : La synthèse d'ATP

Figure 17 : Étapes de séparation de la caséine et du lactosérum

Figure 18 : Formule chimique de la molécule de créatine

Figure 19 : Schéma de la voie anaérobie de la phosphocréatine

Figure 20 : Schéma de micelle et sous micelle de caséine

Figure 21 : Structure 2D de la L-Carnitine

Figure 22 : Rôle de la L-Carnitine dans le transport de l'acyl-CoA à travers la membrane mitochondriale

Figure 23 : Structure moléculaire de la Leucine, Isoleucine et Valine

Figure 24 : Organisation structurale du collagène

Figure 25 : Énantiomère D Du Glucose

Figure 26 : Échelle Dextrose Équivalent

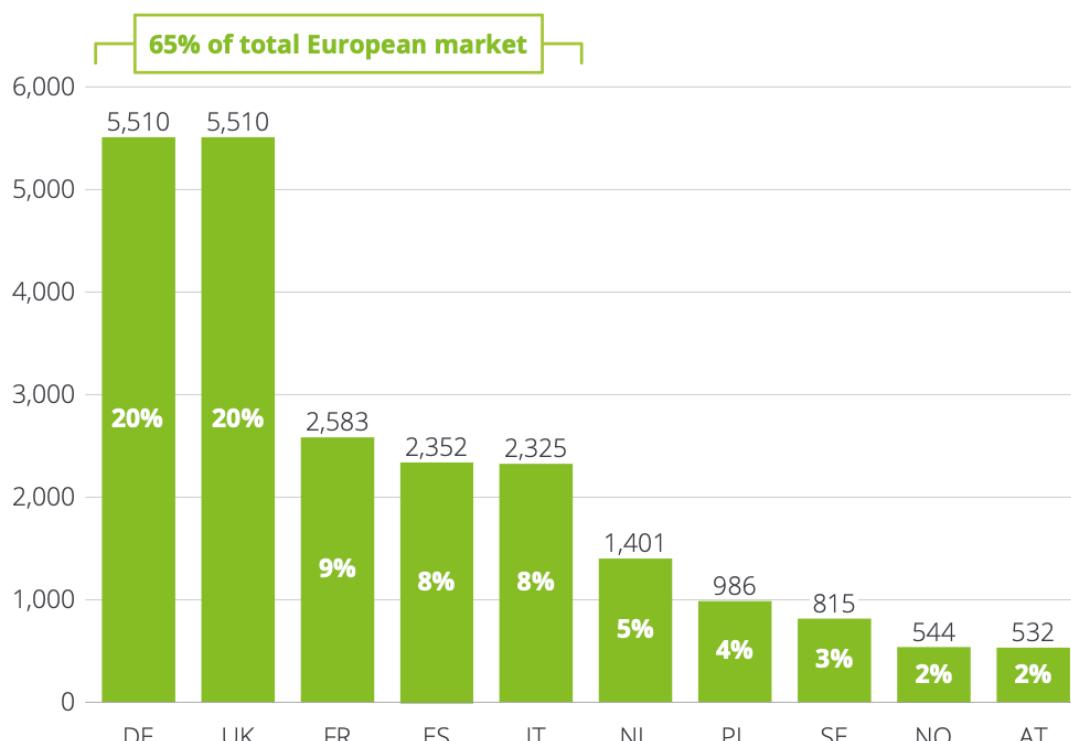
## Introduction

La musculation est un sport de plus en plus répandu, en France comme en Europe. En effet, le rapport datant de 2020 réalisé par Deloitte portant sur le marché européen de la santé et du fitness a permis d'illustrer cette croissance florissante des salles de sport.

En effet, entre 2017 et 2019 c'est 23% de nouveaux clubs de sport dans toute l'Europe.

Concernant la France, on estime un chiffre d'affaires annuel estimé à 2,6 milliards d'euros, ce qui place notre pays dans le top cinq des plus grands marchés européens du sport en salle. (1)

Les cinq premiers pays que sont l'Allemagne, le Royaume Uni, la France, l'Espagne et l'Italie représentent à eux seuls, 65% du marché européen total de la santé et du fitness.



Source: EuropeActive, Deloitte.

Figure 1 : Chiffre d'affaires du fitness (en milliard d'euros) chez les dix premiers pays européens

La France compte 6,2 millions d'abonnés aux salles de sport, juste derrière l'Angleterre et l'Allemagne. On se rend mieux compte de l'importance du marché puisque cela correspond à près de 10% de la population française.

Cette progression constante depuis ces dernières années s'explique par l'explosion des clubs low-cost qui ont ouvert des dizaines de nouvelles franchises dans les grandes villes, entraînant par la même occasion une baisse du prix moyen de l'abonnement mensuel, se situant aux alentours des quarante euros. On dénombre ainsi plus de 4500 salles de sport à travers le pays.

Le marché a été fortement frappé par la pandémie et la crise sanitaire de 2020 et 2021 où on a enregistré une baisse d'environ 27% du chiffre d'affaires, conséquence des périodes de fermeture et de mise en place du pass sanitaire.

Cela a tout de même permis d'éveiller la conscience des Français qui se sont davantage sensibilisés à la pratique d'une activité sportive et qui ont pu y trouver des motivations très diverses comme :

- Le culte de l'apparence physique : prise de masse ou perte de poids
- Le bien être : aussi bien physique que mental
- Se vider la tête et décompresser après des journées de travail mouvementées
- Se muscler de manière complémentaire à un autre sport pour être encore plus performant
- Ou tout simplement pour être en bonne santé

Peu importe l'objectif de chacun, il n'y aura de résultats que si l'activité physique est corrélée à une hygiène de vie et une alimentation adaptée. En effet on peut assimiler la musculation à une pyramide, où l'entraînement en est le socle. Puis juste au-dessus on retrouve l'alimentation qui est essentielle quel que soit l'objectif recherché. Enfin, au sommet de cette pyramide on a les compléments alimentaires qui peuvent venir jouer un rôle dans la quête de l'objectif du sportif. Cette pyramide serait incomplète sans mentionner le repos, qui occupe une place primordiale afin de permettre au corps la synthèse musculaire.

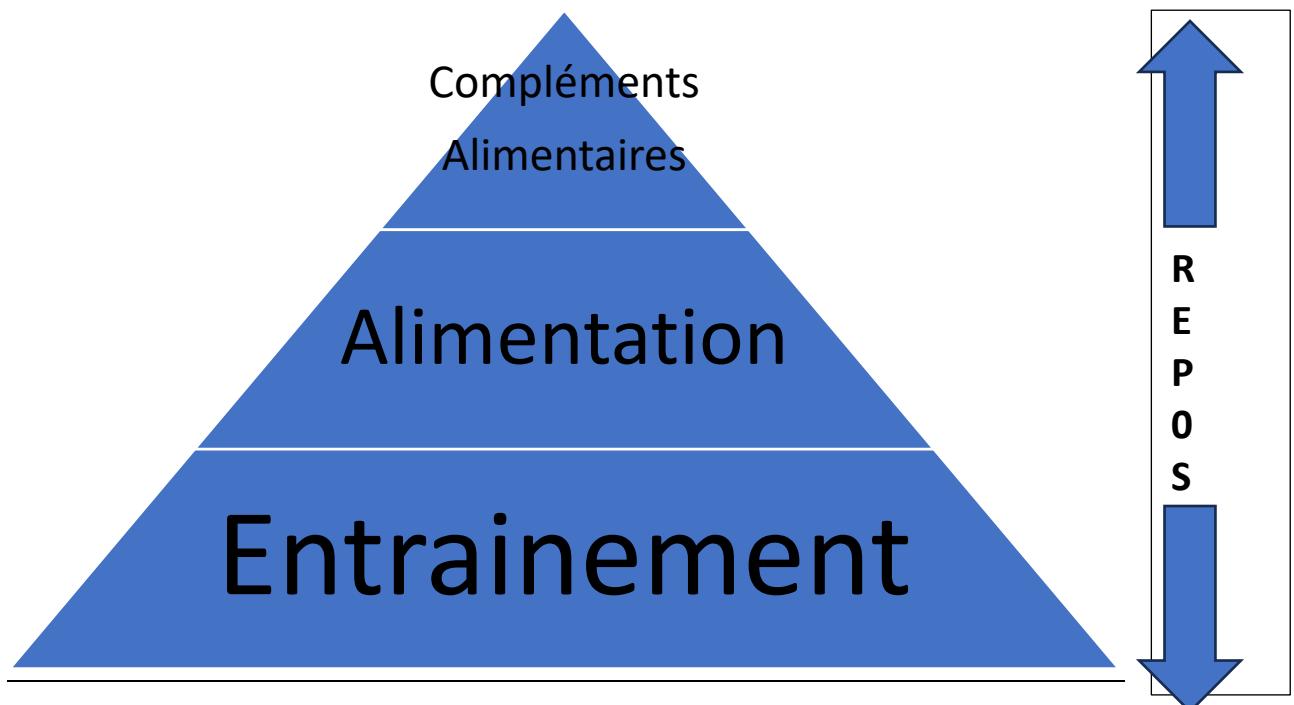


Figure 2 : Les principaux socles de la musculation

Nous vivons actuellement dans la période de l'avènement des réseaux sociaux, où le culte de l'image de soi est de plus en plus présent. Ceci tend à expliquer l'engouement croissant des adeptes de musculation. C'est pourquoi le pharmacien d'officine a un rôle de conseils de plus en plus important à jouer étant donné l'accroissement du nombre de sportifs franchissant tous les jours les portes de sa pharmacie.

Dans un premier temps nous aborderons rapidement l'entraînement qui est primordial dans le cadre de la musculation afin d'obtenir des résultats. Ce premier point sera abordé succinctement car il ne s'agit pas du point pour lequel le pharmacien d'officine sera le plus questionné au comptoir. En effet cela relève plutôt du coach sportif.

Dans un second temps nous nous pencherons sur l'alimentation qui occupe une place essentielle en musculation. Le pharmacien d'officine pourra apporter tout son savoir acquis au cours de ses études pour aider au mieux les sportifs en fonction de leurs objectifs, mais aussi en fonction de leur morphotype.

Ensuite nous nous attarderons sur l'importance du repos, parfois trop souvent négligé chez certains sportifs, qui est pourtant essentiel non seulement pour éviter les blessures, mais aussi pour permettre la synthèse musculaire. Ce dernier est tellement important qu'il guide les athlètes en musculation dans l'organisation de leurs séances, en alternant par exemple les séances haut du corps et bas du corps.

Enfin, nous verrons que le pharmacien d'officine a tout un arsenal de compléments alimentaires à sa disposition qui pourront également permettre à ses patients d'atteindre les objectifs souhaités, lorsque l'alimentation seule ne suffit plus.

## I. L'entraînement :

Avant de parler de l'alimentation puis de voir les compléments alimentaires qui comme leur nom l'indique ne sont là que pour compléter une alimentation saine et équilibrée, il était pour moi essentiel d'aborder succinctement l'importance de l'entraînement.

En effet, que l'on veuille entamer une prise de masse ou une sèche, même avec la meilleure alimentation qui soit, aucun résultat ne sera possible sans entraînement. La croissance musculaire commence toujours par un entraînement de qualité c'est pourquoi ce dernier occupe la base de la pyramide.

### A. L'échauffement :

#### 1. **Son but :**

L'échauffement fait partie intégrante de la séance de musculation. Comme on sollicite énormément les muscles, le but essentiel de l'échauffement va être d'éviter les blessures.

(2) Mais il permet également l'amélioration des possibilités organiques :

- Augmentation de la température corporelle : cela entraîne une augmentation de la dissociation de l'oxygène de l'hémoglobine et de la myoglobine
- Augmentation du débit sanguin : le sang est transporté plus vite au niveau des muscles qui auront à leur disposition plus de nutriments.
- Augmentation de la vitesse de contraction musculaire et des niveaux de force
- Augmentation de l'élasticité musculaire : les muscles seront plus souples ce qui permet d'éviter les élongations/ déchirures. (3)

L'échauffement va permettre également d'améliorer la motricité corporelle :

- Meilleure transmission de l'influx nerveux
- Meilleure sensibilité proprioceptive : on ressent beaucoup mieux la zone que l'on va travailler lors de notre séance (4)

#### 2. **Organisation de l'échauffement :**

L'échauffement doit être progressif, il dure en général une dizaine de minutes et dans le cadre de la musculation on peut le scinder en deux parties :

- L'échauffement général : il se concentre sur les grands groupes musculaires. Il permet de préparer le corps à l'effort, le but est d'augmenter le rythme progressivement pour activer la circulation afin d'obtenir une sensation de chaleur dans tout le corps. Différents exercices sont possibles comme de la corde à sauter, du vélo, du rameur... Ici, il faut peu de charges mais du dynamisme. On peut également réaliser quelques étirements activo-dynamiques.
- L'échauffement spécifique : il sera orienté selon la séance prévue. Il s'agit d'échauffer les muscles sur des ateliers spécifiques, avec des charges légères afin de se concentrer sur la réalisation, d'effectuer de parfaites exécutions afin de préparer le muscle à l'effort particulier qu'il va devoir faire. (3)

Une troisième partie peut être considérée également comme une partie de cet échauffement, il s'agit de l'échauffement passif dont l'objectif est d'augmenter la température corporelle par un moyen externe. On pourra par exemple conseiller des crèmes chauffantes au comptoir.

## B. Les exercices

Il existe différents programmes d'entraînement en musculation. On a notamment le programme Upper Lower où l'entraînement du corps est séparé en deux, le Full body où l'intégralité des muscles sont travaillés sur une séance ou encore l'entraînement en split où on se focalise sur certains muscles précis. Les programmes vont dépendre de la fréquence d'entraînement par semaine, des points forts et points faibles de chacun ou encore tout simplement de la préférence du pratiquant. Il sera bien entendu essentiel de réaliser une bonne exécution de chacun des mouvements afin non seulement d'avoir une efficacité maximale, mais aussi d'éviter les blessures.

Mais peu importe le programme choisi, que l'on soit un sportif amateur ou un bodybuilder professionnel, la clé d'un entraînement réussi repose sur trois piliers principaux :

- Le volume d'entraînement
- La charge de travail
- L'intensité des exercices.

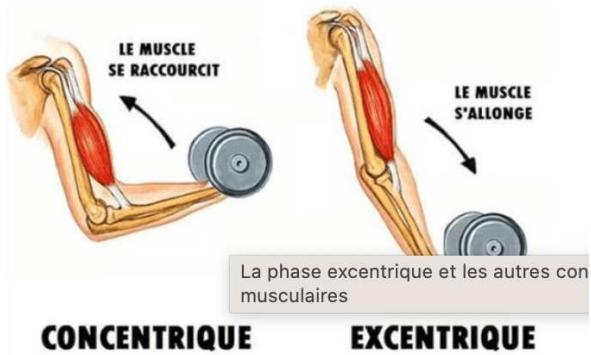
### **1. Le volume d'entraînement :**

Quand on parle de volume d'entraînement on fait référence au nombre total d'exercices, de séries et de répétitions que l'on effectue au cours d'une séance de musculation. Il correspond donc au tonnage total déplacé pendant une séance de musculation. Par exemple au développé couché si on réalise 4 séries de 8 répétitions avec 100 kilos, le total déplacé sera de 3200 kilos. En ajoutant l'ensemble des autres exercices, on obtiendra le tonnage total d'un entraînement. Ce volume d'entraînement va donc augmenter au fur et à mesure de l'expérience du sportif.

Des répétitions faibles à élevées (de 3 à 15) peuvent être utilisées, mais la plupart des répétitions doivent se situer entre 6 et 12, en utilisant une charge de 70 à 80% de la charge maximale. (5) Environ 40 à 70 répétitions par groupe musculaire et par séance doivent être effectuées. Un volume d'entraînement plus important pourra bien entendu être approprié pour des bodybuilders plus avancés.

### **2. La charge de travail**

La charge de travail correspond aux poids que l'on utilise au cours de l'exercice. Cette charge va donc entraîner un stress sur le muscle, afin de le déchirer pour ensuite entraîner une croissance de ce même muscle. Cette croissance lui permettra ainsi de s'adapter et de devenir plus fort pour manipuler la même charge sans dommage. Afin de ne pas stagner, il est donc important d'augmenter cette charge de travail, afin de traumatiser davantage le muscle et le forcer à croître de plus en plus. Cependant cette charge ne doit pas empêcher l'exécution parfaite du mouvement. En effet si la charge est trop importante, le risque est de ne pas solliciter correctement toutes les fibres, de s'aider d'autres muscles qui n'étaient pas visés dans le cadre de cet exercice, voir même de courir un risque de blessure. Le rythme doit permettre un contrôle musculaire de la charge : de 1 à 2 secondes sur la phase concentrique et de 2 à 3 secondes sur la phase excentrique. L'entraînement jusqu'à l'échec musculaire est intéressant mais il doit être limité lorsqu'il s'agit de charges lourdes et d'exercices éprouvants. Il doit être préféré pour des exercices mono-articulaires avec des répétitions plus importantes. Il convient d'utiliser un noyau d'exercices poly-articulaires avec quelques exercices mono-articulaires pour traiter des groupes musculaires plus spécifiques, en mettant l'action sur une amplitude complète du mouvement. (5)



*Figure 3 : Schéma explicatif des phases concentriques et excentriques*

### 3. L'intensité :

Enfin l'intensité correspond à la quantité totale de stress que l'on peut infliger à nos muscles sur une seule et même séance d'entraînement. Cette intensité dépend du volume d'entraînement sur le temps. Au plus le volume d'exercices est réalisé sur une courte période, au plus l'intensité sera élevée. Ce paramètre est très subjectif et va dépendre de chacun, il reste primordial d'écouter son corps.

Plusieurs techniques peuvent permettre d'augmenter l'intensité au cours d'une séance comme :

- Raccourcir les temps de repos entre les séries
- Réduire son tempo lors des répétitions
- Réaliser un travail de pré fatigue : par exemple pour les pectoraux, commencer par un exercice d'isolation à la poulie, puis seulement après commencer ses séries de développé couché
- Réaliser des séries combinées :
  - o En **biset** = on associe deux exercices à la suite pour le même groupe musculaire. Ici le premier exercice sera un exercice polyarticulaire, suivi d'un exercice d'isolation (l'inverse du travail de pré fatigue). Par exemple du développé couché avec haltères suivi d'écartés avec haltères.
  - o En **supersets** : ici il s'agit d'enchaîner deux exercices différents l'un après l'autre pour des groupes musculaires différents, idéalement antagonistes. Autre exemple, commencer par les triceps à la corde et enchaîner par du curl pupitre pour les biceps.

### 4. Exemple d'un programme de musculation :

A l'aide des 3 principaux piliers à mettre en place au cours d'une séance de musculation, on peut par exemple mettre en place un programme de prise de muscles sur 2 mois, ou on va chercher à jouer sur chacun des paramètres au fur et à mesure des semaines.

Ce programme peut être par exemple appliqué sur un exercice polyarticulaire comme le développé couché ou le squat. Cependant, il faudra toujours rester à l'écoute de son corps et l'augmentation de la charge ou la baisse des temps de repos ne devra jamais venir entraver la bonne exécution des mouvements. On évitera donc des temps de récupération trop courts chez les débutants.

*Tableau 1 : Exemple d'un programme de prise de muscles de 8 semaines sur un exercice polyarticulaire*

| Séries           | Répétitions | Charge de travail (en kg) | Charge totale déplacée lors de cet exercice (kg) | Temps de repos (minutes) |
|------------------|-------------|---------------------------|--|--------------------------|
| <b>Semaine 1</b> |             |                           |  |                          |
| 3                | 12          | 80                        | 2880   | 3                        |
| <b>Semaine 2</b> |             |                           |  |                          |
| 4                | 8           | 90                        | 2880   | 3                        |
| <b>Semaine 3</b> |             |                           |  |                          |
| 3                | 12          | 80                        | 2880   | 2                        |
| <b>Semaine 4</b> |             |                           |  |                          |
| 4                | 10          | 90                        | 3600   | 2                        |
| <b>Semaine 5</b> |             |                           |  |                          |
| 3                | 15          | 80                        | 3600   | 2                        |
| <b>Semaine 6</b> |             |                           |  |                          |
| 4                | 12          | 90                        | 4320   | 1min30                   |
| <b>Semaine 7</b> |             |                           |  |                          |
| 4                | 15          | 80                        | 4800   | 1min30                   |
| <b>Semaine 8</b> |             |                           |  |                          |
| 4                | 12          | 90                        | 4320   | 1min30                   |

On voit donc qu'en 8 semaines, à l'aide de ce programme on a réussi à augmenter la charge de travail, le volume et l'intensité en réduisant les temps de récupération. Cela va donc forcément entraîner une prise de muscle, sous réserve d'avoir une alimentation correcte derrière (qui est notre deuxième pilier de la pyramide que nous allons aborder).

### C. Les étirements (= stretching)

#### 1. Intérêts :

On avait vu que les étirements dynamiques pouvaient servir à échauffer le corps avant la séance. Ici ce sont les étirements statiques qui vont nous intéresser à la fin de l'entraînement.

En effet après une séance de musculation, les muscles sollicités ont tendance à se raccourcir (effets de la contraction). Ainsi, le premier objectif de l'étirement est de permettre aux muscles de retrouver leur longueur initiale afin de conserver une amplitude complète de mouvement et donc un développement complet du muscle.

Un autre intérêt est de diminuer les douleurs musculaires et articulaires. (6) (7)

Le stretching va également permettre de réduire les courbatures et les risques de blessure. En effet lors d'un entraînement, la congestion est recherchée et donc le muscle se gorge de sang mais aussi de toxines, de déchets musculaires. L'étirement va permettre de chasser ces toxines et donc de limiter les courbatures.

Les étirements vont permettre une amélioration de la souplesse du sportif, ce qui va donc contribuer également à la prévention des blessures du système musculo squelettique. (3)

## 2. Exécution

Afin de réaliser un bon étirement, il faut mettre en tension progressivement le muscle, sans à-coups. Il faut expiration profondément lorsque l'on sent le muscle s'étirer. Puis on maintient la position pendant au moins une trentaine de secondes en respirant lentement.

### D. L'entraînement en fonction de son morphotype

#### 1. Origine des différents morphotypes

L'idée selon laquelle il existe différents types de corps humains génétiquement préétablis dans trois morphotypes différents n'est pas nouvelle. Le philosophe du 19<sup>ème</sup> siècle Friedrich Nietzsche y faisait déjà référence dans l'antichrist. Puis c'est un psychologue américain prénommé William Sheldon qui va populariser trois grandes catégories de corps dans les années 1940. :

- L'ectomorphe
- L'endomorphe
- Le mésomorphe

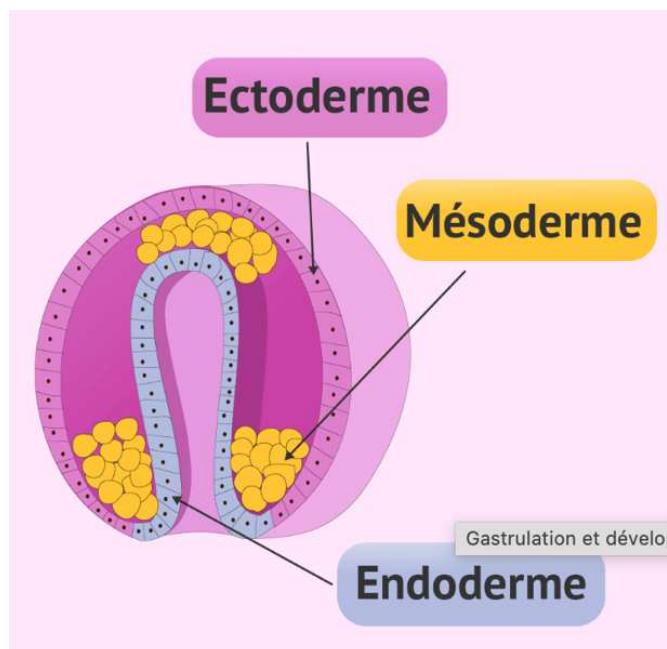


Figure 4 : Schéma des feuillets embryonnaires

Ces trois morphotypes proviennent directement des trois feuillets embryonnaires qui se forment lors de la gastrulation et qui vont par la suite donner lieu aux différents organes du bébé :

- L'ectoderme
- L'endoderme
- Le mésoderme

## 2. *L'ectomorphe :*



*Figure 5 : Aspect d'une morphologie de type ectomorphe*

### a) *Aspect physique*

Physiquement, l'ectomorphe est maigre, longiligne avec de longs membres. Il a une faible masse musculaire, une ossature assez mince avec des chevilles et poignets fins. Les épaules ainsi que le bassin sont étroits. Ses articulations paraissent fragiles.

Ceci s'explique par un métabolisme rapide et très actif, qui favorise une perte rapide des graisses. Cela va être à l'origine de son principal inconvénient qui est sa difficulté à prendre du poids.

### b) *Entrainement*

A cause de leurs longs membres, l'ectomorphe rencontrera certaines difficultés dans l'exécution de certains exercices comme le squat, le développé couché ou encore l'utilisation de la barre de type curl. Il devra donc adapter ses séances, veiller à avoir une exécution parfaite et remplacer par exemple la barre curl ou la barre de développé couché par des haltères afin de ne pas traumatiser ses articulations.

Il devra essayer de limiter sa dépense calorique générale en faisant par exemple des entraînements courts mais très intenses, pas plus d'une heure par séance.

Du fait de son physique fin, l'ectomorphe sera vulnérable au surentrainement et il ne devra pas excéder quatre entraînements par semaine afin de ménager ses articulations. Cela lui permettra également d'avoir suffisamment de temps de repos pour la synthèse de muscles. Un sommeil de minimum huit heures par jour sera nécessaire.

Il devra éviter de faire trop de cardio ce qui lui empêchera de prendre de la masse musculaire.

### 3. L'endomorphe :



Figure 6 : Aspect d'une morphologie de type endomorphe

#### a) Aspect physique

L'endomorphe possède une morphologie beaucoup plus charnue, il est plus épais. Son ossature est plutôt fine. Il possède des membres assez courts, des épaules resserrées et tombantes. L'endomorphe aura tendance à avoir un visage plutôt rond ce qui permettra de l'identifier au comptoir.

Ce type de morphologie a tendance à beaucoup plus stocker et va donc facilement avoir tendance à faire du gras et donc prendre du poids. En effet, à l'inverse de l'ectomorphe, l'endomorphe a un métabolisme beaucoup plus lent. Il devra donc faire beaucoup plus attention à son alimentation car il prendra facilement du poids.

#### b) Entrainement

Étant donné qu'ils ont tendance à grossir même en mangeant peu, le but principal sera de brûler suffisamment de calories pour prévenir la prise de masse excessive. L'endomorphe devra donc pratiquer des séances avec beaucoup de volume et beaucoup d'intensité. Si son souhait est de perdre du poids rapidement, il faudra conseiller de réaliser de 4 à 6 entraînements par semaine d'environ une heure et demie. En plus de la musculation, il devra réaliser du cardio à chaque fin de séance. Cela lui permettra de brûler un maximum de graisses, de descendre son pourcentage de masse grasse et ainsi d'avoir une véritable définition musculaire satisfaisante.

La clé de ce morphotype sera donc d'avoir une véritable régularité et intensité dans la pratique de la musculation.

#### 4. Le mésomorphe



Figure 7 : Aspect d'une morphologie de type mésomorphe

a) Aspect physique

Cette morphologie est caractérisée par une large carrure, de larges épaules ce qui lui donne un haut du corps taillé en V. Le visage est plutôt carré. Son ossature est robuste et ses articulations sont épaisses, solides. Sa masse grasse est relativement faible.

Le mésomorphe est le plus chanceux en musculation, il est le plus favorisé génétiquement. En effet, il a la capacité de développer facilement son physique. Il prend facilement de la masse musculaire et ne stocke pas beaucoup de graisses, c'est le morphotype athlétique.

b) Entrainement

Son physique athlétique lui confère une indéniable force. Ceci couplé à des articulations solides ainsi qu'une ossature imposante lui permet de soulever des charges importantes. Il devra donc avoir des séances d'entraînement avec de gros volumes et beaucoup d'intensité. Il est également très endurant et pourra donc s'entraîner durant des heures à une fréquence régulière. La fréquence idéale sera donc de s'entraîner quatre à cinq fois par semaine avec des séances d'environ 1 heure 30 afin d'obtenir une bonne prise de masse musculaire. Ce morphotype sera à l'aise et pourra aussi bien enchaîner des exercices de bases polyarticulaires que des exercices d'isolation. Sur ce morphotype, de nombreuses méthodes d'entraînement pourront fonctionner.

#### 5. Le rôle du pharmacien au comptoir :

On se rend compte qu'il est très important de savoir repérer à quel morphotype on appartient. Bien que notre profil ne corresponde pas entièrement à un seul de ces morphotypes, il est tout de même nécessaire d'identifier celui auquel on se rapprochera le plus.

Ceci sera le rôle du pharmacien d'officine au comptoir, qui devra identifier le morphotype du patient en face de lui afin de le conseiller de manière optimale.

En effet, il y aura une attitude à adopter selon sa morphologie au niveau des exercices de musculation. Le pharmacien pourra lui prodiguer de nombreux conseils pour réaliser des exercices de manière correcte, avec une bonne amplitude, mais il pourra aussi éliminer toute une série d'exercices pour éviter le risque de blessures.

Il orientera les sportifs sur le nombre de séances à réaliser au cours de la semaine, aussi bien sur les séances de musculation que sur les séances de cardio.

L'alimentation devra également être choisie avec soin selon le profil, tout comme l'usage des compléments alimentaires qui pourra être complètement différent d'un morphotype à l'autre.

## II. L'alimentation dans la musculation :

Après l'entraînement, il s'agit du second point le plus important afin d'obtenir des résultats en musculation. Les deux sont indissociables puisque bien manger sans faire le moindre effort à la salle n'entraînera aucun gain au niveau musculaire et à l'inverse s'entraîner dur tous les jours en négligeant le carburant que l'on va apporter à notre corps n'aura que très peu d'effets bénéfiques.

En effet, notre corps est une usine qui a besoin d'énergie pour fonctionner.

### A. Les besoins nutritionnels généraux

Le but est d'obtenir un régime alimentaire équilibré, c'est-à-dire d'avoir une alimentation qui va fournir en quantités adéquates les nutriments nécessaires à la santé et au bien-être d'une personne. Les nutriments sont les protéines, les glucides, les lipides, les vitamines, les minéraux ainsi que l'eau. Ils peuvent être distingués en deux grandes classes :

- **Les macronutriments** : ce sont les nutriments majoritaires de l'alimentation. Ils vont apporter de l'énergie à l'organisme sous forme de calories. On y retrouve les glucides, lipides et protéines.
- **Les micronutriments** : ils sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme mais n'apportent cependant pas d'énergie. Ils sont actifs à faible dose et on retrouve les vitamines, minéraux et oligo-éléments.

#### 1. La quantité de macronutriments

Les quantités de chaque nutriment nécessaire au maintien d'une bonne santé correspondent aux besoins nutritionnels, ces besoins nutritionnels varient en fonction de l'âge, du sexe mais aussi du niveau d'activité physique. (8)

Les apports nutritionnels conseillés (ANC) établis par l'ANSES correspondent à des valeurs définies de quantité et qualité pour chacun des macronutriments et micronutriments qui permettent de couvrir les besoins physiologiques de 97,5% des individus d'une population. Ces ANC des macronutriments sont très importants à connaître pour s'approcher d'une situation nutritionnelle adéquate, si on s'en éloigne, il y a alors un risque de présenter des carences. Les ANC des micronutriments correspondent plutôt à une dose maximale à ne pas dépasser puisque certains peuvent être toxiques en grande quantité, ils sont donc établis pour diminuer le risque de carences et de pathologies dégénératives. (9)

Tableau 2 : Les apports en macronutriments recommandés chez l'adulte pratiquant une activité physique élevée

| Macronutriments | Quantité (en pourcentage de l'apport calorique total) |
|-----------------|---|
| Glucides        | 50 à 60%  |
| Lipides         | 20 à 35 %   |
| Protéines       | 10 à 20 %   |

Les recommandations officielles concernant les apports de glucides, lipides et protéines sont souvent exprimées en pourcentage de l'apport calorique total. En effet, les macronutriments qui sont les éléments majoritaires de notre alimentation vont apporter, entre autres, de l'énergie à l'organisme sous forme de calories.

## 2. Les calories

### a) Définition

La définition historique de la calorie indiquait que : « la calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour éléver d'un degré centigrade la température d'un kilogramme d'eau ». La définition de la calorie était donc fondée sur la capacité calorifique de l'eau.

Puis au XXIème siècle, la calorie a ensuite été appliquée au monde de la diététique et de l'alimentation comme référentiel énergétique devant servir à mettre en place une alimentation équilibrée, adaptée au fonctionnement de l'individu. Chacun des trois macronutriments vont permettre d'apporter de l'énergie, mais la quantité d'énergie fournit par chacun est différent.

Tableau 3 : Nombre de calories apportées par chacun des macronutriments

| Macronutriments | Quantité | Apport calorique |
|-----------------|----------|------------------|
| Glucides        | 1 gramme | 4                |
| Protéines       | 1 gramme |                  |
| Lipides         | 1 gramme |                  |

Une calorie vide (=calorie creuse) est une calorie qui n'est associée à aucun nutriment indispensable à la santé. On parle d'aliments ayant une densité nutritionnelle faible comme les produits transformés industriels frits ou panés, les viennoiseries, les frites, les pizzas, l'alcool...

### b) L'effet thermique des calories

Il est important de prendre en compte l'effet thermique des calories, en effet la digestion des aliments entraîne une consommation d'énergie et on parle donc d'effet thermique des aliments. En effet toutes les calories ne se valent pas et le corps humain ne les traite pas toutes de la même façon.

Ceci a été mis en évidence chez des individus consommant des amandes. En consommant 170 calories d'amandes, seulement 129 calories sont absorbées par le corps, le restant étant évacué dans les selles. (10)

Le corps digère et absorbe les protéines moins efficacement que les glucides et les lipides. En effet on a vu que les protéines contenaient 4kcal par gramme, mais une grande partie de ces calories sont brûlées par l'organisme au cours de la digestion :

- Pour les lipides : 2 à 3%
- Pour les glucides : 6 à 8%
- Pour les protéines : 25 à 30%

Exemple : si on consomme 100 calories sous forme de protéines, environ 25 calories seront utilisées comme énergie pour la digestion, alors que seulement 2 calories pour les lipides. Ceci explique pourquoi les régimes protéinés aident à la perte de poids. (11)

De la même manière, une autre étude a permis de mettre en évidence que les aliments complets, naturels demandaient plus d'énergie pour être digérés que les aliments transformés. (12)

L'alimentation va donc apporter des calories mais la digestion, tout comme les efforts physiques vont entraîner une dépense énergétique que l'on peut quantifier en calories également.

B. Calcul des apports énergétiques journaliers :

1. **Le métabolisme de base = repos :**

a) Définition

Le métabolisme de base (MB) correspond aux besoins énergétiques de l'organisme au repos pour survivre, c'est-à-dire à la dépense d'énergie minimum quotidienne dont l'organisme a besoin pour assurer ses fonctions vitales comme les battements du cœur, la respiration, la digestion, le maintien de la température corporelle, l'activité cérébrale sur une journée. Il s'agit de la dépense énergétique des différents organes et tissus de l'organisme sur une journée. (13)

b) Mesure et estimation de son métabolisme de base :

Il est possible de mesurer le métabolisme de base chez un individu éveillé, en état de repos complet, sans activité, alité dans une chambre calorimétrique en condition de neutralité thermique (afin que le corps ne lutte pas contre le chaud ou le froid). De plus son système digestif doit être inactif ce qui nécessite une période de jeûne d'au moins 12 heures. (14) Ce métabolisme de base représente environ 70% des dépenses énergétiques sur 24 heures chez une personne moyennement active.

Au comptoir ou dans la vie de tous les jours, la mesure massive du métabolisme de la population par calorimétrie est impossible. Il existe heureusement de nombreuses formules nées au cours du siècle dernier, basées sur des données anthropométriques, afin d'estimer le plus précisément possible notre métabolisme de base. (15)

En 1919, **Harris et Benedict** ont analysé les mesures de 136 hommes et 103 femmes adultes et en ont extrapolé des formules de prédiction encore largement utilisées aujourd'hui. Ces formules sont :

- Chez les hommes sur 24h :

$$MB \text{ (cal)} = 13,7516 \times \text{Poids (Kg)} + 500,33 \times \text{Taille (m)} - 6,7550 \times \text{Age (année)} + 66,473$$

- Chez les femmes sur 24 heures :

$$MB \text{ (cal)} = 9,5634 \times \text{Poids (Kg)} + 184,96 \times \text{Taille (m)} - 4,6756 \times \text{Age (année)} + 655,0955$$

Cependant, la formule qui est maintenant considérée comme celle de référence est la formule de **Black, Coward, Cole et Prentice** de 1996 recommandée par l'AFDN = Association Française des Diététiciens Nutritionnistes. Elle est plus précise notamment pour les sujets en surpoids et les personnes âgées.

Elle est fondée sur 574 données extraites d'études existantes, prises sur des sujets de 2 à 95 ans en excluant les athlètes, femmes enceintes.

- Chez les hommes sur 24h :  

$$MB = 259 \times (P^{0,48} \times T^{0,50} \times A^{-0,13})$$
- Chez les femmes sur 24h :
- $MB = 230 \times (P^{0,48} \times T^{0,50} \times A^{-0,13})$

Avec :

- P : poids en kilogrammes
- T : taille en mètres
- A : âge en années
- MB : métabolisme de base en calories par jour

Même si cette formule est la plus précise, cela reste néanmoins une approximation de la valeur réelle du MB. Cependant cela s'avère très utile au comptoir pour estimer rapidement le nombre de calories dépensées par jour.

### c) Facteurs influençant le métabolisme de base

#### (1) *La génétique*

La génétique est un facteur pouvant influencer le métabolisme de base. Certains pourront être qualifiés de métaboliseurs lents, c'est-à-dire qu'ils ont hérité de leurs parents d'un métabolisme de base plus bas que la moyenne. Cela signifie que le corps va moins brûler de calories au repos par rapport à d'autres personnes de composition corporelle semblables. Ces sujets auront donc tendance à tendre plus facilement vers un morphotype endomorphe.

#### (2) *L'âge, souvent corrélé à la pratique d'activité physique*

En général, le métabolisme de base diminue avec l'âge ou si l'on perd de la masse maigre. En effet, il y a souvent une diminution de l'activité physique chez de nombreuses personnes au fur et à mesure qu'elles vieillissent. Or, le tissu musculaire présente une plus grande activité métabolique et son entretien nécessite donc beaucoup plus d'énergie, de calories. A l'inverse, le tissu adipeux nécessite peu d'énergie. C'est pourquoi le fait de pratiquer du sport comme du fitness, de la musculation, vont permettre d'accroître sa masse musculaire et donc son métabolisme de base. (16) C'est pourquoi les personnes ayant moins de masse musculaire ont souvent un métabolisme de base plus lent.

#### (3) *Le sexe*

Le sexe est un autre facteur important, à l'origine des formules différentes de calculs. Les hommes ont généralement un métabolisme de base plus élevé que les femmes en raison des différences hormonales, des différences de composition corporelle. En effet, les hommes ont tendance à avoir une masse musculaire plus importante.

Or, le muscle brûle plus de calories au repos que la graisse. Pour deux personnes du même âge, même poids, et de composition corporelle équivalente, on constate que le métabolisme de base des hommes est supérieur d'environ 11% à celui des femmes. (15)

#### (4) *La taille et le poids*

En plus du sexe, ce métabolisme de base peut également dépendre de la taille, du poids.

### (5) *Les hormones*

Un déséquilibre hormonal peut également influencer le métabolisme de base, notamment concernant les hormones thyroïdiennes. Une hypothyroïdie ralentira le métabolisme de base par exemple. C'est pourquoi le métabolisme de base peut également dépendre de la présence ou non d'une pathologie.

### (6) *Facteurs externes*

Il peut également être influencé par des éléments extérieurs comme la température, les conditions climatiques.

## 2. **Le niveau d'activité physique (=NAP) :**

Le NAP est une façon d'exprimer l'activité physique quotidienne d'une personne sous forme d'une échelle allant de 1 à 10 permettant d'estimer sa dépense énergétique tout au long de la journée.

Il va donc dépendre des déplacements au cours d'une journée, du niveau de difficulté physique de son emploi, des activités pratiquées au cours de la journée ... (17)

Tableau 4 : Exemples de profils avec leur NAP associé

| Profil               | Exemple  | NAP |
|----------------------|--|-----|
| Extrêmement inactif  | Personne atteinte d'une paralysie cérébrale, personne impotente                            | 1,2 |
| Sédentaire           | Personne travaillant essentiellement assis, aucune activité physique                       | 1,4 |
| Modérément actif     | Personne travaillant dans le bâtiment ou activité physique modérée, 3 à 4x/semaine         | 1,6 |
| Vigoureusement actif | Activité physique modérée de manière quotidienne   | 1,8 |
| Très actif           | Activité physique intense, exemple : cycliste participant régulièrement à des compétitions | 2   |

Ces valeurs sont des estimations. Elles permettront d'aider le pharmacien d'officine au comptoir, qui pourra facilement établir le profil de son patient au comptoir, afin de calculer sa dépense énergétique totale journalière.

## 3. **La dépense énergétique journalière (DEJ) :**

Le métabolisme de base permet donc de savoir combien d'énergie (sous forme de calories) le corps a besoin pour fonctionner. A l'aide du NAP, on peut donc estimer notre dépense énergétique journalière.

La dépense énergétique journalière correspond au produit du métabolisme de base (MB) vu précédemment par le niveau d'activité physique (NAP).

$$\text{DEJ} = \text{NAP} \times \text{MB}$$

La DEJ est très importante à calculer, car elle permet d'estimer les apports nutritionnels conseillés en énergie. Il faudrait idéalement qu'il existe un équilibre entre les apports énergétiques et les dépenses.

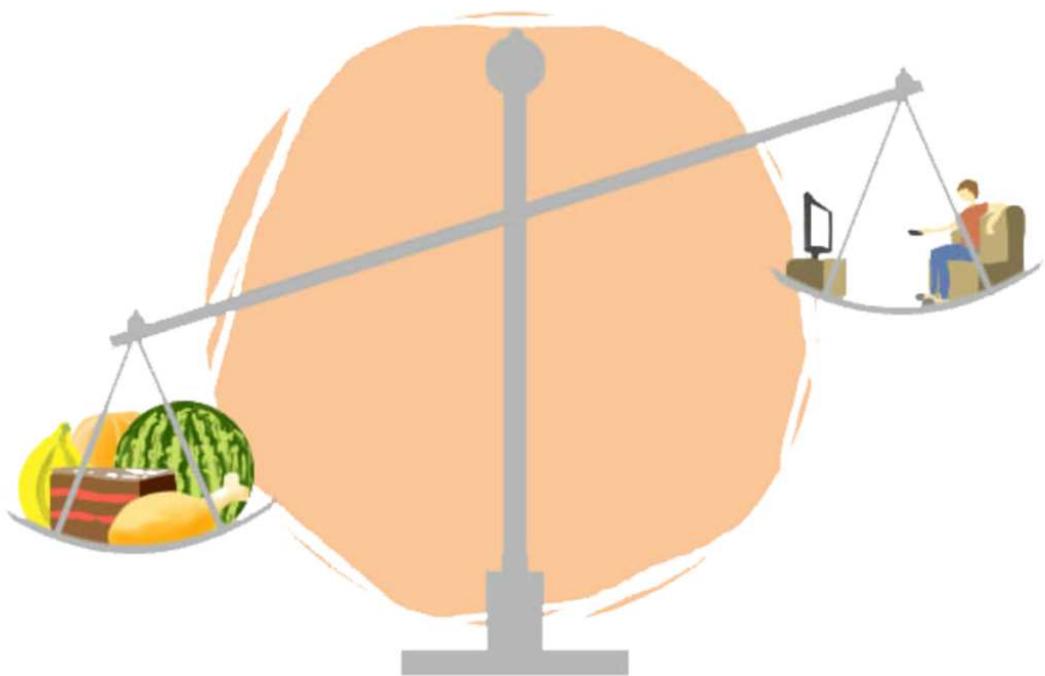
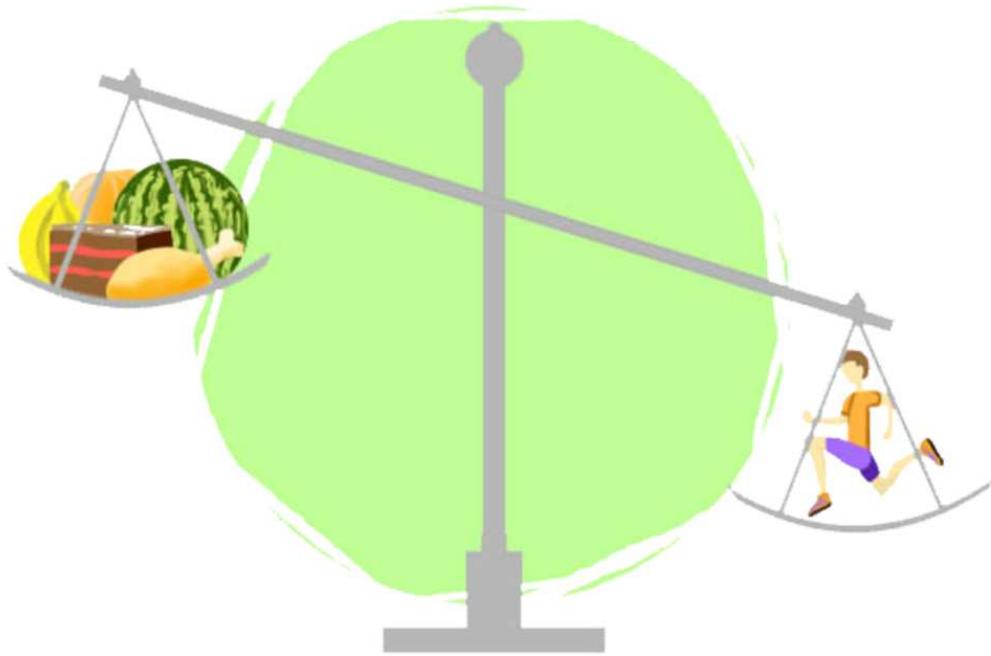


Figure 8 : Représentation d'un apport alimentaire excessif

Si l'on consomme beaucoup plus de calories que l'organisme a besoin, on prendra donc du poids. Cela peut être recherché, notamment chez les morphotypes ectomorphes et on appellera cela une **prise de masse** en musculation. En effet, on va induire un surplus calorique, et cet apport supérieur en énergie va participer à l'anabolisme musculaire. Pour avoir une véritable prise de masse sèche et réussie, le surplus calorique devra être contrôlé et il faudra bien sur l'associer à des séances de musculation. Il ne faut pas vouloir précipiter les choses et aller trop vite, sous peine d'avoir une prise de masse trop grasse et non contrôlée, ce qui n'est pas souhaité en musculation.



*Figure 9 : Représentation d'un apport alimentaire insuffisant*

Pour perdre du poids, deux solutions peuvent être envisagées. On peut manger moins mais il faut faire attention à garder une alimentation saine et équilibrée afin de ne pas avoir de carences. On peut également augmenter ses dépenses, via l'activité physique. Cela peut être recherché en musculation, plus particulièrement chez les endomorphes. On appellera alors cette période, **une « sèche »**.

Il ne s'agit donc pas ici d'une simple perte de poids classique. En effet la sèche en musculation est destinée aux personnes qui désirent perdre du gras afin de dessiner le corps tout en maintenant une masse musculaire.

Il va donc falloir être en déficit calorique ce qui signifie consommer moins de calories que ce que le corps consomme. Cela va donc obliger notre corps à puiser dans les réserves de l'organisme, notamment dans les stocks de graisses mais aussi malheureusement dans les muscles.

Pour éviter de trop puiser dans les muscles, il faudra donc s'alimenter correctement avec un apport en protéines régulier, d'où l'intérêt des compléments alimentaires qui seront développés par la suite, mais l'entraînement aura également une place importante puisqu'il permettra de conserver sa masse musculaire et d'augmenter le déficit calorique puisque plus on fait de sport, plus on brûle de calories.

#### 4. Exemples :

Prenons l'exemple d'un homme de 32 ans, pratiquant la musculation tous les deux jours, et pesant 1,88m pour 86 kilos. On va utiliser les deux formules ce qui va nous permettre de nous rendre compte de la faible différence entre les deux :

Avec la formule de Harris et Benedict (1919) :

$$Mb = 13,7516 \times 86 + 500,33 \times 1,88 - 6,7550 \times 32 + 66,473$$

$$Mb = 1973 \text{ calories/jour}$$

A cela on ajoute ensuite le NAP afin de connaitre sa dépense énergétique journalière. Ici il s'agit d'une personne modérément active.

$$\text{DEJ} = 1973 \times 1,6 = 3157 \text{ calories par jour}$$

### Avec la formule de Black et Al (1996):

$$Mb = 259 \times (86^{0,48} \times 1,88^{0,50} \times 32^{-0,13})$$

Mb = 1920 calories/jour

DEJ = 1920 x 1,6 = 3072 calories par jour

On constate donc pour ce pratiquant qu'il doit consommer aux alentours de 3100 calories par jour afin d'être à l'équilibre. En fonction de ses attentes, prise de masse ou période de sèche, on adoptera soit un déficit calorique, soit un surplus calorique. Ce calcul, simple à effectuer au comptoir sert donc de base pour ensuite conseiller au mieux le sportif sur la marche à suivre. On pourra alors mettre en place un plan d'action détaillé, avec si besoin des compléments alimentaires pour atteindre au mieux les objectifs fixés.

### C. La répartition des macronutriments :

## 1. Les protéines :

a) *Structure :*

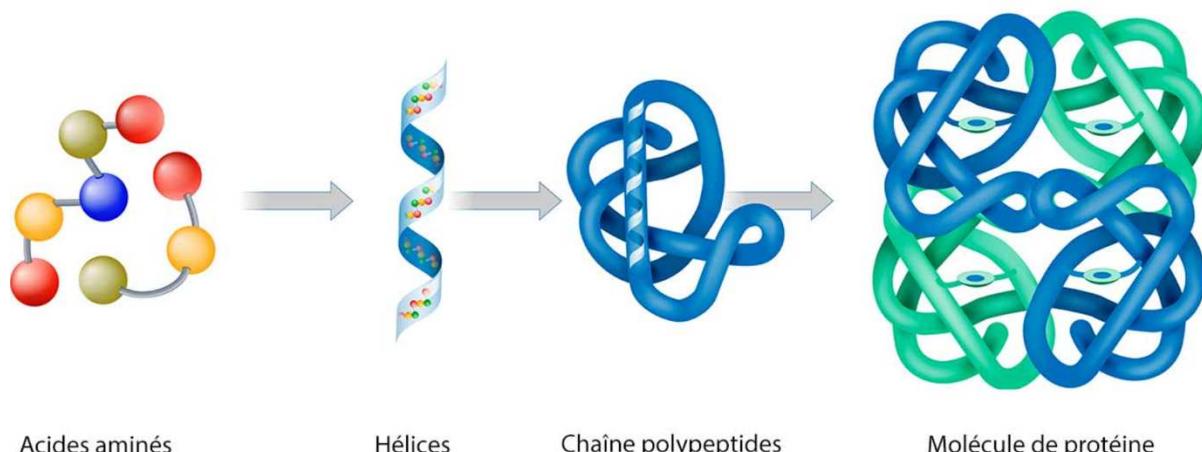


Figure 10 : Schéma représentant la structure d'une protéine :

Les protéines sont des substances azotées formées d'acides aminés qui constituent le principal composant structurel des muscles et d'autres tissus de l'organisme.

La structure primaire d'une protéine correspond à une séquence, une chaîne d'acides aminés. Puis des liaisons hydrogènes du squelette peptidique induisent le pliage des acides aminés selon un motif répété pour former la structure secondaire en hélices. La structure tertiaire des protéines correspond au repliement en trois dimensions d'une protéine grâce aux interactions des chaînes latérales. Enfin, l'assemblage de plusieurs chaînes d'acides aminés nous donne la structure quaternaire. Ce sont ces AA qui, une fois digérés, sont transportés dans la circulation sanguine pour ensuite être distribués dans les tissus. (18)

Les acides aminés sont les éléments constitutifs des protéines. Il existe plus de 500 AA différents mais seulement 20AA constituent les protéines présentes dans le corps humain et sont nécessaires à la croissance et au métabolisme de l'homme. On distingue :

- **les acides aminés non essentiels** : ils peuvent être synthétisés par notre organisme
- **les acides aminés essentiels (AAE)** : ils doivent obligatoirement être apportés par notre alimentation et ils sont au nombre de 9. L'absence d'un seul de ces AA peut compromettre les tissus à croître, se réparer ou se maintenir.

Nous verrons par la suite que sont ces AAE qui sont à prendre en compte en cas de supplémentation chez un sportif souhaitant prendre du muscle. En effet, des études ont pu mettre en évidence qu'une supplémentation en AAE seuls permet une synthèse protéique supérieure à un apport en quantité égale d'AA divers. (19)

**b) Rôle des protéines en musculation**

Les protéines sont des macronutriments indispensables à l'organisme. Quelle que soit la protéine utilisée, le but est le même : assurer la réparation des fibres musculaires et favoriser la construction musculaire. (20) En effet les protéines sont les matériaux de construction du muscle, leur rôle principal est de participer à l'anabolisme musculaire. (21) En réparant les tissus endommagés au cours d'une séance de musculation, elles vont donc optimiser la récupération après un effort physique intense. Elles peuvent également être utilisées comme source d'énergie mais ce n'est pas la source de premier choix.

**c) Besoins quotidiens**

Les besoins de base en protéines liés au fonctionnement de l'organisme, indépendamment d'une prise de masse musculaire sont de 1 à 1,2 grammes/kg/jour.

Une personne souhaitant développer sa masse musculaire à travers une activité sportive régulière va donc avoir des besoins en protéines qui vont augmenter. Ceci est lié à l'anabolisme, c'est-à-dire à la création de nouveaux tissus. Dans le cadre de la musculation, chez un sportif régulier s'entraînant 3 à 4 fois par semaine, on va être sur un ratio de 1,6 g/kg/jour jusqu'à 2,2 g/kg/j dans le cadre d'une prise de masse. (22) (23) Des études ont pu mettre en évidence qu'un apport supérieur en protéines n'entraînait aucun gain de masse maigre supplémentaire. (21)

Le pharmacien d'officine pourra conseiller aux sportifs cherchant à augmenter ses calories quotidiennes, comme dans le cadre d'une prise de masse par exemple, de fractionner ses prises alimentaires. Il pourra lui recommander d'introduire une ou deux collations afin d'atteindre plus facilement le seuil de macronutriments recherché.

**d) Sources de protéines**

Les protéines sont disponibles dans une grande variété de sources alimentaires. On peut distinguer deux grandes sources d'aliments :

- Celles d'origine animale
- Celles d'origine végétale



La qualité d'une protéine fait référence à la biodisponibilité des acides aminés qu'elle fournit. La digestibilité tient compte de la façon dont la protéine est utilisée au mieux. En règle générale on peut dire que toutes les sources de protéines animales alimentaires (œuf, lait, viande, poisson, volaille) sont considérées comme complètes : c'est-à-dire une protéine contenant tous les AA essentiels. Bien que les protéines provenant de ces sources soient également associées à des apports élevés en graisses saturées et en cholestérol, plusieurs études ont démontré les avantages de ces protéines animales dans divers groupes de population (*Campbell et al., 1999 ; Godfrey et al., 1996 ; Pannemans et al., 1998*) (24) Dans ces études, on constate par exemple que les protéines d'origine animale en fin de grossesse joueraient un rôle important pour que l'enfant à naître ait un poids corporel normal. A l'inverse, une faible consommation de protéines provenant de sources laitières et carnées en fin de grossesse était associée à un faible poids à la naissance.

Les protéines d'origine végétale sont incomplètes car il leur manque généralement un ou deux AA essentiels. Par conséquent, une personne qui souhaite obtenir tous les AAE à partir de sources végétales devra consommer une grande variété de légumes, fruits, céréales et de légumineuses.

Ainsi on peut tout à fait satisfaire ses besoins en protéines sans consommer de bœufs, volailles ou produits laitiers.

Concernant l'évaluation de la digestibilité des protéines, en règle générale les sources de protéines végétales n'obtiennent pas d'aussi bons résultats que les protéines animales en ce qui concerne l'utilisation nette des protéines, le ratio d'efficacité protéique ... (24)

Une étude a d'ailleurs mis en évidence une augmentation plus importante de la surface des fibres musculaires chez des sportifs supplémentés immédiatement puis une heure après l'effort avec du lait de vache par rapport à d'autres sportifs supplémentés par du lait de soja. (25) Cela confirme que le gain musculaire est plus important en consommant des protéines animales que végétales.

Les protéines ont joui d'une mauvaise réputation pendant une certaine période, notamment avec le régime Dukan. Cependant des études ont pu mettre en évidence qu'un apport, même conséquent en protéines ( $>3\text{g}$  de protéines/kg de poids corporel et par jour) n'entraînaient pas de dommages au niveau rénal et hépatique. (23) De plus, on s'adresse ici à des personnes en bonne santé, pratiquant une activité physique de type résistance régulière.

Nous voyons donc que l'apport en protéines est très important chez le sportif et plus particulièrement en musculation. Voyons à présent la place des lipides et des glucides.

## 2. Les glucides

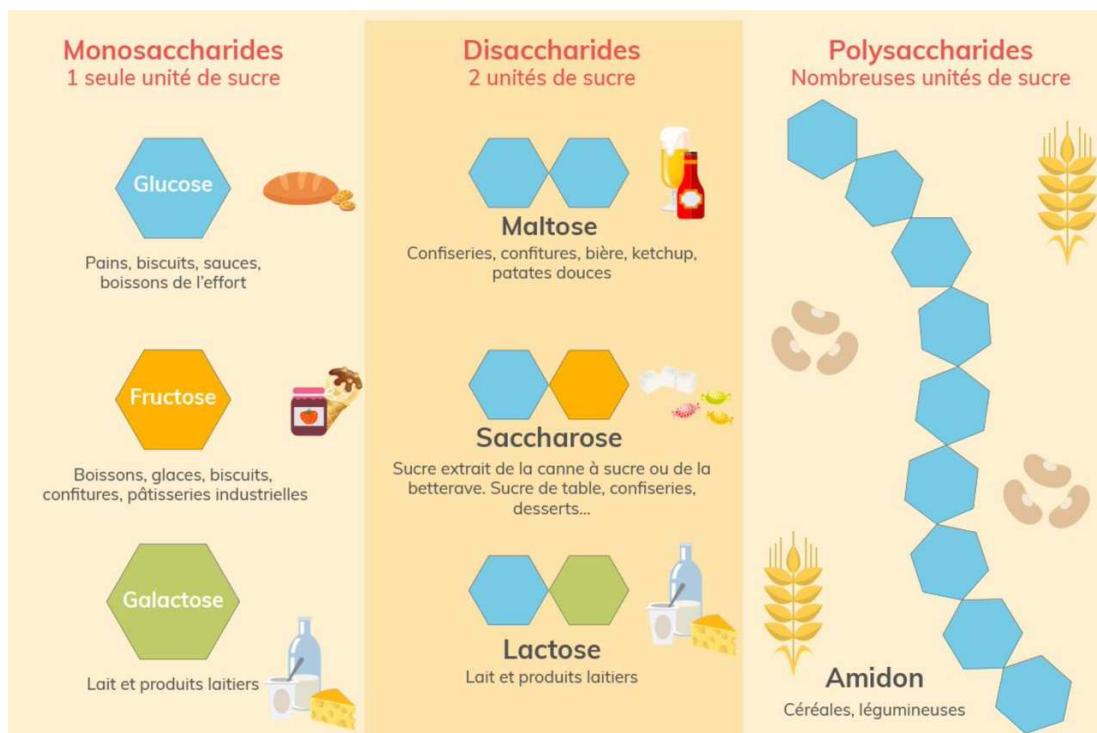
Les glucides sont des macronutriments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme car ils apportent de l'énergie, notamment au cerveau, aux nerfs et aux muscles. Une fois absorbés, les glucides contenus dans les aliments passent dans le sang sous forme de glucose et augmentent ainsi la glycémie. Ils sont également stockés dans les muscles et le foie sous forme de glycogène : c'est la glycogénogenèse. Le glycogène stocké dans les muscles est la source d'énergie la plus rapidement accessible pour les muscles et peut être libéré plus rapidement que toute autre source d'énergie : c'est la glycogénolyse. Elle intervient lorsque la demande énergétique est forte, comme lors d'un entraînement de musculation par exemple.

Il existe également la néoglucogenèse qui est la formation de glucose à partir de précurseurs non glucidiques comme le pyruvate, le lactate, le glycérol et la plupart des AA.

a) Structure :

On peut différencier deux grands groupes de glucides :

- **Les glucides simples** : ils sont composés d'une à deux molécules de sucre. Ils sont vite absorbés par l'organisme et augmentent rapidement la glycémie. Ils sont majoritairement retrouvés dans les aliments au goût sucrés comme dans les fruits, les sucreries, les boissons sucrées, le miel, le lait ... On distingue ainsi :
  - Les monosaccharides contenant une seule unité de sucre dans lesquels on retrouve le glucose, le fructose et le galactose
  - Les disaccharides avec le maltose que l'on retrouve dans les confiseries et confitures, le saccharose constituant essentiel du sucre de table, des confiseries et le lactose qu'on retrouve dans les produits laitiers
- **Les glucides complexes = polysaccharides** : ils contiennent plus de deux molécules de sucre et sont donc absorbés plus lentement par l'organisme. Ils vont augmenter plus progressivement le taux de sucre dans le sang. On les retrouve surtout dans les féculents comme dans le pain complet, les céréales, les graines, le riz, les pâtes, les légumes secs, pommes de terre...



*Figure 11 : Les types de glucides et leurs sources alimentaires*

Il est important de varier les sources de glucides car ils n'utilisent pas tous le même transporteur intestinal. Cela va permettre d'augmenter la quantité de glucose circulant, d'avoir une disponibilité plus rapide et plus conséquente lors de l'effort.

Au-delà du type de glucides à ingérer, il va également falloir être vigilant à l'index glycémique de chacun d'entre eux.

## b) L'index glycémique

L'index glycémique (IG) traduit la capacité d'un aliment à faire monter plus ou moins rapidement la glycémie sur une période donnée. Autrement dit, l'index glycémique est une mesure de la vitesse à laquelle un aliment élève le taux de sucre dans le sang. Le glucose a un IG de 100 et c'est par comparaison à cette donnée que l'on va déterminer si un aliment a un IG bas ou élevé.

Cela va permettre de mieux connaître l'influence des aliments sur la glycémie. En effet si un aliment a un index glycémique élevé cela signifie que cet aliment va faire monter rapidement la glycémie, et que celle-ci va ensuite redescendre plus rapidement, avec le risque d'avoir davantage faim entre les repas.

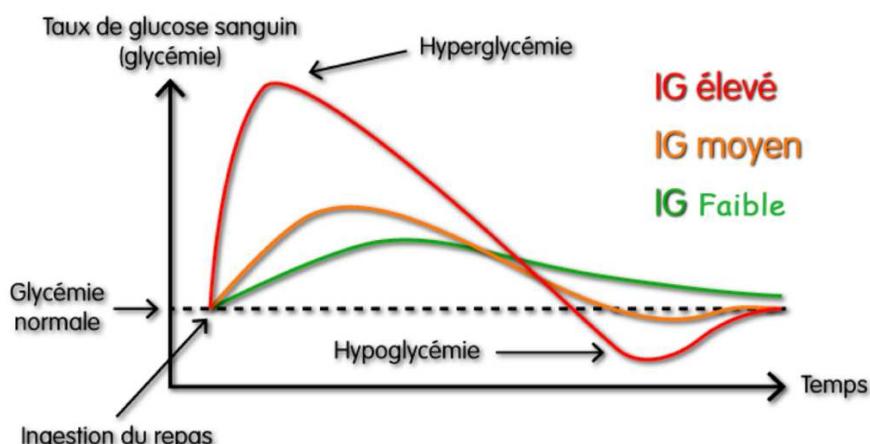


Figure 12 : Incidence de l'IG d'un aliment sur la glycémie après ingestion d'un repas

Cette courbe illustre parfaitement l'importance de privilégier des aliments à IG faibles. Une consommation d'aliments à IG élevé va entraîner une réelle hyperglycémie, suivie très rapidement d'une hypoglycémie entraînant rapidement une sensation de faim. Il faudra donc être vigilant, notamment avant une séance de musculation, à l'IG des aliments ingérés afin de ne pas risquer une hypoglycémie en pleine séance.

A l'inverse on voit que des aliments à IG faible vont beaucoup moins faire monter la glycémie, ne vont pas entraîner d'hypoglycémie et vont libérer le sucre plus lentement dans le sang, retardant la sensation de faim.

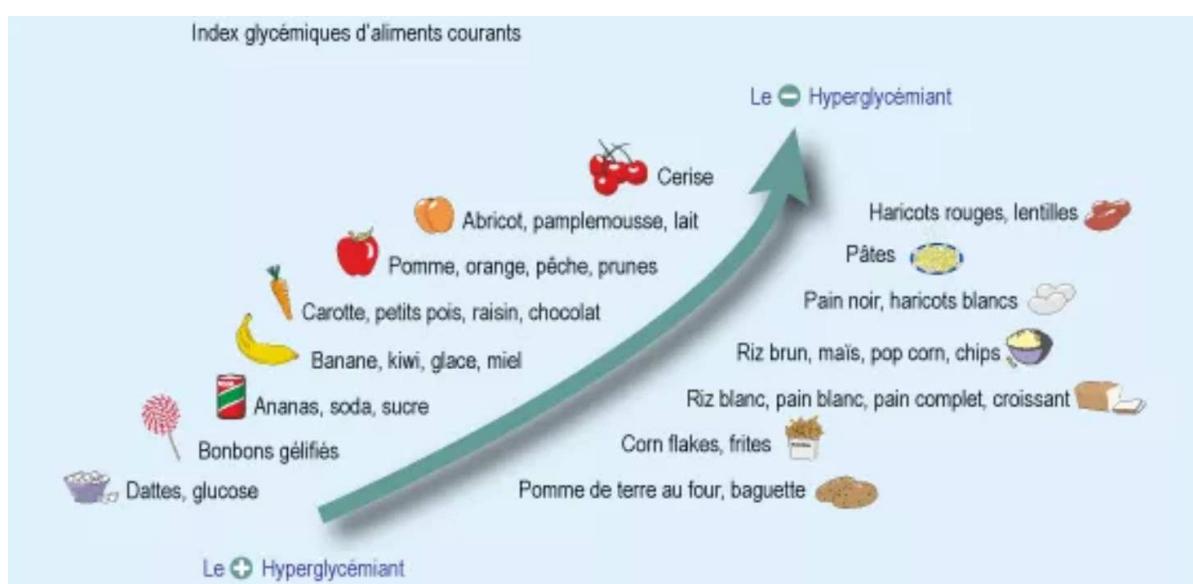


Figure 13 : Index glycémique d'aliments courants

On voit donc que l'index glycémique varie selon le **type d'aliment** : le pain blanc a par exemple un index glycémique plus élevé que le pain complet. Mais l'IG peut également varier selon le **mode de cuisson**. Par exemple les pommes de terre en purée ont un index glycémique plus élevé que les pommes de terre cuites à l'eau avec la peau. Autre exemple avec les pâtes, cuites al dente elles bénéficient d'un IG faible, alors que bien cuites, cela augmente leur IG.

De manière générale, plus un aliment riche en glucides est cuit, plus son index glycémique est élevé. Il peut également varier selon la **maturité du produit** : une banane faiblement mûre a un IG plus faible qu'une banane bien mûre. Plus un fruit mûri, plus son IG s'élève. Plus un produit est raffiné, plus son IG est élevé, c'est pourquoi il faut privilégier les pâtes ou le riz complet.

Il faut faire attention aux sodas, certaines boissons fruitées qui peuvent être très sucrées. En effet, un litre de soda peut contenir l'équivalent de 25 morceaux de sucre. Certaines boissons alcoolisées peuvent également être sucrées comme les vins blancs doux, les cocktails. L'eau sera donc la boisson recommandée au quotidien.

### c) Les fibres alimentaires

La définition internationale des fibres alimentaires est que ces fibres sont des polymères glucidiques ayant 3 ou plus unités monomériques, qui ne sont pas hydrolysés par les enzymes endogènes de l'intestin grêle de l'homme et qui appartiennent à l'une des catégories suivantes :

- Polymères glucidiques naturellement présents dans les aliments tels que consommés
- Polymères glucidiques qui ont été obtenus à partir d'un aliment brut (cru) par traitement physique, enzymatique ou chimique et dont un effet physiologique bénéfique sur la santé a été démontré
- Polymères glucidiques synthétiques dont un effet physiologique bénéfique sur la santé a été démontré

Bien que les fibres ne soient que partiellement digérées par la flore de notre tube digestif, elles possèdent tout de même un rôle capital dans le processus de digestion. (26)  
Quelles sont les fibres alimentaires ?

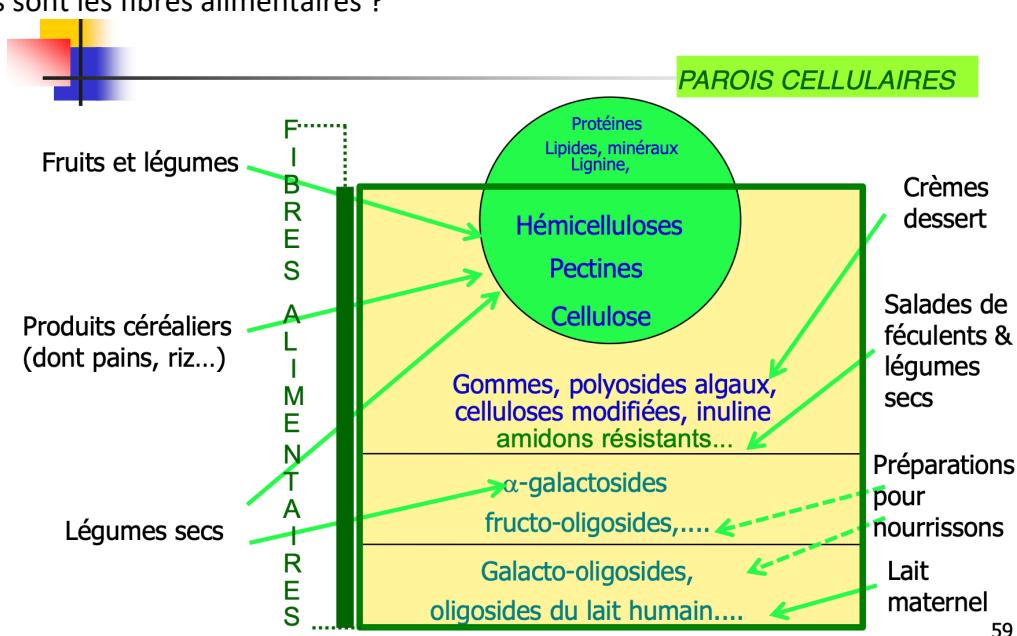


Figure 14 : Les différents types de fibres alimentaires

Les fibres sont des constituants de la paroi et de l'intérieur des cellules végétales. Elles sont formées de plusieurs sucres et appartiennent donc à la famille des glucides complexes également appelés polysaccharides. On peut les diviser en deux groupes :

- **Les polysaccharides pariétaux** : ce sont des fibres provenant de l'extérieur de la cellule, c'est-à-dire de la paroi. On retrouve la pectine, la cellulose, la lignine.
- **Les polysaccharides cytoplasmiques** : ce sont des fibres provenant de l'intérieur des cellules. On retrouve par exemple la gomme de guar, l'agar-agar, l'inuline...

On peut également faire une distinction entre deux types de fibres :

### *(1) Les fibres solubles*

Elles regroupent les pectines de fruits, les fructo-oligosaccharides, les gommes, les amidons résistants, les mucilages, l'inuline... On les retrouve également au cœur des végétaux comme dans les fruits et légumes, les légumineuses, dans certains féculents comme la pomme de terre, dans les algues et certaines céréales. Les fibres solubles ont la capacité de se dissoudre au contact des liquides, ce qui va créer un gel visqueux et tapisser la paroi du colon. Elles vont permettre également de ralentir la progression des aliments dans l'estomac, ce qui va avoir tendance à ralentir la digestion ce qui va ainsi permettre de réduire l'index glycémique des aliments. Elles vont également permettre de prolonger la sensation de satiété.

### *(2) Les fibres insolubles :*

Elles regroupent la cellulose, l'hémicellulose et la lignine. On les retrouve surtout dans les produits céréaliers dits complets car elles se retrouvent principalement dans l'enveloppe ou la peau des végétaux.

Comme leur nom l'indique, ces fibres ne vont pas se dissoudre dans l'eau. Elles jouent un rôle plus mécanique, elles peuvent absorber jusqu'à 25 fois leurs poids en eau, elles gonflent ce qui va rendre les selles plus lourdes dans notre colon et va donc améliorer le transit intestinal. Pour gonfler elles ont besoin de beaucoup d'eau, d'où la nécessité de boire 1,5 à 2 litres d'eau par jour.

### *(3) Les apports recommandés par jour*

Les apports quotidiens recommandés pour un bon transit intestinal sont de l'ordre de 30 à 45g de fibres par jour, dont une majorité issue des céréales chez l'adulte.

En effet, il y a eu de nombreuses études détaillées qui ont été validées par l'ANSES en 2016 et qui aboutissent aux recommandations actuelles de 30g/jour de fibres pour un adulte.

Dans ces études on retrouve quelques conseils pratiques pour atteindre ces 30 grammes de fibres par jour. En effet il faudrait consommer :

- 400 à 500g de fruits et légumes par jour
- + 180g de pains complets ou aux céréales
- + 200g de céréales complètes Bio avec des légumineuses une fois par semaine

Tableau 5 : Aliments riches en fibres alimentaires :

| Aliments (pour 100g)        | Fibres (g) |
|-----------------------------|------------|
| Tégument de psyllium        | De 70 à 90 |
| Son de blé                  | 42         |
| Graines de chia             | 34,4       |
| Thym séché                  | 34         |
| Menthe séchée               | 29,8       |
| Persil séché                | 29         |
| Graines de fenugrec         | 24,6       |
| Son de riz                  | 21         |
| Orge (entière)              | 17,3       |
| Son d'avoine                | 16,7       |
| Flageolet (cuit à l'eau)    | 16,5       |
| Haricot coco (cuit à l'eau) | 15,8       |
| Seigle                      | 15         |
| Noix de coco                | 14         |
| Thym (frais)                | 14         |
| Goji (baies séchées)        | 13         |
| Amande séchée               | 12,5       |
| Tomate séchée               | 12,3       |
| Noisette                    | 11,6       |
| Flocon d'avoine             | 10,2       |
| Figue sèche                 | 9,7        |
| Noix de macadamia           | 9,5        |
| Cachuète                    | 8,6        |
| Noix de cajou               | 8,4        |
| Artichaut cuit              | 8,3        |
| Abicot sec                  | 8,3        |
| Pois chiches (cuit à l'eau) | 8,2        |
| Lentille (cuite à l'eau)    | 8          |
| Ail                         | 5,8        |
| Choucroute                  | 4,5        |
| Patate douce (cuite)        | 2,9        |

*(4) Le rôle des glucides et des fibres alimentaires en musculation :*

La musculation se caractérise par des efforts courts et intenses, de manière répétée. Ces efforts courts de haute intensité entraînent une baisse rapide des réserves de glycogène contenues dans le muscle.

Pris juste avant ou au cours de l'entraînement, un apport en glucose va donc permettre de fournir de l'énergie pendant la séance. Pris pendant la période de repos, il servira à reconstituer les réserves en glycogène des muscles afin d'être performant dans les séances ultérieures. Ces stocks sont entièrement reconstitués après 24 heures, c'est l'une des raisons pour lesquelles il est inutile d'entraîner deux jours de suite le même groupe musculaire (27)

Les fibres alimentaires possèdent de nombreux bienfaits et jouent un rôle important dans la digestion des aliments. En effet, elles vont aider à réduire la glycémie en agissant sur la vitesse d'absorption des glucides contenus dans les féculents. Les glucides vont être absorbés peu à peu, ce qui va permettre à la glycémie de s'élever plus lentement.

On a donc une baisse de la glycémie post prandiale et de la cholestérolémie. C'est pourquoi il est recommandé d'en consommer à chaque repas et d'associer ces fibres aux glucides. Les fibres alimentaires sont également importantes pour l'organisme car elles permettent d'avoir un bon transit intestinal, de prendre soin de notre système immunitaire, cardiovasculaire et digestif.

En musculation, l'augmentation de l'apport en fibres va avoir de nombreux intérêts. On va avoir un meilleur contrôle de l'appétit, les aliments riches en fibres apportent une sensation de satiété et une meilleure maîtrise de l'appétit. Les fibres alimentaires vont absorber l'eau et prendre la consistance d'un gel dans l'estomac ce qui va favoriser la digestion. De plus les aliments riches en fibres prennent plus d'espace dans l'estomac par rapport à des aliments transformés et sucrés. Cela rendra donc la diète plus facile à suivre et cela incite à manger mieux.

On sait qu'un pic d'insuline trop important après les repas n'est pas recommandé car cela incite l'organisme à stocker le glucose dans les cellules graisseuses. De plus, les fluctuations des taux de sucre dans le sang affectent la sensibilité à l'insuline et favorisent l'apparition du diabète, le ralentissement du métabolisme, l'obésité et les maladies cardiovasculaires. Or, les fibres ralentissent la digestion des glucides et l'absorption du sucre dans le sang. Au fil du temps une alimentation riche en fibres améliore la sensibilité à l'insuline. Sans les fibres, le sucre est trop vite absorbé dans le sang et cause des fluctuations trop importantes d'insuline.

Un régime à haute teneur en fibres favorise le renforcement des défenses naturelles et du système immunitaire. Les bonnes bactéries intestinales prospèrent grâce aux fibres. Un système immunitaire solide va aider à combattre le stress causé par l'exercice et à se remettre plus rapidement de l'entraînement.

Ces fibres sont également très importantes à consommer dans la population générale, puisque selon l'ANSES, la consommation de produits céréaliers complets diminue le risque de diabète de type 2, de maladies cardiovasculaires et de cancer colorectal. Le risque de diabète de type 2 est ainsi diminué jusqu'à 25% pour les consommations les plus élevées. Le risque de cancer colorectal diminue de 20% pour chaque consommation supplémentaire de 90g/jour.

### 3. Les lipides

Communément appelés « graisses », les lipides constituent avec les protéines et glucides la dernière grande famille de macronutriments, contribuant à l'apport énergétique. Ces derniers intéressent moins les adeptes de musculation tant les protéines et les glucides occupent une place prépondérante dans la prise de masse maigre, la récupération musculaire, la performance à l'entraînement ...

#### a) Structure

Les deux formes principales de lipides que l'on retrouve dans l'alimentation sont :

- Les triglycérides
- Les phospholipides

Ils résultent tous deux de l'assemblage de structures plus petites, les acides gras.

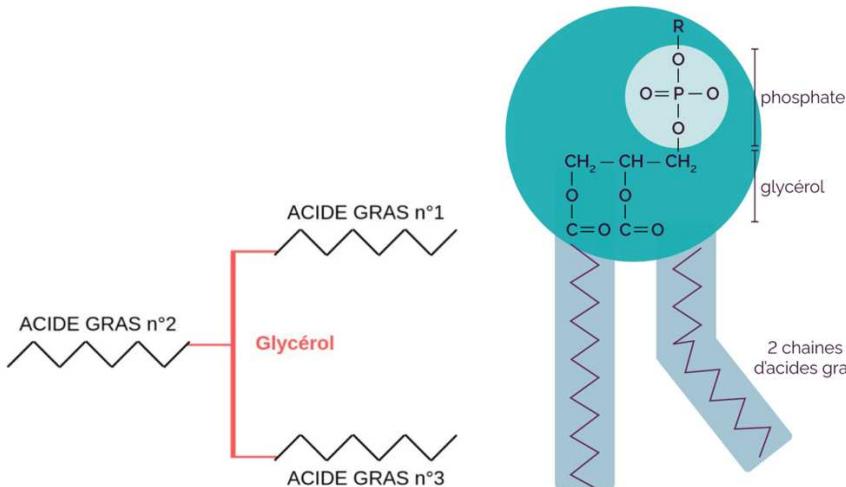


Figure 15 : Schéma d'un triglycéride (à gauche) et d'un phospholipide (à droite)

L'unité de base des lipides est les acides gras, qui sont classés en trois familles :

- Saturés
- Insaturés
- Trans

#### Les AG saturés (=AG dépourvus de double liaison) :

On les retrouve surtout dans les graisses d'origine animale telles que le beurre, la crème fraîche, les fromages, le lard. On en retrouve également dans certaines huiles végétales tropicales comme l'huile de palme.

Ces AG saturés sont à éviter car une consommation excessive de ces AG aura tendance à favoriser les dépôts de cholestérol dans les artères et à augmenter les risques de maladies cardiovasculaires. Ils ne sont pas « essentiels » c'est-à-dire que l'organisme est capable d'en produire.

#### Les AG insaturés (= présence d'une ou plusieurs doubles liaisons) :

Ils sont essentiellement présents dans les produits végétaux ou les poissons gras tels que sardine, hareng, thon ou saumon.

Ce sont eux qui sont à privilégier aussi bien en musculation que dans le cadre d'une alimentation équilibrée car ils protègent des maladies cardiovasculaires. Parmi ceux-là, on retrouve :

- Les AG monoinsaturés : avec par exemple l'oméga-9
- Les AG polyinsaturés : avec par exemple les oméga 3 et 6, qui sont des AG indispensables, permettant la synthèse d'AG dit essentiels.

On voit donc que certains AG vont être considérés comme des facteurs d'aggravation de certaines pathologies, alors que d'autres vont être considérés comme des facteurs de protection. C'est pourquoi il est important de les connaître. Toutes les graisses n'ont pas les mêmes effets sur la santé, d'où l'importance de bien les choisir. En effet une alimentation trop riche en graisses entraînera une prise de poids et pourra aussi augmenter le risque de maladie cardiovasculaire. Notre alimentation comporte des matières grasses « visibles », que l'on ajoute nous-même comme le beurre, les huiles... et des matières grasses qui sont dites « cachées » qui sont présentes naturellement dans certains produits animaux (viande, charcuterie, fromage...) ou végétaux (graines, huiles...). Elles peuvent également être ajoutées en cours de fabrication comme dans des viennoiseries, plats préparés ...

Tableau 5 : Distinction entre les bonnes et mauvaises graisses présentes dans l'alimentation :

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Les « bonnes graisses »</b><br>= acides gras insaturés                 | <b>On les trouve surtout dans :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• certaines viandes, en particulier les volailles;</li> <li>• certains poissons : saumon, sardine, maquereau;</li> <li>• les fruits oléagineux : avocat, noix, noisettes;</li> <li>• certaines huiles : colza, olive, noix.</li> </ul>   | <b>Leur consommation contribue, dans une certaine mesure, au bon fonctionnement du système cardiovasculaire</b> |
| Même s'il s'agit de « bonnes graisses », je fais attention aux quantités. |   |   |
| <b>Les « mauvaises graisses »</b><br>= acides gras saturés                | <b>On les trouve surtout dans :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les produits frits ou panés;</li> <li>• de nombreux plats tout prêts;</li> <li>• les viennoiseries;</li> <li>• les biscuits (sucrés et apéritifs);</li> <li>• les produits d'origine animale : fromage, beurre, crème fraîche, viandes grasses, charcuterie, etc.;</li> <li>• certaines huiles : palme, coco.</li> </ul> | <b>Leur consommation en excès favorise les maladies cardiovasculaires</b>                                       |

**b) Focus sur les oméga-3 et oméga-6 :**

Les oméga-3 et oméga-6 sont des acides gras essentiels, c'est-à-dire qu'ils sont indispensables à notre corps qui ne sait pas les fabriquer. Il faut donc forcément les apporter via l'alimentation, ou à l'aide des compléments alimentaires que nous verrons par la suite.

On peut distinguer trois sortes d'oméga-3 :

- L'acide alpha-linolénique (ALA) : on le retrouve dans les graisses végétales
- L'acide eicosapentaénoïque (EPA)
- L'acide docosahexaénoïque (DHA) : on le retrouve dans les graisses animales, les poissons gras

Concernant les oméga-6 on a :

- L'acide linoléique (LA)
- L'acide arachidonique (AA)

Ces oméga-6 sont surtout contenus dans les graisses animales, dans les huiles végétales, dans le soja, le maïs et l'avoine.

Le corps humain via des enzymes peut transformer les oméga 3 et 6 qu'il reçoit par l'alimentation. Il peut transformer l'ALA en EPA puis DHA. De même pour les oméga-6 où il a la capacité de transformer l'acide linoléique en AA.

**c) Rôle des lipides en musculation :**

Dans l'organisme, les lipides jouent plusieurs rôles :

Ils jouent un **rôle énergétique** : on peut rappeler que les lipides sont les macronutriments les plus riches en termes de calories puisque chaque gramme de lipide apporte à l'organisme 9 calories : c'est deux fois plus que les glucides et protéines. On peut donc facilement se rendre compte que les lipides constituent une réserve importante d'énergie puisqu'un kilogramme de graisse accumulée dans le corps représente plus de 8 000 calories de réserve.

Ils jouent un rôle important de réserve énergétique. L'énergie non dépensée par l'organisme sera stockée sous forme de triglycérides que l'on retrouve notamment dans le tissu adipeux. (voir figure 15)

Les lipides ont un **rôle structural**, ils vont jouer un rôle de barrière protectrice des organes vitaux et d'isolation thermique. Les lipides constituent également les membranes cellulaires, ils sont alors sous forme de phospholipides (voir figure 15)

Les lipides vont également permettre **d'assurer le transport des vitamines**, notamment les vitamines A, D, E et K qu'on qualifie de vitamines liposolubles qui sont stockées et transportées par les graisses.

Enfin, les lipides permettent **la synthèse d'hormones** comme la testostérone, principale hormone anabolisante en musculation.

L'acide arachidonique (AA) et l'acide eicosapentaénoïque (EPA) sont utiles à la production de prostaglandines. Or on sait que celles-ci ont une action anti-inflammatoire, très utile étant donné l'inflammation que peut induire les grosses séances de musculation.

**d) *Recommandations en lipides totaux :***

Comme pour chacun des nutriments, des apports excessifs en lipides peuvent être néfastes pour la santé. La part recommandée des lipides dans l'apport énergétique total est d'environ 35% selon l'ANSES, permettant d'assurer la couverture des besoins en acide gras essentiels et indispensables et prend également en compte la prévention des pathologies. En France, la limite haute de cette fourchette est dépassée par environ 43% des adultes et 34% des enfants.

En musculation, les recommandations nutritionnelles restent les mêmes que dans la population générale, mais là encore tout va dépendre de l'objectif recherché par le sportif. Un profil de type ectomorphe, étant en quête d'hypertrophie musculaire sera dans la fourchette haute et pourra viser les 35%. A contrario, on conseillera à un profil endomorphe en période de sèche de se limiter à 20% de lipides dans ses apports totaux journaliers. (28)

Il est important de prendre en considération la qualité des acides gras (=le type d'AG) apportés par l'alimentation car tous n'ont pas les mêmes effets sur la santé.

Les oméga 3, 6 et 9 sont donc indispensable mais c'est surtout leur équilibre qui est indispensable au corps humain. Il faut éviter toute carence afin de bénéficier d'un ratio favorable à notre santé mais aussi à nos performances.

Actuellement, la consommation de la population actuelle se rapproche plutôt d'un rapport oméga-6/ oméga-3 de 20/1. Or les recommandations de l'ANSES pour la population sont que **ce rapport omega 6 / omega 3 tende vers 5/1**.

Ce ratio sera atteignable en faisant attention à notre alimentation mais également grâce aux compléments alimentaires, ou on pourra augmenter l'apport en oméga 3.

## D. Les micronutriments

Comme nous venons de le voir, les apports en macronutriments sont primordiaux et sont à surveiller avec attention chez le pratiquant de musculation. Ils vont lui permettre d'atteindre ses objectifs, qu'il s'agisse d'une prise de masse musculaire ou d'une sèche. Cependant, les apports en micronutriments demeurent tout aussi essentiels.

### 1. Définition

Les micronutriments comprennent les vitamines, les minéraux, les oligo-éléments et les composés phytochimiques. Bien qu'ils n'aient pas de valeur calorifique et qu'ils n'apportent donc pas d'énergie au corps, ils restent importants chez le sportif car ils interviennent dans un grand nombre de réactions métaboliques. Ils ont donc des fonctions majeures liées à l'exercice physique.

### 2. Intérêts en musculation

Il existe un grand nombre de micronutriments qui peuvent avoir un impact en musculation. Ces derniers seront abordés dans la dernière partie concernant les compléments alimentaires, qui peuvent être données aux pratiquants de musculation, de manière non exhaustive.

## E. L'alimentation en fonction de son morphotype :

### 1. L'ectomorphe :

Ce morphotype a un métabolisme très actif qui favorise une perte rapide des graisses. De ce fait, la plupart des ectomorphes vont donc souhaiter prendre du poids et de la masse musculaire. L'ectomorphe devra donc augmenter ses apports caloriques régulièrement, en contrôlant son poids jusqu'à atteindre son objectif. Comme la prise de masse sera relativement difficile, l'idéal est d'introduire des collations voir même des repas supplémentaires entre les trois principaux repas pour avoir un apport calorique conséquent tout au long de la journée. Ainsi en apportant plus de calories, cela favorisera la prise de poids et la synthèse musculaire. L'idéal est de privilégier des repas riches en glucides et en lipides. Il devra également consommer des bonnes graisses comme des oléagineux, de l'huile d'olive, des avocats.

La clé sera donc de manger régulièrement, 5 à 6 fois par jour environ toutes les trois heures. Cela garantira une forte proportion de calories à son organisme afin de favoriser la prise de poids et la synthèse musculaire.

### 2. L'endomorphe

Leur métabolisme lent va les contraindre à suivre une alimentation contrôlée pour éviter la synthèse de tissu adipeux. En effet leur organisme aura tendance à rencontrer des difficultés à éliminer les excédents de graisse.

L'endomorphe devra surveiller sa consommation en glucides mais surtout prioriser les protéines. Il ne devra surtout pas grignoter entre les repas.

Il pourra également prendre des collations mais celles-ci doivent être riches en protéines. Il ne devra surtout pas sauter de repas ce qui priverait son corps de carburant pendant trop longtemps et l'inciterait ainsi à stocker.

En journée, il pourra consommer modérément des glucides et ne devra donc pas abuser des féculents. Il devra surtout les éviter le soir et privilégier plutôt des apports en protéines qu'il trouvera en abondance dans la viande, les œufs ou encore les lentilles. Les lipides devront également être de qualité, il pourra par exemple les trouver dans les fruits secs : amandes, noix, pistaches.

### 3. Le mésomorphe

Son alimentation dépendra fortement de ses objectifs, mais le mésomorphe peut tout aussi bien perdre ou stocker des graisses rapidement selon son alimentation.

Il devra limiter les glucides le soir afin d'empêcher le stockage dans le tissu adipeux.

Pour prendre de la masse, il devra apporter en journée des sucres lents en mangeant par exemple des féculents comme des pommes de terre, des pâtes ce qui lui permettra de supporter ses séances d'entraînement intensives. Il devra également consommer des repas riches en protéines pour favoriser sa prise de masse musculaire. Concernant les lipides il devra privilégier les bonnes graisses polyinsaturées comme dans l'huile de colza, les poissons gras. En d'autres termes, le mésomorphe devra avoir une alimentation équilibrée qui l'aidera à apparaître encore plus athlétique avec ses séances de musculation intensives.

### F. L'hydratation :



#### 1. La répartition dans l'organisme

L'eau est le constituant de base de notre organisme et représente 60 à 65% du poids total d'un adulte. L'eau baigne et irrigue l'ensemble de nos cellules. Elle se répartit différemment dans le corps, on en trouve par exemple moins dans le tissu adipeux que dans le tissu maigre. C'est pourquoi la proportion d'eau chez les femmes est généralement inférieure à celle des hommes car les femmes ont tendance à avoir plus de graisses. De la même manière, plus nous vieillissons et moins notre organisme contient d'eau : environ 75% chez un nouveau-né contre 55% pour une personne âgée.

Cette eau se répartit en deux secteurs :

- le secteur extracellulaire (environ 20%) : il est composé de l'eau plasmatique ou intravasculaire (5%) et de l'eau interstitielle (15%)
- le secteur intracellulaire (environ 40-45% du poids corporel)

L'eau ingérée compense celle que nous éliminons en urinant (environ 1L d'eau par jour), sous forme de sueur (environ 0,5L par jour) ou en respirant (environ 0,5L par jour). On peut également ajouter les pertes fécales (100 à 150mL par jour)

On distingue trois grandes sources d'apports en eau :

- L'eau de boisson : elle correspond aux deux tiers des apports journaliers de l'organisme (de 1 à 1,5L d'eau par jour)
- L'eau constituant les aliments (de 0,5 à 1L d'eau par jour)
- L'eau de combustion : elle correspond à l'eau produite aux cours de réactions chimiques de l'organisme (environ 300mL par jour)

*Tableau 6 : Pourcentage d'eau contenu dans certains aliments*

| Aliments             | Pourcentage en eau |
|----------------------|--------------------|
| Légumes verts        | 90%                |
| Yaourt               | 90%                |
| Fruits frais         | 80 à 95%           |
| Œufs                 | 75%                |
| Viande, poisson      | 65 à 70%           |
| Fromage à pâte molle | 50%                |
| Hamburger            | 45%                |
| Fromage à pâte dure  | 35%                |
| Pain                 | 35%                |
| Fruits secs          | 20%                |
| Beurre               | 15%                |
| Huiles, sucre        | 0%                 |

## 2. Hydratation corporelle et performance

La sensation de soif exprime une déshydratation cellulaire. Cela va stimuler les centres hypothalamiques pour signaler à l'organisme un besoin en eau. Cette sensation n'est cependant pas un bon indicateur des besoins réels, il est recommandé de boire avant d'avoir soif. En effet, une étude de 2015 a pu mettre en évidence une diminution des performances à l'effort dès qu'un individu est déshydraté de seulement 2% de son poids corporel. Des pertes supérieures à 5% du poids corporel peuvent diminuer la capacité physique et mentale jusqu'à 30%. (29) Le pharmacien devra conseiller aux sportifs de boire régulièrement tout au long de la journée afin de maintenir une hydratation adéquate. On rappellera que toutes les boissons ne sont pas égales et que certains sodas contiennent de grande quantités de sucres, l'eau reste la meilleure option pour avoir une bonne hydratation.

L'ANSES recommande de boire 1,5 à 2L d'eau par jour mais les besoins vont varier au cas par cas chez les sportifs car l'activité physique entraîne une transpiration abondante et par conséquent une augmentation des besoins en eau. Une heure d'entraînement provoque la perte d'environ 1L d'eau. Ceci peut être encore plus important introduisant de longues minutes de cardio au sein de sa séance de musculation. Au cours d'une séance de musculation, il faudra donc boire davantage. (30) En effet la déshydratation peut nuire à la récupération après un entraînement ce qui peut ralentir la progression vers un objectif de prise de masse.

L'eau joue un rôle crucial dans la digestion et l'absorption des nutriments. Elle va notamment permettre de transporter les protéines aux muscles afin de solliciter leur croissance et leur réparation.

L'eau joue donc un rôle clé dans la musculation puisqu'elle maintient l'équilibre des fluides du corps, elle permet le transport des nutriments, elle contribue aussi à éliminer les déchets. Au cours d'un exercice physique, l'eau permet de réguler la température et une hydratation optimale est nécessaire pour maintenir ses performances. Cela est valable aussi bien pendant l'entraînement qu'après celui-ci afin d'optimiser la récupération.

### **III. Le repos:**

Comme vu dans notre introduction, le repos (*voir figure 2*) est un des piliers de la progression en musculation. Avec l'entraînement et l'alimentation, il constitue un axe de progression à ne pas négliger afin d'accroître ses résultats.

#### **A. Au cours d'une séance :**

Des études ont démontré que les temps de repos plus longs (3 minutes contre 1 minutes) chez des jeunes haltérophiles expérimentés ont été plus bénéfique sur plusieurs points :

- Une force maximale plus élevée pour le squat et le développé couché chez les athlètes ayant eu de plus longs temps de repos
- Une épaisseur musculaire plus importante au niveau de la partie antérieure de la cuisse pour ce même groupe (31)

Il est donc intéressant de commencer avec des temps de repos assez longs, notamment pour les gros exercices polyarticulaires, afin d'optimiser les performances. (32) Ensuite, dans une logique de progression, on peut les réduire au fur et à mesure des semaines ou des cycles d'entraînements afin d'augmenter de plus en plus l'intensité des séances. Nous verrons également que certains compléments alimentaires vont contribuer à réduire ces temps de repos et vont donc permettre d'augmenter l'intensité des séances de musculation.

#### **B. En dehors des séances :**

##### **1. Entre deux séances**

Le repos entre les séances va être important pour de nombreuses raisons.

Tout d'abord, il va permettre de refaire le plein d'énergie. Les muscles, au cours d'une séance de musculation vont utiliser de nombreuses molécules d'ATP. Le corps va utiliser le glycogène pour en produire, mais également de la créatine. Ces sources étant limitées, il est important qu'elles soient reconstituées avant une nouvelle séance d'entraînement. En effet si ces réserves n'ont pas eu le temps de se remplir, le pratiquant pourra ressentir une diminution de ses performances, une fatigue plus rapide, majorant même les risques de blessure.

## Le métabolisme anaérobie musculaire

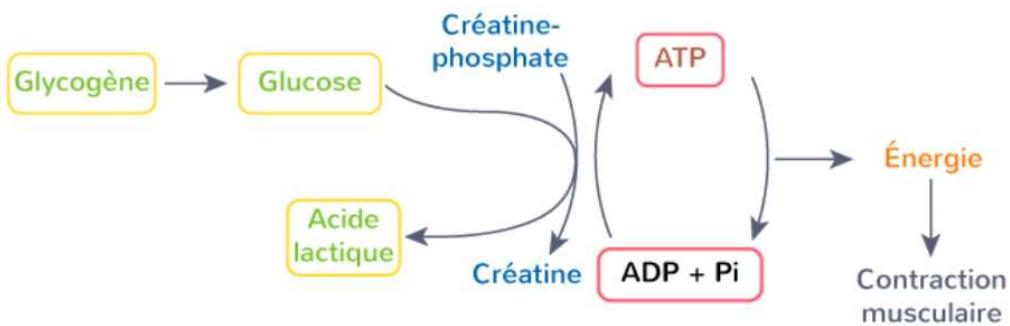


Figure 16 : La synthèse d'ATP

C'est le métabolisme anaérobie qui est le premier moyen utilisé par les cellules musculaires pour produire l'ATP nécessaire à l'effort. En effet il ne nécessite pas de dioxygène et se met donc très rapidement en place, au tout début de l'effort, alors que les muscles se contractent sans recevoir encore beaucoup de dioxygène. On voit donc que c'est la créatine phosphate qui assure la régénération de l'ATP.

C'est ce métabolisme anaérobie qui est beaucoup plus important dans le domaine de la musculation.

Le repos va également permettre la réparation des fibres musculaires endommagées lors des séances. En effet, lors d'un programme d'entraînement approprié, les muscles vont être stressés et vont répondre à ce stress en devenant plus forts et plus volumineux. Et c'est lors de cette période de réparation musculaire que les fibres musculaires vont pouvoir se réparer et s'hypertrophier. Il va y avoir des microdéchirures au niveau des myofibrilles, et les nutriments vont être digérés vers les cellules musculaires afin de réparer ces dommages. On comprend donc pourquoi les jours de récupération sont indispensables pour obtenir un véritable progrès musculaire.

Il faut donc à tout prix éviter le surentrainement. Cela peut provoquer du stress, de la fatigue, une baisse de performances, un épuisement intense pouvant même entraîner des blessures. De plus, si on s'entraîne trop souvent sans repos, les muscles que l'on cherche à travailler vont être utilisés comme source d'énergie et vont alors s'atrophier. On obtient exactement l'inverse de ce qui est recherché en musculation puisque l'on va passer d'une fabrication de muscles c'est-à-dire d'un anabolisme musculaire, à une dégradation de ce dernier, un catabolisme.

Il sera donc important de planifier ses jours de repos. L'idéal est de laisser un groupe musculaire se reposer pendant 72 heures avant de le solliciter à nouveau.

## 2. Le sommeil

Comme vu précédemment dans notre pyramide, le sommeil fait partie intégrante du programme de musculation. En effet, un manque de sommeil jouera sur les taux de cortisol qui est une hormone déclenchant le catabolisme.

Le bon rythme de sommeil se situe entre 7 et 9 heures, variable selon les individus. Plusieurs études ont pu mettre en évidence qu'un manque de sommeil pouvait influencer la dépense et l'équilibre énergétique et être associé à l'obésité. Ces études suggèrent que l'augmentation de la consommation alimentaire pendant une période de sommeil insuffisant est une adaptation physiologique pour fournir l'énergie nécessaire au maintien d'une période d'éveil supplémentaire. (33)

Ceci s'explique car un sommeil insuffisant modifie les taux circulants de deux hormones : la leptine et la ghréline. Ces hormones peuvent favoriser l'appétit. On a donc une augmentation de la consommation calorique sans modification de la dépense énergétique ce qui peut contribuer à une prise de poids chez ces personnes exposées à une restriction de sommeil à long terme. (34)

La ghréline augmente de manière significative lors d'une restriction de sommeil. Cela entraîne donc une plus grande consommation de calories. (35)

A l'inverse ces études ont permis de constater que le passage d'un horaire de sommeil adéquat, récupérateur diminuait la consommation d'énergie, en particulier de graisses et de glucides et entraînait une perte de poids.

En résumé ces études prouvent que le sommeil joue un rôle clé dans le métabolisme énergétique. Plus important encore, ils démontrent les mécanismes physiologiques et comportementaux par lesquels un sommeil insuffisant peut contribuer au surpoids et à l'obésité.

## IV. Les compléments alimentaires :

Dans le domaine de la musculation, un grand nombre de compléments alimentaires sont disponibles.

### A. A base de protéines

Nous avons vu précédemment qu'un apport en protéines à hauteur d'1,6g/kg/jour est optimal afin de soutenir de manière optimale la synthèse protéique et la réparation des fibres musculaires. Chez un adulte pesant 85 kg, cela représente un apport de 136g de protéines sur une journée. Quand on prend par exemple la teneur en protéines d'un steak haché qui est de 20g, on peut comprendre que certains sportifs se heurtent à des difficultés pour atteindre leurs objectifs, c'est pourquoi les compléments alimentaires peuvent s'avérer très utiles.

#### 1. La whey = petit lait = lactosérum



C'est le complément alimentaire le plus répandu dans le monde de la musculation.

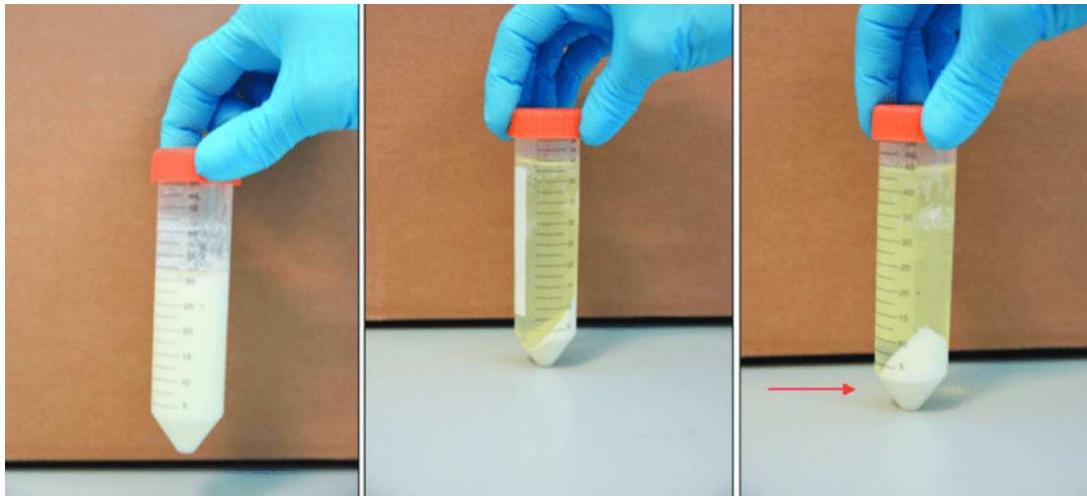
On peut mentionner qu'il existe des **whey fromagères** qui sont issues des déchets de l'industrie du fromage. Lors de l'élaboration du fromage, des réactifs chimiques sont introduits dans le lait, entraînant l'apparition de glycomaclopeptides = GMP. Ce ne sont pas des protéines naturelles, elles se composent d'un agglomérat de sucres (à hauteur de 30%) et d'AA (à hauteur de 70%). L'avantage de cette whey sera son prix, cependant les processus de fabrication du fromage vont dénaturer les AA. Il y aura donc une richesse moindre en leucine ce qui en fait une whey de moins bonne qualité.

L'autre type de whey est donc un produit d'origine animale issu de l'industrie laitière. Après collecte du lait frais, ce dernier est refroidi dans des citernes réfrigérées jusqu'à être amené à l'usine la plus proche. Il va devoir ensuite être pasteurisé avant de pouvoir être consommé car ce lait contient encore des bactéries pouvant être nocives chez l'homme. Pour tuer ces agents pathogènes, il est chauffé à une température élevée ( $>70^{\circ}\text{C}$ ) sur une courte période, avant d'être refroidi rapidement. Le lait pasteurisé obtenu contient 80% de caséine et 20% de lactosérum = whey. Il s'agit ici de la **whey laitière ou native** car comme son nom l'indique, elle est directement issue du lait.

On va ensuite traiter ce lait pasteurisé avec des enzymes comme la chymosine. Cela va modifier la structure des micelles de caséine et va faire cailler le lait. On applique également des techniques de centrifugation afin de séparer les éléments.

On va donc obtenir une partie solide correspondant à la caséine qui pourra servir de base pour le fromage, et une partie liquide correspondant au lactosérum : substance jaunâtre opaque.

La whey native sera donc mieux assimilée par le corps et sera plus digeste. Nous allons donc voir les différents types de whey qui existent, issues de cette whey native.



*Figure 17 : Étapes de séparation de la caséine et du lactosérum*

La flèche rouge nous montre la partie solide correspondant à la caséine.

C'est ensuite selon les différentes étapes de filtration que l'on va pouvoir obtenir nos différents types de whey (36) :

*a) La whey concentrée :*

C'est la plus ancienne des whey protéine. On va appliquer une micro-filtration ou filtration céramique. Le lactosérum liquide est filtré à travers un ensemble de micro-filtres en céramique, sous pression et à froid pour préserver la qualité des protéines. Après cette microfiltration, une faible quantité de lipides et de glucides est encore présente.

Une fois séchée, on obtiendra une whey concentrée qui contiendra **environ 80% de protéines**

Cette whey ne sera donc pas conseillée aux personnes intolérantes au lactose.

*b) L'isolate de whey :*

Le procédé de base pour produire ce complément alimentaire est le même que pour la whey protéine, cependant l'isolate de whey subit une filtration supplémentaire afin de supprimer le maximum de lactose et de lipides permettant de garder une protéine plus pure, avec un pourcentage de protéines plus élevé : généralement **aux alentours de 90% suivant la qualité**.

On parle d'ultra-filtration ou filtration sur membrane. Elle consiste à séparer, sous pression, les macromolécules en solution selon leur taille à l'aide d'une membrane appropriée.

Ici, presque toutes les graisses et le lactose sont éliminés à ce stade ce qui lui confère une meilleure tolérance digestive.

*c) L'hydrolysat de whey :*

Comme son nom l'indique, on l'obtient à partir d'un procédé appelé l'hydrolyse : lors de ce procédé, les protéines sont « cassées » afin de les rendre plus facilement et rapidement assimilable par notre organisme, comme une « pré digestion ». Cette whey est extrêmement bien filtrée et le pourcentage de protéines est d'environ 95%.

Peu importe le type de whey, on va ensuite utiliser un séchoir pour sécher le liquide de lactosérum et l'eau sera rapidement éliminée sous l'influence de l'air chaud et froid, sans dénaturer les protéines. Puis la quantité de protéines est méticuleusement calculée. Enfin, ces poudres sont enrichies en arômes, emballées et scellées dans des boites. (24)

*d) La clear whey ou whey translucide, transparente :*

Comme son nom l'indique, une fois diluée dans un liquide, les Clear whey ne laissent aucune trace. En effet on avait vu que lors de la fabrication, le traitement thermique pouvait entraîner une petite dégradation et agrégation des protéines. Cela a tendance à créer des résidus, un petit précipité blanc au fond de la bouteille et ces dépôts avaient tendance à être perçus comme des déchets par les consommateurs.

La différence majeure avec les autres types de whey est que celle-ci va subir une centrifugation afin de retirer les agrégats protéiques non solubles. Elles vont également être rendues très acides, avec un pH inférieur à 4. Cela va permettre de parfaitement s'amalgamer au liquide et de pouvoir subir le traitement thermique sans coaguler. (37)(38) Ce dernier type de whey aura donc plusieurs avantages, comme sa texture très fluide et légère, avec de nombreux nouveaux goûts. Cependant étant très acides, elles ne sont pas à conseiller puisqu'elles seront néfastes pour l'estomac et le pH sanguin. De plus, elles seront plus chères à cause des étapes supplémentaires de fabrication.

*e) Moment de prise :*

Du fait de sa digestion rapide, il est conseillé de prendre sa whey après l'entraînement car c'est à ce moment que l'organisme en aura le plus besoin afin d'assurer une récupération efficace. Cependant les études montrent tout de même que le moment importe peu, le plus important étant d'ingérer la quantité totale de protéines sur la journée entière, mais en répartissant ses prises toutes les 3 à 5 heures ce qui permettra une synthèse protidique optimale.

En effet l'organisme ne pourra pas absorber une trop grande quantité de protéines en un seul et même repas, c'est pourquoi l'idéal est de réaliser ses 3 repas journaliers et d'introduire les collations entre deux, comme à 10h et à 16h. (39)

Il est également important de la prendre tous les jours, même les jours de repos puisque les muscles se reconstruisent et prennent en volume essentiellement au cours du repos.

*f) Intérêts en musculation :*

La protéine de lactosérum est largement utilisée par les athlètes et le secteur du fitness pour le maintien musculaire, la croissance musculaire mais aussi l'amélioration des performances. Certaines études se sont même concentrées sur les effets bénéfiques du lactosérum sur l'exercice aérobique, en fonction d'évaluations biochimiques. Ces études ont permis de montrer également un intérêt de la whey dans le cadre d'exercices aérobiques. (40) De ce fait, il peut également être intéressant de conseiller la whey au comptoir à des coureurs amateurs.

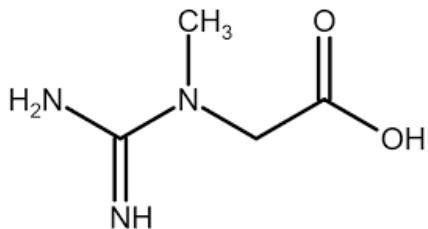
D'autres articles ont également abordé l'importance de la qualité des protéines pour la prise ou le maintien de la masse musculaire. Cette qualité des protéines est fonction de leur digestibilité, de leur teneur en AA et de la disponibilité de ces AA. Et c'est la protéine de lactosérum qui est l'une des protéines de plus haute qualité en raison de sa teneur en AA et de sa digestibilité rapide. Les protéines de lactosérum stimulent la synthèse des protéines musculaires dans une plus large mesure que d'autres protéines comme la caséine ou le soja.

(20) Elle va également permettre une meilleure récupération musculaire en post-effort.

*g) Le dosage :*

Il n'y a pas de dosage exact, tout dépend également de ce que l'on recherche. Cependant l'ANSES définit qu'un apport jusqu'à 2,2g de protéines par kg de poids et par jour peut être satisfaisant, mais inutile au-delà. Nous avons vu via d'autres études que la dose d'1,6g de protéines/kg/jour semble être le dosage idéal.

2. La créatine :



*Figure 18 : Formule chimique de la molécule de créatine*

*a) Origine*

Elle a été découverte par Michel Chevreul, chimiste français, en 1832.

En 1847 on a découvert qu'elle joue un rôle dans le fonctionnement des muscles lorsqu'on constate que la chair des renards tués à la chasse contient 10 fois plus de créatine que celle de ceux qui sont gardés en captivité.

C'est un dérivé d'acide aminé naturel, présent principalement dans les fibres musculaires et dans le cerveau. Elle permet l'apport d'énergie aux cellules musculaires et joue également un rôle dans la contraction musculaire. La créatine est transportée par le sang jusqu'aux muscles : 95% de la créatine contenue dans le corps humain est stockée dans les muscles du squelette. On retrouve les 5% restants dans le cerveau, le cœur et les testicules.

*b) Sources de créatine :*

L'organisme peut en produire en fonction de ses besoins (environ 1 à 2g par jour) à partir des aliments protéinés consommés : elle est synthétisée dans les reins, le foie et le pancréas. Chez les omnivores, la synthèse endogène représente la moitié de l'apport en créatine. L'autre moitié provient de l'alimentation et il existe de nombreuses sources de créatine : la meilleure source étant la viande rouge mais on en trouve également dans la volaille, le poisson.

Chez les végétariens, la synthèse endogène est donc l'unique source de créatine. Si ces derniers consomment des aliments végétaux riches en glycine, arginine, méthionine : ces AA permettront à l'organisme d'en synthétiser des quantités suffisantes. Cependant, conseiller au comptoir une supplémentation en créatine chez les végétariens et végétaliens semble être tout de même judicieux.

c) Intérêt dans la musculation :

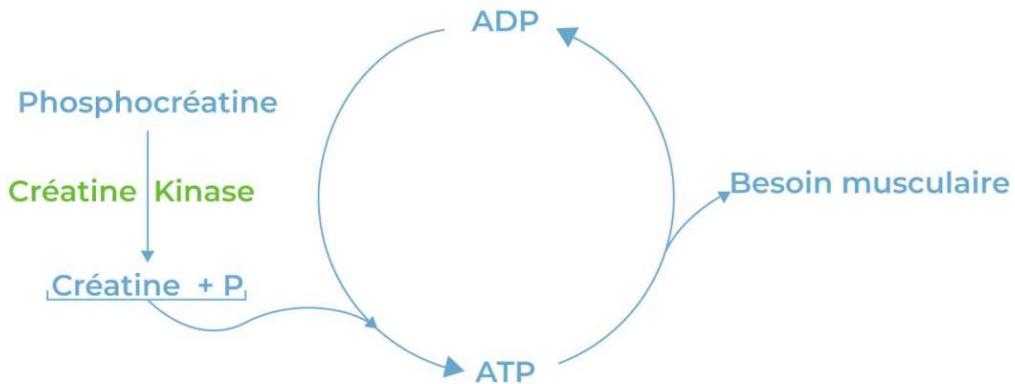


Figure 19 : Schéma de la voie anaérobie de la phosphocréatine

Comme nous l'avons vu, les cellules musculaires stockent une molécule nommée la phosphocréatine. Cette dernière peut être hydrolysée par la créatine kinase, libérant une molécule de phosphate et de la créatine. Ce phosphate va s'associer à l'ADP formant de l'ATP qui est la source d'énergie du corps humain. Cette réaction se fait très rapidement et permet de subvenir au besoin immédiat en ATP. Cependant ce stock en phosphocréatine s'épuise très rapidement, en moins de 30 secondes et ne se reconstitue qu'après l'effort.

Une supplémentation en créatine peut contribuer à augmenter la teneur en phosphocréatine du muscle squelettique et ainsi améliorer la performance à l'exercice pour certaines activités.

La phosphocréatine, mise en réserve dans les muscles squelettiques, est un précurseur de l'adénosine triphosphate (ATP) qui permet de fournir l'énergie aux cellules musculaires. Ainsi, l'augmentation du taux de créatine dans l'organisme favoriserait le renouvellement de l'ATP lors des courtes séances d'exercice intense et cela permet également d'accélérer la synthèse de phosphocréatine après l'effort.

L'autre intérêt de la créatine est de favoriser la rétention d'eau dans les muscles, faisant augmenter le poids corporel et le volume musculaire. (41)

Prise dans le cadre d'une activité physique régulière, elle permet d'augmenter légèrement la masse musculaire (maigre) par rapport à la masse grasse et elle permet également un gain de force lors d'entraînements de résistance. (42) En effet, une augmentation de la puissance, force de l'ordre de 5 à 15% a été observée chez des pratiquants supplémentés en créatine. (43)

Elle contribue également à améliorer les performances physiques au cours d'exercices courts et intenses (ex : sprint) ou d'exercices avec une forte résistance comme la musculation. (44) Enfin, la créatine permet d'accélérer la récupération musculaire entre deux entraînements. Ceci grâce à sa capacité à apporter l'énergie aux muscles et à contrer les effets néfastes de l'acide lactique accumulé au cours de l'effort. (45)

La créatine a également un effet anti oxydant. Une supplémentation en créatine permet de calmer l'inflammation engendrée par la séance de musculation, de prévenir le stress oxydatif. (46)

Même si la créatine n'est pas indiquée pour améliorer les performances de sport d'endurance elle peut tout de même être utile si l'on ajoute des phases de haute intensité au cours de la séance comme lors du fractionné en course à pied. La créatine aura alors les mêmes effets que lorsqu'elle est employée en musculation.

*d) Les différentes formes de créatine :*

En pharmacie, comme dans certaines salles de musculation, ou de boutiques de compléments alimentaires, on peut la trouver sous forme de gélules, de micro-granules ou encore en poudre. L'efficacité reste la même peu importe la forme choisie.

La plus connue et utilisée dans la majorité des études au travers des années est la créatine monohydrate. Elle contient environ 88% de créatine pure et 12% d'eau.

Lorsque l'on enlève une molécule d'eau à cette créatine monohydrate on obtient la créatine anhydre. Les deux produits possèdent donc les mêmes qualités mais la créatine anhydre est plus concentrée et renferme environ 6% de créatine en plus.

Il existe de nombreuses autres formes mais elles ne seront pas abordées ici car aucune n'a pu prouver être meilleure que la créatine monohydrate.

*e) Dosage*

Les apports recommandés sont de 3 à 5g par jour chez un sportif. Les doses de charge ne sont pas nécessaires pour augmenter les réserves intramusculaires de créatine. (47)

Il faut surtout veiller à avoir une très bonne hydratation, 1,5 à 2L d'eau par jour puisque la créatine entraîne une rétention d'eau dans le muscle.

Bien que la supplémentation en créatine semble n'avoir aucun effet néfaste sur la fonction rénale des personnes n'ayant pas de maladies rénales sous-jacentes, il semble plus judicieux de suggérer que la supplémentation en créatine ne soit pas utilisée par les sportifs ou les femmes ayant une maladie rénale existante ou présentant un risque de dysfonction rénale.

La créatine va seulement augmenter la créatininémie.

En effet la créatine, une fois métabolisée va être transformée en créatinine qui est donc un déchet. Plus on est musclé, plus on a un taux de créatine important dans les muscles et donc plus on peut avoir de créatininémie. Le pharmacien devra donc en informer ses patients qui prendraient de la créatine en complément alimentaire et qui pourraient être inquiets de voir leur créatininémie augmenter lors d'une prise de sang.

Ce résultat sera donc toujours à interpréter en fonction de l'âge, de la masse musculaire...

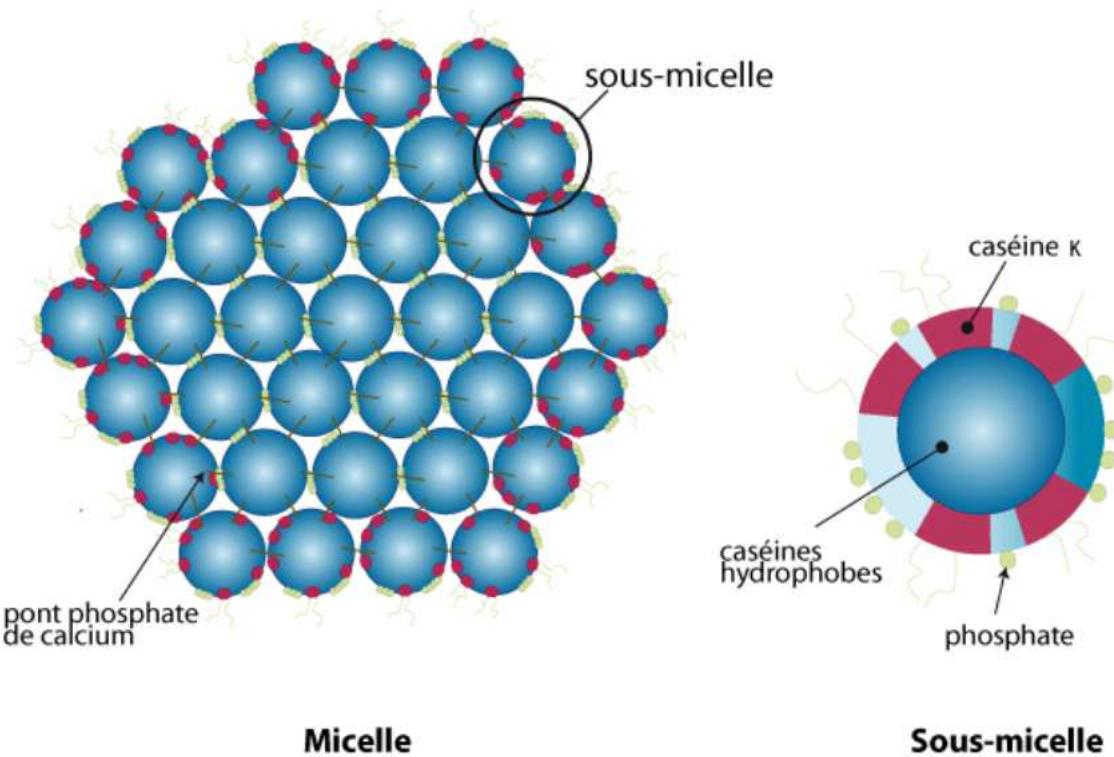
La supplémentation en créatine ne dégrade donc pas la fonction rénale mais elle peut faussement altérer les dosages de marqueurs qui sont des reflets indirects de la fonction rénale. (48)

*f) Moment de prise :*

Il n'y a pas de moment précis car elle n'agit pas dans l'instant. Cependant il faut éviter de la prendre juste avant l'entraînement car elle a un léger effet hypoglycémiant. En effet la créatine peut augmenter l'efficacité de l'insuline donc on peut avoir une petite baisse de glycémie non recommandé avant l'entraînement. C'est pourquoi l'idéal serait de la prendre pendant les repas ou pendant une collation, après l'entraînement. (49)

Il faut en prendre tous les jours en tant que sportif assidu et il n'y a aucune conséquence néfaste à cela.

### 3. La caséine :



*Figure 20 : Schéma de micelle et sous micelle de caséine*

Il existe deux formes de caséine : la caséine micellaire et le caséinate de calcium. On s'intéressera ici uniquement à la caséine micellaire, beaucoup plus intéressante puisqu'elle ne fait pas intervenir de composés chimiques pour son obtention. Elle est obtenue en séparant la caséine du lactosérum par un procédé de microfiltration permettant de conserver cette structure micellaire. (voir figure 17) Elle n'est donc pas dénaturée, plus digeste et facilement assimilable. Nous verrons que son organisation, qui contient plusieurs sous-micelles, lui confère ses propriétés intéressantes.

#### a) Sources

Comme vu précédemment, la caséine est une protéine issue du lait de vache (caseus en latin veut dire fromage), à hauteur de 80% de la composition du lait. Les aliments contenant de la caséine sont donc tous issus de produits laitiers : fromage blanc, yaourt, poudres pour bébé et bien sûr le lait. Plus riche en lactose que la whey, il faudra donc faire attention si on la conseille au comptoir puisqu'elle sera à éviter chez les personnes intolérantes au lactose.

#### b) Intérêt en musculation :

L'avantage de la caséine en tant que complément alimentaire est qu'il s'agit d'une protéine de lait à digestion lente, à l'inverse de la whey. Elle va donc libérer lentement des acides aminés et cela va permettre d'apporter aux cellules des petites quantités d'AA sur une longue période. (50) Cela permettra aux cellules de fabriquer des protéines (=anabolisme), même pendant les périodes où le corps est censé dégrader du tissu musculaire à des fins énergétiques (=catabolisme).

Comme d'autres protéines d'origine animale, la caséine est une source de protéine complète. Cela signifie qu'elle fournit tous les acides aminés essentiels (AAE) dont le corps a besoin pour la croissance et la réparation musculaire. La caséine trouve donc son intérêt en musculation puisqu'elle contient tous les AA essentiels que le corps est incapable de produire naturellement dont le plus important : la leucine qui permet d'initier la synthèse des protéines musculaires.

c) *Moment de prise et dosage :*

Comme nous l'avons vu, la principale différence entre la whey et la caséine est la vitesse d'assimilation. La whey est une protéine à assimilation rapide, contrairement à la caséine qui est une protéine à digestion lente libérant progressivement ses acides aminés. C'est pourquoi sa prise juste avant le coucher peut être intéressante afin d'avoir une meilleure récupération mais aussi afin de réduire la dégradation musculaire pendant le sommeil. Cela permettrait également d'être une stratégie efficace afin de maximiser les gains de masse musculaire et de force pendant l'entraînement de musculation suivant. (51)

L'ingestion de protéines après un exercice de résistance stimule les taux de synthèse des protéines musculaires et améliore la réponse adaptative des muscles squelettiques à un entraînement prolongé de résistance. Comme la réponse adaptative à un seul exercice de résistance s'étend bien au-delà des deux premières heures de récupération post-exercice, des études récentes ont commencé à examiner l'impact du moment et de la distribution de l'ingestion de protéines pendant des périodes de récupération plus prolongées. Des travaux récents ont montré que les taux de synthèse des protéines musculaires pendant la nuit sont limités par le niveau de disponibilité des acides aminés. Les protéines ingérées avant le sommeil sont digérées et absorbées de manière efficace, ce qui stimule les taux de synthèse des protéines musculaires pendant la nuit. Lorsqu'elle est appliquée pendant une période prolongée d'entraînement à des exercices de type résistance, la supplémentation en protéines avant le sommeil peut encore augmenter les gains de masse et de force musculaires. Des études récentes portant sur l'impact de l'ingestion de protéines avant le sommeil suggèrent qu'au moins 40 g de protéines sont nécessaires pour afficher une forte augmentation des taux de synthèse des protéines musculaires pendant la nuit. En outre, l'exercice préalable permet d'utiliser une plus grande partie des acides aminés dérivés des protéines avant le sommeil pour la synthèse de novo des protéines musculaires pendant le sommeil. En résumé, l'ingestion de protéines avant le sommeil représente une stratégie alimentaire efficace pour améliorer la synthèse des protéines musculaires pendant la nuit, améliorant ainsi la réponse adaptative du muscle squelettique à l'entraînement physique. (52) (53)

Au comptoir, notamment pour les personnes faisant attention à leur budget, il peut être utile de distiller certains conseils. En effet, la whey reste supérieure nutritionnellement avec plus d'acides aminés essentiels (EAA) et de BCAA. Si un choix est à faire, il est donc préférable de conseiller la whey à notre patient, celle-ci reste le complément alimentaire le plus connu et le plus indispensable en musculation. De plus, on peut obtenir un effet proche de la caséine en changeant son moment de prise. En effet, si l'on consomme la whey en dessert après un repas complet, on peut se rapprocher de la cinétique d'absorption de la caséine. Les autres nutriments du repas vont ralentir la vitesse d'assimilation de la whey ce qui se rapprochera de l'effet obtenu avec la caséine. Et il est tout à fait possible de cumuler la prise de whey après l'entraînement, avec une prise le soir après le repas.

#### 4. La L-carnitine

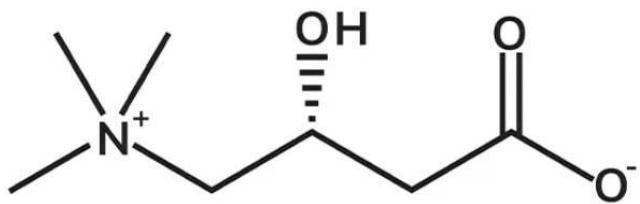


Figure 21 : Structure 2D de la L-Carnitine

Il s'agit d'une molécule chirale qui possède deux stéréo-isomères, L et D. La D-carnitine est une forme synthétique et inactive, elle n'a aucune capacité et possède même une certaine toxicité puisqu'elle inhibe l'activité de la forme L.

**a) Source :**

Il s'agit d'un AA naturellement présent dans la viande rouge et à un moindre dosage dans les produits laitiers. Seule la L-carnitine est synthétisée chez les êtres vivants. Elle peut être synthétisée au niveau hépatique et rénal à partir de deux AA essentiels : la lysine et la méthionine.

**b) Intérêt en musculation :**

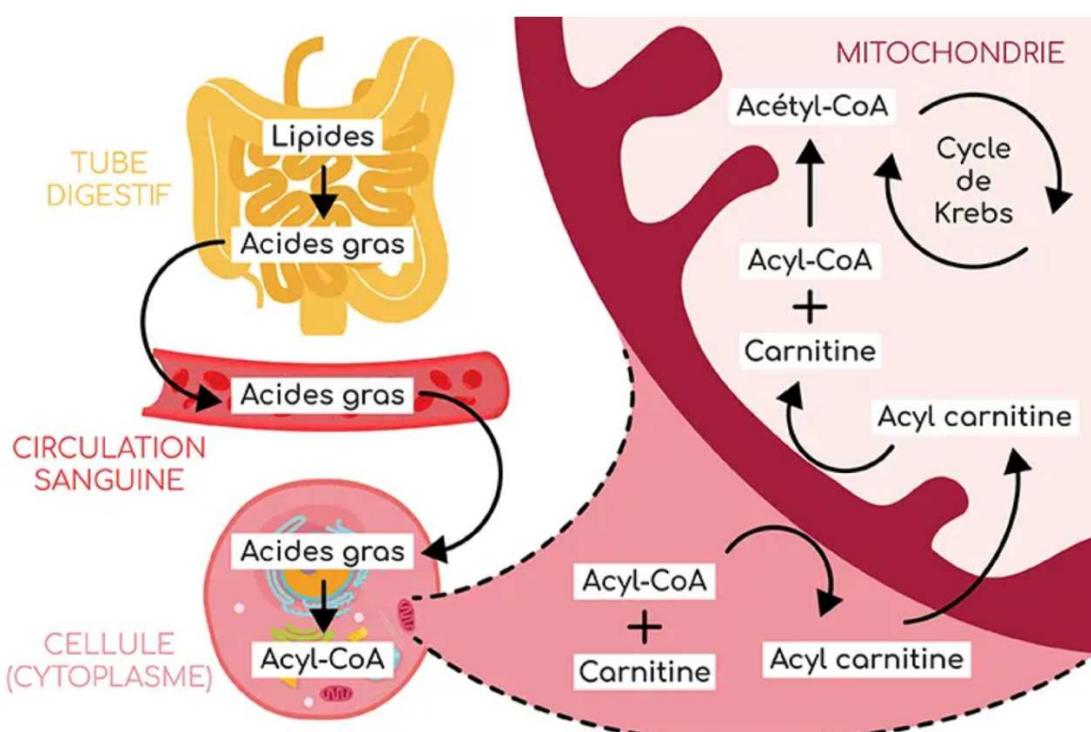


Figure 22 : Rôle de la L-Carnitine dans le transport de l'acyl-CoA à travers la membrane mitochondriale

La L-carnitine joue un rôle très important dans le métabolisme énergétique. Elle permet le transport des AG à longues chaînes depuis le cytosol vers l'intérieur des mitochondries produisant l'énergie sous forme d'ATP. (54) Cela permet leur oxydation entraînant une production d'énergie pour les cellules. Elle joue donc un rôle très important dans le **catabolisme des lipides, et donc des graisses**.

C'est pourquoi de nombreuses études ont pu mettre en évidence que cet AA entraînait une perte de poids chez l'adulte. (55) De plus, elle participe également à l'évacuation des sous-produits de ce métabolisme à l'extérieur des cellules.

La L-carnitine permet également d'améliorer la sensibilité à l'insuline et a également permis de diminuer l'hypertension artérielle de certains patients. (56) (57)

Un autre intérêt de la L-carnitine en musculation est son effet protecteur contre la douleur et les dommages causés par l'effort excentrique. Cet effet est principalement attribué à sa propriété vasodilatatrice qui va à la fois améliorer le métabolisme énergétique du muscle hypoxique, endommagé et l'élimination des métabolites algogènes. (58)

c) Dosage et moment de prise :

Il est recommandé d'en consommer 1 à 2g environ 45 minutes avant une séance.

5. Les BCAA (Branched-chain amino acid) ou acides aminés branchés:

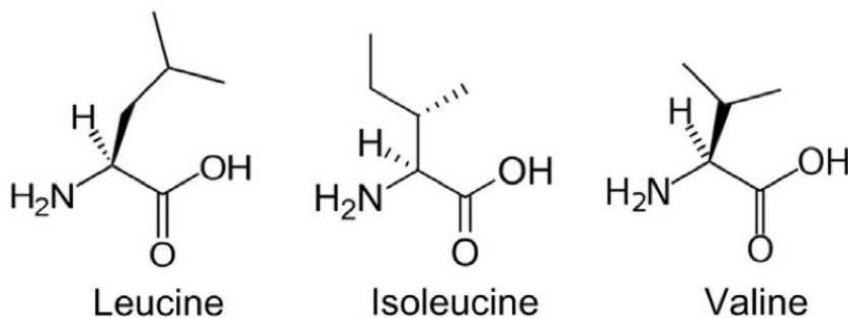


Figure 23 : Structures moléculaires de la Leucine, Isoleucine et Valine

a) Définition et sources

On a précédemment fait la distinction entre les AA non essentiels et les AAE, au nombre de 9 qui sont essentiels à l'organisme. C'est dans ces derniers que l'on retrouve les BCAA qui sont des AA à chaîne ramifiée : **la leucine, l'isoleucine et la valine**. Ils représentent 35% des AA essentiels dans les protéines musculaires. C'est la leucine qui a fait l'objet des recherches les plus approfondies car son taux d'oxydation est plus élevé que celui de l'isoleucine ou de la valine. En effet la leucine a une action pro anabolisante et anti catabolique.

Ils ne peuvent être apportés que par l'alimentation et on en trouve donc dans les œufs, les viandes (poulet, bœuf, veau, agneau...), le laitage, les poissons, certains végétaux comme la spiruline. On en retrouve donc forcément dans les compléments alimentaires vus précédemment comme la whey et la caséine, mais les BCAA sont également des compléments alimentaires à part entière.

b) Rôle dans la musculation :

Ils présentent un certain intérêt en nutrition sportive, car ce sont les premiers AA dégradés lors d'un effort musculaire. En effet, même chez des sportifs ayant une alimentation riche en protéines, une étude a pu mettre en évidence une diminution d'environ 20% des BCAA après 5 semaines de musculation. (59)

Ils jouent un rôle dans la production d'énergie et le soutien de la masse musculaire. De plus ils sont plus facilement convertis en glucose pendant l'exercice que d'autres types d'AA, permettant au corps de disposer d'une source d'énergie immédiatement utilisable.

Ils permettent :

- Un apport d'énergie
- Une amélioration de la force musculaire
- Une amélioration de la croissance musculaire (anabolisme) : ceci surtout via la leucine
- D'améliorer et d'accélérer la récupération musculaire
- De prévenir la fatigue

Les BCAA augmentent la synthèse des protéines, ils **protègent les fibres musculaires du stress** lié aux entraînements intenses et de très longue durée et freinent efficacement le catabolisme. Ils ralentissent le processus de dégradation des protéines musculaires lors d'activités physiques intenses. (60) En stimulant la synthèse protéique, les BCAA incitent les cellules pancréatiques à libérer de l'insuline. Ce processus **améliore la récupération et favorise la prise de masse**, très utile pour les pratiquants de musculation.

Les acides aminés ramifiés ont des effets positifs sur le cerveau en réduisant la sécrétion de sérotonine, hormone responsable de la fatigue cérébrale.

Les acides aminés ramifiés jouent un rôle fort dans la **fourniture d'énergie**. En effet, les acides aminés ne servent pas qu'à la construction musculaire, certains d'entre eux servent aussi de combustible au corps, pour lui donner de l'énergie pendant les activités physiques. Cela s'explique par la capacité des cellules musculaires à synthétiser, à partir des acides aminés ramifiés, de l'alanine (qui est, comme nous l'avons vu un acide aminé non essentiel). Or, l'alanine peut aider à la création d'acide pyruvique qui intervient dans le métabolisme du glucose et de l'ATP (carburant du muscle). Ainsi, la production d'énergie s'en trouve favorisée.

Comme cette synthèse se fait directement dans les cellules musculaires, l'énergie est disponible très rapidement. (61)

Lorsque l'on pratique une activité physique, les muscles vont chercher de l'énergie dans les réserves de glycogène pour permettre la contraction musculaire. Une fois que ces réserves sont épuisées, les muscles vont aller chercher de l'énergie dans les protéines, qui contiennent la majeure partie des AA. Ainsi, plus la séance de sport sera longue et intense, plus notre organisme va puiser dans ses réserves, ce qui peut nuire à la construction musculaire. C'est pourquoi en se supplémentant en BCAA, on évite ce phénomène et on optimise notre séance en apportant une source d'énergie supplémentaire. **Les BCAA augmentent la résistance lors d'efforts de longue durée**, ils permettent d'aller plus loin en conservant l'énergie physique et mentale tout en préservant les fibres musculaires. (34) En effet, un apport en BCAA permettrait de diminuer de près de 30% le catabolisme musculaire. (62)

c) Moments de prise :

On peut alors distinguer deux moments de prise pour les BCAA :

- Pris juste avant l'effort, les BCAA vont permettre de préserver le tissu musculaire et vont apporter de l'énergie
- Pris après l'effort, les BCAA vont permettre de maximiser la synthèse protéique favorable à la croissance et à la récupération musculaire.

d) Dosage :

Pour un pratiquant de musculation, la prise de 8 à 15 grammes de BCAA est utile pendant et après l'entraînement afin de développer de la masse musculaire.

On rappellera évidemment que pour une personne prenant de la whey après l'entraînement, celle-ci contenant déjà des acides aminés essentiels (dont les BCAA), il sera alors inutile de prendre des BCAA en plus de la whey. Cependant une prise de 10g de BCAA supplémentaire pendant l'entraînement est tout à fait possible.

Les BCAA 2 :1 :1 (Leucine :Isoleucine :Valine) sont les plus utilisés et les plus recommandés. Il existe aussi des BCAA 9 :1 :1 mais le fait d'apporter 9 fois plus de leucine que de valine et isoleucine n'est pas pertinent.

6. Le collagène :

Les molécules de collagène sont des protéines de structure qui confèrent l'élasticité et la tonicité aux tissus conjonctifs comme les tendons, les articulations, les vaisseaux ou encore la peau. Cette protéine est retrouvée partout et en grande quantité dans l'organisme, elle va conférer aux tissus une résistance mécanique à l'étirement, tout en maintenant la souplesse et l'élasticité des tissus de l'organisme.

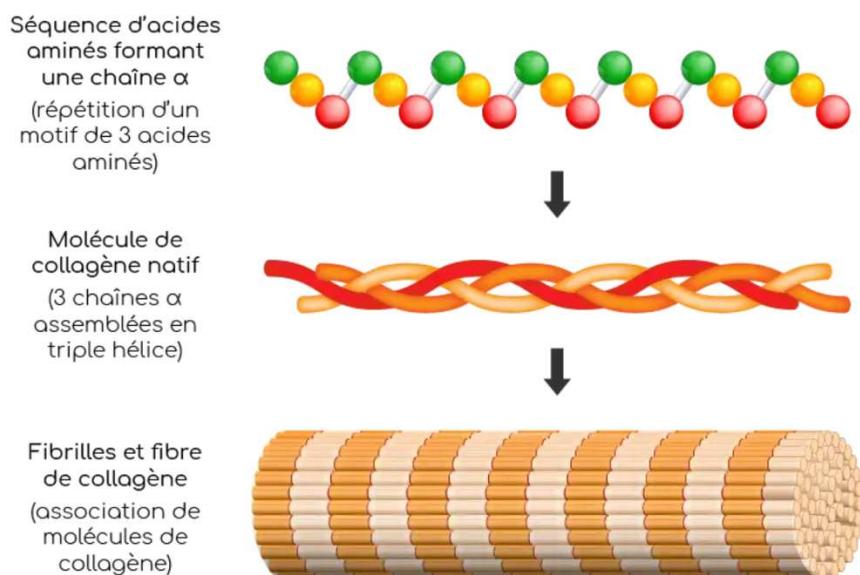


Figure 24 : Organisation structurale du collagène

Les propriétés du collagène viennent de leur spécificité structurale. La chaîne d'acides aminés est constituée d'une répétition d'un même motif : une glycine accompagnée de deux autres AA variables (souvent une proline et une hydroxyproline). Cette répétition de ce motif de trois acides aminés forme une chaîne alpha. Puis plusieurs chaînes alpha s'associent entre elles pour former une structure en triple hélice. Enfin, ces molécules de collagène natif s'associent encore pour former les véritables fibres de collagène à l'origine de ses propriétés si particulières.

Le collagène est la protéine essentielle pour prendre soin de tous les tissus de l'organisme, et elle trouve également un intérêt en musculation.

a) Source de collagène :

On trouve du collagène dans l'alimentation comme dans le bouillon d'os, l'os à moelle, le jaune d'œuf, mais le collagène est également synthétisé par notre corps. Cependant, dès l'âge de 20 ans, sa production décroît. En effet, dès l'âge adulte, nous perdons 1% de notre capital collagène tous les 7 ans. (63)

b) Intérêt en musculation

La pratique d'une activité physique régulière, notamment de la musculation, va solliciter fortement nos articulations. Ceci peut donc altérer le cartilage ainsi que les tendons. Et de nombreuses études ont montré les bienfaits du collagène sur l'arthrose et la réparation des cartilages altérés. (64) Il va permettre de prévenir la perte osseuse et de renforcer la densité des os. Ceci peut être particulièrement intéressant chez les personnes âgées mais aussi les femmes ménopausées. (65) (66)

C'est pourquoi à partir d'un certain âge, le collagène s'avère être une vraie protéine complémentaire pour la pratique de la musculation. Il va non seulement permettre d'améliorer la fonctionnalité des articulations, réduire le risque de tendinites mais aussi permettre de réduire les douleurs articulaires. (67)

c) Le dosage

La dose idéale en collagène se situe entre 2,5 et 20g par jour. Étant donné que sa production naturelle par le corps diminue avec l'âge et qu'il est difficile d'en consommer assez via l'alimentation, une supplémentation s'avère donc être très intéressante. Cependant au comptoir il faudra prévenir les patients d'attendre au moins 6 à 8 semaines de supplémentation quotidienne, car c'est le délai moyen avant d'en ressentir les bienfaits. (68) Pour des problèmes de tendinites et d'arthrose, il faudra même attendre de 3 à 12 mois selon la gravité pour vraiment commencer à en ressentir les effets.

B. A base de lipides :

1. Les oméga 3 :



Nous avons vu précédemment les oméga-3 dans la partie sur les lipides. On peut rappeler que la population a tendance à consommer beaucoup plus d'oméga-6, perturbant le rapport oméga 6 / oméga 3. On comprend donc tout l'intérêt d'une supplémentation afin de tendre vers ce rapport de 5/1.

a) Sources :

Les aliments les plus riches en acides gras oméga 3 sont issus de :

- Végétaux terrestres : dans les noix, l'huile de colza, de soja, de lin...
- Animaux marins : les poissons gras comme le saumon, le thon, le maquereau, le hareng, la sardine, l'anchois...

Au niveau domestique, certaines huiles riches en oméga 3 ne supportent pas la friture et doivent plutôt être utilisées en assaisonnement.

b) Intérêt en musculation et dosage :

Les oméga 3 possèdent des propriétés anti inflammatoires intéressantes dans le cadre de la musculation. En effet ils vont **réduire l'inflammation liée à l'entraînement** et participent à la **reconstruction et à la récupération musculaire** en favorisant la synthèse des protéines.

La consommation d'oméga 3 permet également d'augmenter de manière significative la synthèse protéique et de lutter contre la sarcopénie. (69) (70)

Un autre rôle important des oméga 3 est d'améliorer la sensibilité à l'insuline ce qui va donc permettre à notre corps de mieux utiliser l'énergie, de moins la stocker sous forme de graisses et on trouve ici un intérêt lors des périodes de sèche en musculation. (71)

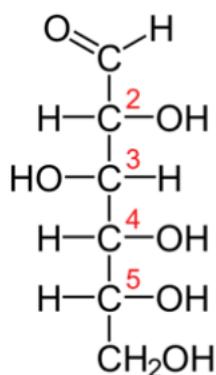
Enfin ils permettent de diminuer les douleurs musculaires à la suite d'une séance de musculation. En effet de nombreuses études ont été faites et on conseille de consommer une dose d'environ 2400 mg d'EPA et 1800 mg de DHA afin de réduire la sensation de courbature mais également pour améliorer la production d'énergie pendant la période de récupération. (72)

Les oméga 3 sont donc particulièrement intéressants pour la pratique de la musculation puisqu'ils ont un mode d'action sur trois niveaux importants :

- **La prise de muscles**
- **La gestion des graisses**
- **Mais aussi pour la récupération.**

C. A base de glucides

1. **Les sucres simples : dextrose = D-glucose**



D-Glucose

Figure 25 : Énantiomère D du Glucose

Les glucoses sont des sucres de formule brute C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>. Ce glucide ne peut être hydrolysé en glucide plus simple, il s'agit donc d'un ose ou monosaccharide (*voir figure 11*). Ceci lui confère ses propriétés à l'origine de son intérêt en musculation. L'isomère D est très répandu dans le milieu naturel alors que le L y est très rare.

a) Intérêt en musculation :

Comme il s'agit de la forme la plus simple de glucide qui existe, cela en fait un complément glucidique très vite absorbé par l'organisme. Le dextrose possède l'un des index glycémiques les plus élevés : il est de 100. Cela veut dire qu'il est entièrement assimilé et qu'il augmente beaucoup le taux de sucre sanguin. En effet, il n'a pas besoin d'être transformé par la digestion avant de pouvoir traverser la paroi des intestins. Il est immédiatement disponible, ce qui en fait toute son utilité pendant l'entraînement, ou immédiatement après celui-ci. En dehors de l'entraînement, une supplémentation est cependant inutile.

En effet, pendant une séance, le corps a besoin de beaucoup d'énergie qu'il va puiser en priorité dans le sang. Le fait de prendre quelques gorgées d'une boisson contenant du dextrose permettra un apport de sucre rapidement utilisable par les fibres musculaires, et d'éviter un épuisement trop rapide des réserves de glycogène musculaire.

b) Dosage

Au cours de l'entraînement, une dose d'environ 20 à 50 grammes à diluer dans un litre d'eau est conseillée, ceci en fonction du poids du sportif et de l'intensité de l'effort fourni.

c) Inconvénients

Un des inconvénients du dextrose est son pouvoir sucrant très important qui est un facteur limitant son utilisation en raison d'un fort goût sucré pouvant vite devenir écoeurant.

De plus, le dextrose a un pouvoir osmotique très important. Les boissons chargées en dextrose auront donc une osmolarité très importante, ce qui donnera une boisson hyperosmotique qui n'est pas adaptée à la prise pendant l'effort. Cela peut entraîner une mauvaise digestion, de la déshydratation, des douleurs abdominales, des crampes.... (73)

2. La maltodextrine :

a) Origine :

La maltodextrine provient de l'hydrolyse d'un amidon. Il peut s'agir d'amidon de blé, de maïs ou de pois, mais aussi d'une féculle comme la pomme de terre. La maltodextrine est constituée de différents sucres : D-Glucose, maltose, maltotriose, oligosides, polysaccharides. Sa composition et les proportions de ces différents sucres vont dépendre de :

- La source végétale
- La façon dont l'hydrolyse est réalisée : plus l'hydrolyse sera poussée, plus il y aura une proportion de sucres simples élevée

Au comptoir, on peut conseiller la maltodextrine bio qui possède un mode de production plus strict et uniquement basé sur des enzymes naturelles.



Figure 26 : Échelle Dextrose Équivalent (DE)

La proportion en sucre se mesure en Dextrose Équivalent (DE). Un DE de 0 représente l'amidon et un DE de 100 représente le dextrose pur comme vu précédemment. La limite du DE de la maltodextrine est de 20. Au-delà, le produit obtenu a pour appellation légale « sirop de glucose déshydraté »

Après l'hydrolyse, la maltodextrine est purifiée et séchée par pulvérisation afin de former une poudre.

Son index glycémique est élevé, il se situe entre 85 et 105 selon la méthode de fabrication et le DE.

b) *Intérêt en musculation :*

La maltodextrine est très intéressante comme source d'énergie pendant l'entraînement. En effet, elle va permettre **d'améliorer les performances physiques des sportifs** lors des entraînements difficiles. (74)

Son ingestion et son assimilation est quasiment immédiate, ce qui explique son efficacité en musculation comme vu avec le dextrose précédemment.

Cependant, à concentration égale, la maltodextrine possède une osmolarité plus faible que le D-Glucose. Les boissons à base de maltodextrine sont des solutions hypotoniques et ce sont ces solutions qui sont recommandées lors d'efforts afin de faciliter la réhydratation, contrairement aux solutions hypertoniques qui vont déshydrater les cellules. (73)

La maltodextrine trouve donc sa place en tant que complément énergétique efficace dans l'exercice physique (75). En effet, le corps humain va privilégier l'apport en glucides apportés par l'alimentation comme source d'énergie plutôt que de puiser dans ses réserves.

De plus, la consommation de glucides à IG élevés pendant les séances d'entraînement permet de diminuer le pic de cortisol, qualifié « d'hormone du stress ». Le fait de diminuer sa sécrétion permet de ralentir le catabolisme musculaire.

Cela permet également de déclencher un pic d'insuline, hormone anabolisante régulatrice du taux de glucide, qui facilite l'entrée du glucose et des AA dans les cellules musculaires.

Il existe d'autres avantages à utiliser la maltodextrine comparé à l'utilisation du dextrose seul. En effet, l'utilisation de boissons sportives formulées avec des composés de fructose, glucose, oligosides améliore le confort intestinal, la performance d'endurance par rapport aux formulations avec un seul saccharide. (76)

La maltodextrine trouve également sa place dans la récupération après l'effort.

Au vu de ses nombreux avantages, on préférera conseiller la maltodextrine au comptoir plutôt que le dextrose.

### 3. Le vitargo



#### a) Origine

Comme beaucoup de compléments alimentaires, ce dernier se présente sous forme de poudre. C'est un hydrate de carbone qui peut être fabriqué à partir de la plupart des amidons végétaux mais c'est à partir d'une souche particulière de maïs : le maïs cireux qu'il a d'abord été produit. Il peut également provenir de l'amidon d'orge.

#### b) Avantages :

Son avantage comparé aux deux compléments alimentaires glucidiques précédents est son **assimilation très rapide**. En effet le vitargo possède un haut poids moléculaire (500 000 à 700 000 g/mol) qui le rend très différent des autres glucides. Cela lui permet de passer très rapidement du système digestif au sang et donc d'être rapidement disponible pour les muscles. (77)

Son second avantage est sa faible osmolarité ce qui va lui permettre :

- Une faible capacité à attirer et retenir l'eau
- Une vidange gastrique plus élevée

De ce fait le Vitargo passe donc moins de temps dans l'estomac et cela va permettre d'éviter les effets de ballonnements que l'on peut ressentir en consommant des boissons énergétiques riches en sucre.

Au cours d'un entraînement, on sait que les stocks de glycogènes s'épuisent au fur et à mesure de la séance. Le Vitargo permet donc par son haut poids moléculaire **d'apporter des glucides qui seront immédiatement disponibles pour l'organisme**. En effet le corps va d'abord utiliser les sucres disponibles dans le sang et cela permettra d'éviter de trop puiser dans les stocks de glycogène musculaire.

Des études ont permis de mettre en évidence **un gain de vitesse de mouvement et de puissance** lors d'exercices de résistance explosifs répétés comme la musculation. (78) Il permet également **d'améliorer les performances sportives et l'endurance**.

Sa prise après l'entraînement va permettre d'alimenter les muscles en glucides. Cela va entraîner une sécrétion d'insuline qui va alors permettre la glycogénèse c'est-à-dire le stockage du glucose sous forme de glycogène dans les muscles. Cette synthèse du glycogène se fait beaucoup plus rapidement avec le Vitargo en comparaison avec d'autres compléments alimentaires contenant des monomères ou des oligomères de glucose de masse moléculaire moyenne, et ce jusqu'à 70% plus rapidement et fortement. (79) De ce fait **la récupération sera plus rapide**. (80)

D. Les autres compléments :

1. Les gainer

Les gainer sont composés à la fois de protéines et de glucides. L'ajout de glucides le distingue de la whey et va permettre d'augmenter le nombre de calories afin de prendre du poids, de la masse musculaire. On peut dire qu'il s'agit du véritable complément à prendre si l'on souhaite attaquer une prise de masse.

On peut distinguer trois types de gainer en fonction de leur composition. Pour bien réussir son gain de masse musculaire, il faudra choisir le gainer le plus adapté à sa morphologie comme vu précédemment.

a) *Le lean gainer*

Il est composé de 55% de protéines pour 30% de glucides.

Ce type de complément va permettre de favoriser le développement musculaire tout en gardant une belle définition car son apport calorique est peu élevé grâce à la haute teneur en protéines.

Ce dernier concerne donc un sportif souhaitant avoir une prise de masse contrôlée avec une faible prise de gras.

b) *Le gainer « classique »*

Il est composé d'environ 25 à 30% de protéines pour 65% de glucides.

c) *Le hard Gainer*

Ce dernier est majoritairement composé de glucides (70 à 85%) et légèrement de protéines, dans un dosage inférieur à 20%. Ils sont donc bien plus caloriques et sont donc destinés aux sportifs qui ont du mal à prendre du poids, avec un physique très sec.

d) *Intérêt en musculation*

Pris avant l'entraînement, ils vont permettre de réduire la fatigue puisque la diminution des réserves en glycogène sera moins importante. Il va donc permettre de disposer de plus d'énergie en vue d'un entraînement intense.

Un gainer va donc engendrer un gain de poids et de masse rapide, ce qui va entraîner indirectement un gain de force. Cependant il faudra se méfier quant à son utilisation, surtout pour les gainer les plus riches en glucides comme le hard gainer. Si le sportif ne fait pas attention à ses apports en glucides journaliers, cela peut contribuer à une prise de masse grasse. (81)

2. Les pré-workout (anglicisme signifiant pré entraînement) :

a) *Origine :*

Avant même que le terme de pré-workout existe, les bodybuilders des années 1960 à 1980 (comme Arnold Schwarzenegger, Frank Zane) avaient déjà l'habitude de prendre quelque chose afin de leur donner de l'énergie pour leur séance, il s'agissait du café.

Le premier pré workout est apparu en 1982 : il s'agissait de l'Ultimate Orange, jusqu'au début des années 2000. Il sera ensuite incriminé pour causer des crises cardiaques chez des personnes pourtant en bonne santé.

*b) Intérêt en musculation*

Le pré-workout est un complément alimentaire pouvant exister sous différentes formes (comprimés, gélules, boissons, poudre) qui a pour objectif de donner force et énergie à son utilisateur dans le but d'améliorer les performances sportives.

Le but en musculation est de trouver un produit idéal afin d'avoir l'énergie nécessaire pour booster ses performances et repousser ses limites.

Son objectif est donc d'augmenter le niveau d'énergie, de concentration et de retarder la fatigue physique et mentale afin de gagner en intensité et de prolonger ses séances d'entraînement.

*c) Composition :*

Il est compliqué de donner une composition type car les pré-workout, à l'inverse de la plupart des compléments alimentaires en musculation peuvent contenir de nombreux ingrédients différents (jusqu'à 18 différents chez certains) On peut cependant essayer de répertorier ceux qui sont présents le plus souvent

- Béta alanine : acide aminé permettant de combattre la fatigue musculaire. En effet il permet de retarder la formation d'acide lactique accumulé dans les muscles lors d'exercices intensifs.
- Caféine et tyrosine : les deux permettent d'augmenter son énergie ainsi que sa concentration. On ressent donc moins la fatigue et on peut se concentrer sur chacune des répétitions lors des séries.
- Citrulline : il s'agit d'un autre acide aminé qui est le précurseur d'oxyde nitrique. Ce dernier permet de favoriser la dilatation des vaisseaux sanguins : ainsi le sang circulera mieux et plus de composants essentiels arriveront aux muscles. Les muscles vont donc assimiler plus rapidement et facilement l'oxygène ainsi que tous les nutriments nécessaires pour être performant. Cela va permettre une meilleure congestion musculaire.
- Parfois de la L-Carnitine : dont nous avons détaillé les propriétés précédemment
- BCAA : dont la fonction a également été abordée
- Créatine : qui peut également être ajoutée dans certains pré-workout

*d) Moments de prise :*

Ils doivent être pris 30 min à 1h avant l'entraînement, le temps que tous les ingrédients passent dans la circulation sanguine. Ils sont bien sûr à éviter le soir puisqu'il y a des composants stimulants pouvant empêcher de dormir.

Il est impératif de suivre les recommandations de chacun des fabricants et de ne pas augmenter les doses (ex : l'EFSA ne recommande pas plus de 400mg de café par jour)

Il est également conseillé de faire un petit repas 30 à 60 minutes avant de prendre le pré workout car à jeun, on peut se sentir nauséux, anxieux.

Il faut les utiliser raisonnablement, en effet on peut devenir tolérant aux pré workout et de ce fait devoir augmenter les doses pour avoir les mêmes effets ce qui n'est pas conseillé. Il est donc plus intéressant de les utiliser occasionnellement, une à deux fois par semaine.

Par exemple pour les séances ou l'on travaille un point faible, ou celles entraînant de grosses dépenses comme les séances jambes.

Au comptoir, il faudra prévenir de la survenue de certains effets indésirables comme des sensations de picotements, de chaleur essentiellement dus à la bêta alanine.

Ce complément sera déconseillé chez des patients souffrant d'insomnies, notamment si leur entraînement a lieu le soir en raison des composants stimulants pouvant empêcher de dormir.

### 3. Les micronutriments : vitamines et minéraux :

On pense souvent beaucoup aux macronutriments, mais les vitamines et minéraux sont des micronutriments essentiels pour d'importantes réactions dans le corps humain. Ces vitamines ne sont pas à négliger d'autant plus que les besoins en micronutriments seront augmentés chez le sportif et notamment en musculation. Ceci peut s'expliquer pour plusieurs raisons. Plus les sportifs vont brûler de calories, plus ils vont éliminer de l'eau, des minéraux et des vitamines en transpirant ou dans l'urine.

Via la musculation, les athlètes vont solliciter leur corps de manière intense et vont donc avoir des besoins accrus en micronutriments.

#### a) ZMA : Zinc, Magnésium et vitamine B6

Le ZMA est un complexe de trois minéraux et vitamines qui sont :

- **Le zinc**
- **Le magnésium**
- **La vitamine B6**

Le ZMA est un complément alimentaire qui permet de booster le taux de testostérone naturelle, l'hormone indispensable à la croissance musculaire.

Il a été démontré qu'une carence en zinc pouvait affecter la fonction musculaire. En effet, le zinc étant nécessaire à l'activité de plusieurs enzymes du métabolisme énergétique, de faibles niveaux de zinc dans les muscles entraînent une réduction de la capacité d'endurance. (82)

Au comptoir, le pharmacien d'officine pourra essayer de cibler spécifiquement les végétariens et végétaliens afin de leur conseiller ce complément puisque ces personnes courent un plus grand risque de carence en zinc. En effet les principales sources de ce minéral sont d'origine animales.

Il sera également intéressant à conseiller à un adepte de la musculation d'un âge un peu plus avancé puisque de nombreuses études confirment une diminution des niveaux de zinc avec l'âge. (83) Le zinc permettra d'améliorer leur immunité mais aussi de réduire efficacement les réponses inflammatoires chroniques.

Un manque de magnésium entraîne une baisse de sécrétion de la mélatonine et une élévation du cortisol.

De plus de nombreuses études ont permis de montrer qu'une supplémentation en magnésium augmente les valeurs de testostérone libre et totale. Et ceux aussi bien chez une personne sédentaire que chez un sportif. L'augmentation sera quand même plus importante chez un sportif que chez une personne sédentaire. (84)

Le magnésium permet aussi d'agir sur l'agitation, l'irritabilité, le manque de concentration. Il va permettre également d'avoir un meilleur sommeil, primordial pour la synthèse musculaire. (85)

La vitamine B6 va quant à elle contribuer à la bonne assimilation des protéines.

b) La vitamine B12 = cobalamine :

La vitamine B12 est essentielle pour les sportifs en musculation, car elle joue un rôle clé dans :

- **La production d'énergie et l'endurance :** elle est indispensable au bon fonctionnement de l'organisme, favorise un métabolisme énergétique normal et elle joue un rôle dans la production des globules rouges chargés de transporter l'oxygène vers les muscles
- **La récupération musculaire et la synthèse protéique :** la cobalamine participe à la synthèse de l'ADN, nécessaire à la réparation des microlésions causées par l'entraînement et elle participe à la synthèse des nouvelles fibres musculaires. (86)

Les sources de vitamine B12 sont essentiellement animales : viande, poisson, œufs et produits laitiers.

Le pharmacien d'officine aura encore un rôle à jouer ici puisque 90% des végétaliens sont carencés en vitamine B12 et une supplémentation sera donc indispensable chez ces sportifs. Les végétariens pourront quant à eux se tourner vers les œufs et produits laitiers. (87)

Tableau 7 : Aliments riches en Vitamine B12

| Sources de vitamine B12 | Teneur pour 100g |
|-------------------------|------------------|
| Palourdes               | 98ug             |
| Foie de bœuf            | 83ug             |
| Fromage suisse          | 3,3ug            |
| Saumon                  | 3,2ug            |
| Oeuf                    | 1,3 ug           |

L'apport recommandé est de 2,4 ug par jour pour un adulte en bonne santé. Chez un pratiquant de musculation, un apport de 4ug par jour est conseillé.

c) La vitamine C = acide ascorbique :

On retrouve la vitamine C dans de nombreux aliments comme dans les fruits et légumes, d'où l'importance d'en consommer au moins 5 par jour.

La vitamine C fait partie des agents antioxydants, c'est-à-dire qu'elle intervient dans des réactions chimiques permettant de protéger les cellules contre les radicaux libres responsables du vieillissement précoce des cellules. En musculation, le corps va produire de nombreux radicaux libres qui peuvent dégrader les tissus et l'organisme. C'est pourquoi les sportifs ont des besoins accrus en vitamine C pour protéger leur organisme. (88) (89)

Du fait des efforts répétés en musculation, avec l'importance des charges soulevées avec répétition, on peut ressentir une forte fatigue après les séances. La vitamine C va contribuer à réduire cette fatigue. (90)

Elle contribue également au métabolisme énergétique normal en synthétisant un autre AA indispensable vu précédemment : la L-carnitine.

Elle permet également de garantir le bon fonctionnement du système cardiovasculaire, du système nerveux mais aussi du système immunitaire. (91)

Elle intervient également dans la synthèse du collagène dont nous avons vu les multiples bienfaits en musculation. Elle permet donc de réduire le risque de blessure et de dégradation des articulations. (92)

d) La vitamine D = calciférol :

Il s'agit d'une vitamine liposoluble, c'est-à-dire qu'elle se dissout dans les graisses. On peut en distinguer deux :

- La vitamine D2 = ergocalciférol, produite par les végétaux
- La vitamine D3= cholécalciférol, présente dans l'organisme humain et animal

Elle présente plusieurs intérêts en musculation :

- **Maintenir la fixation du calcium sur les os**, permettant la solidité des os. Il a été démontré qu'une supplémentation en vitamine D3 entraînait une réduction du taux de fractures de stress. (93)
- Elle joue un rôle dans le **soutien de la fonction immunitaire**. (94)
- Elle permet une fonction musculaire normale et joue un rôle sur **la performance sportive**. (95) Elle permet également **un gain de force et de puissance** en améliorant la croissance et le développement cellulaire notamment des fibres musculaires rapides (96) Elle améliore la sensibilité du signal du cerveau vers le muscle. Cela entraîne une contraction musculaire plus rapide et plus efficace, et donc un mouvement plus explosif.
- Elle améliore la qualité du sommeil, réduit la latence du sommeil et en augmente également sa durée. (97)
- De plus, elle permettrait **d'augmenter les taux de testostérone**, hormone essentielle dans le développement de la masse musculaire. (98)

E. La phytothérapie :

On retrouve également certaines plantes qui vont pouvoir trouver leur intérêt en musculation :

1. Avant l'entraînement :

a) La caféine

La caféine est un alcaloïde qu'on retrouve dans le café mais aussi dans le thé, le cacao, les feuilles de maté, les noix de kola, certaines boissons gazeuses comme le coca cola ou la Redbull.

La caféine est utilisée en musculation pour améliorer les performances.

Des études ont pu prouver que la caféine améliorait les performances d'endurance. (99)

Elle entraîne une stimulation du système nerveux avec libération d'adrénaline, une diminution de la perception de l'effort et une amélioration de la vigilance.

La plupart des études ont montré que la dose de caféine nécessaire était de l'ordre de 3 à 4mg/kg de poids corporel, et qu'au-delà les effets n'étaient pas renforcés.

Au-delà d'une certaine quantité, la caféine peut avoir des effets secondaires comme :

- Une irritabilité
- De l'insomnie
- Des maux de tête
- De la nervosité

Ainsi, l'apport quotidien maximal recommandé de caféine chez l'adulte est de 400mg. Il est de 300mg chez les personnes ayant un désir de grossesses, chez les femmes enceintes et allaitantes. Chez les enfants et adolescents, on recommande 2,5mg par kg de poids corporel.

Tableau 8 : Teneur en caféine retrouvée dans quelques produits du quotidien :

| Produit                              | Quantité moyenne de caféine |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Une tasse de café instantané         | 76 à 106mg                  |
| Thé noir ou vert infusé              | 30 à 50mg                   |
| Une canette de coca                  | 36 à 46mg                   |
| Une canette de Redbull               | 80mg                        |
| Mousse au chocolat                   | 15mg                        |
| Une tablette de chocolat noir (100g) | 80mg                        |

b) Le ginseng :

Le Ginseng est une plante vivace de petite taille de la famille des araliacées. C'est une plante adaptogène, permettant à l'organisme de répondre aux agressions et aux déséquilibres dont il fait l'objet. On utilise les racines des plantes âgées de plus de 4 ans.

C'est un dynamisant qui va pouvoir entraîner plus de vitalité, augmenter les performances, la résistance du corps au stress et d'améliorer l'endurance physique. (100)(101)

c) Le Guarana :

La caféine contenue dans le guarana est assimilée moins rapidement que celle du café, et dispose d'une action prolongée. Cela permet de profiter des bienfaits de la caféine sans ses inconvénients. Il a donc une action stimulante, anti-fatigue mais aussi anti oxydant et anti inflammatoire. Il favorise également la perte de masse grasse. (102)

d) Le maca :

Il permet de réduire la fatigue physique et morale et de réduire les douleurs musculaires. (103) De plus il améliore les capacités de concentration, l'équilibre nerveux et ralentit les effets du manque de sommeil. (104)

e) Le tribulus :

C'est une plante de la famille des Zygophyllacées qui augmente la production de testostérone. Cela entraîne plus d'agressivité et de force, un gain de masse musculaire mais aussi accessoirement une augmentation de la libido et la pilosité. (105)

Il a également une action diurétique qui favorise la perte de poids.

## 2. Après l'entraînement :

### a) La spiruline

La spiruline est une petite algue verte contenant plus de 50 nutriments identifiés comme des protéines, fibres, vitamines, minéraux, AG oméga 3 et 6 ... (106)

Elle intervient donc dans de nombreuses fonctions comme l'amélioration du système immunitaire, l'équilibre du profil lipidique sanguin, de la glycémie, la réduction de la fatigue ou encore dans le développement musculaire avec sa richesse en protéines.

### b) L'ashwagandha :

C'est une plante adaptogène très appréciée des sportifs ou des personnes sujettes au stress. Elle permet entre autres de retrouver un équilibre émotionnel et de se relaxer avant de dormir. Des études ont mis en évidence que la supplémentation en ashwagandha réduisait significativement l'anxiété et le niveau de stress. (107)

Elle permet également d'augmenter l'absorption de l'oxygène et la force musculaire.

### c) Le gingembre :

Il possède des propriétés anti-inflammatoires et énergisantes. En musculation, des études ont montré qu'il permettait de réduire les douleurs musculaires post exercice permettant ainsi une meilleure récupération après des séances d'entraînement intensives.

### d) Le thé vert :

En musculation il est souvent utilisé pendant la sèche pour accélérer la perte de masse grasse. Des études récentes ont également montré qu'il réduirait les dommages faits aux fibres musculaires, ce qui pourrait être un plus en termes de récupération.

## F. Les compléments alimentaires en fonction de son morphotype

### 1. L'ectomorphe :

Comme vu précédemment, l'ectomorphe est souvent confronté à un réel problème de prise de masse. Ce dernier a déjà beaucoup de difficultés à prendre du poids en temps normal, alors en ajoutant quatre séances de musculation par semaine, cela va augmenter ses dépenses et il va devoir augmenter significativement ses apports. C'est pourquoi **un gainer**, beaucoup plus calorique que de la whey, lui permettra d'atteindre ses objectifs étant donné son abondance en glucides et protéines. Le type de gainer sera adapté au poids, à la morphologie et aux objectifs de chacun. Cela va permettre d'apporter un excédent calorique dans son alimentation et d'ingérer plus de calories qu'il n'en dépense. Celui-ci pourra être pris juste après l'entraînement pour favoriser la prise de masse musculaire.

Au fur et à mesure de sa prise de poids, il pourra opter pour des boissons avec une teneur plus importante en protéines comme la whey.

**La créatine** pourra s'avérer également intéressante, puisqu'il pourra tout à fait mélanger celle-ci à son gainer étant donné la prise de poids qu'elle entraîne via la rétention d'eau qu'elle exerce dans les muscles.

Enfin, afin de ne pas trop puiser dans ses muscles au cours de longues séances éprouvantes, un apport en **maltodextrine** ou **vitargo** peut être judicieux juste avant le début de la séance.

L'ectomorphe possédant des articulations fines et fragiles, il pourra tout à fait envisager une supplémentation en **collagène**, notamment en cas d'âge plus avancé ou si ce dernier se plaint de douleurs ligamentaires.

## 2. L'endomorphe

L'endomorphe à l'inverse, a un excès de masse graisseuse. Comme son métabolisme est plus lent, ce dernier va devoir restreindre et contrôler beaucoup plus ses apports. Il devra avoir un apport élevé en protéines, mais faire très attention à sa consommation en glucides. La **whey** est donc un complément alimentaire de choix, qu'il pourra positionner juste après ses entraînements. Celle-ci va lui permettre d'atteindre une véritable définition musculaire.

Il pourra également se supplémenter en **L-Carnitine** étant donné son rôle dans le catabolisme des graisses ainsi que les nombreuses études confirmant la perte de poids engendrée par cette molécule. (55)

Il pourra également se supplémenter en **oméga-3** étant donné leur rôle dans l'amélioration de la sensibilité à l'insuline, permettant au corps de mieux utiliser l'énergie et surtout de moins la stocker sous forme de graisses. D'où leur intérêt majeur durant les périodes de sèche en musculation.

## 3. Le mésomorphe

Le mésomorphe pourra utiliser divers compléments alimentaires selon ses objectifs. Il pourra utiliser la whey après ses entraînements afin de garantir une bonne croissance musculaire ainsi qu'une bonne récupération.

Il pourra également prendre une dose de caséine le soir au coucher, afin de prévenir le catabolisme nocturne et de conserver sa définition musculaire.

Il pourra également se supplémenter en BCAA au cours de ses séances afin de booster ses performances ou encore d'optimiser sa récupération post effort. Tout dépendra des objectifs fixés.

## V. Conclusion

La musculation est un sport de plus en plus répandu aujourd’hui, qu’il s’agisse de personnes cherchant à perdre du poids ou cherchant à prendre de la masse musculaire. Ceci est notamment lié à l’avènement des réseaux sociaux ou le culte du corps est de plus en plus mis en avant.

Le pharmacien d’officine aura un rôle prépondérant à jouer en tant que professionnel de santé facilement accessible. Il devra mettre en œuvre toutes ses compétences telles que sa rigueur, son professionnalisme, son sens de l’écoute et son analyse pour conseiller au mieux les patients. En effet, il devra pousser ces derniers à être assidus, rigoureux sur leur pratique sportive et à ne pas non plus négliger leurs apports en nutriments quel que soit l’objectif recherché.

Au comptoir, il est primordial de savoir à quel morphotype appartient l’individu en face de nous afin de le conseiller de manière optimale. Cela permettra de l’informer au mieux sur la manière de s’entraîner le plus efficacement possible tout en prévenant le risque de blessures. L’identification de son morphotype permettra également de mieux identifier ses besoins et les éventuelles corrections à appliquer concernant son alimentation.

La musculation est un sport ultra exigeant, très lent avant d’obtenir les résultats souhaités. Le pharmacien d’officine pourra alors être confronté à des personnes trop impatientes, désirant tout et tout de suite, ainsi qu’à des sportifs en période de stagnation. La maîtrise de l’arsenal de compléments alimentaires disponibles en officine sera donc indispensable et très utile, car elle permettra aux sportifs de passer un cap ou d’atteindre plus rapidement leurs objectifs fixés.

# BIBLIOGRAPHIE :

1. Rutgers Herman, Ludwig Stefan, Hollasch Karsten, Gausselmann Stefen. Marché Européen de la santé et de la remise en forme. 2020 avr.
2. Padua E, D'Amico AG, Alashram A, Campoli F, Romagnoli C, Lombardo M, et al. Effectiveness of Warm-Up Routine on the Ankle Injuries Prevention in Young Female Basketball Players: A Randomized Controlled Trial. *Med Kaunas Lith.* 16 oct 2019;55(10):690.
3. Shellock FG, Prentice WE. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Med Auckl NZ.* 1985;2(4):267-78.
4. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Med Auckl NZ.* nov 2015;45(11):1523-46.
5. Helms ER, Fitschen PJ, Aragon AA, Cronin J, Schoenfeld BJ. Recommendations for natural bodybuilding contest preparation: resistance and cardiovascular training. *J Sports Med Phys Fitness.* mars 2015;55(3):164-78.
6. Tahrn Ö, Yesilyaprak SS. Effects of Modified Posterior Shoulder Stretching Exercises on Shoulder Mobility, Pain, and Dysfunction in Patients With Subacromial Impingement Syndrome. *Sports Health.* 2020;12(2):139-48.
7. Luan L, El-Ansary D, Adams R, Wu S, Han J. Knee osteoarthritis pain and stretching exercises: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy.* mars 2022;114:16-29.
8. ANSES. ANSES: les références nutritionnelles en vitamines et minéraux. In 2021.
9. Potier de Courcy Geneviève, Frelut Marie-Laure, Fricker Jacques, Martin Ambroise. Besoins nutritionnels et apports conseillés pour la satisfaction de ces besoins. 2003;
10. Novotny JA, Gebauer SK, Baer DJ. Discrepancy between the Atwater factor predicted and empirically measured energy values of almonds in human diets. *Am J Clin Nutr.* août 2012;96(2):296-301.
11. Johnston CS, Day CS, Swan PD. Postprandial thermogenesis is increased 100% on a high-protein, low-fat diet versus a high-carbohydrate, low-fat diet in healthy, young women. *J Am Coll Nutr.* févr 2002;21(1):55-61.
12. Barr SB, Wright JC. Postprandial energy expenditure in whole-food and processed-food meals: implications for daily energy expenditure. *Food Nutr Res.* 2 juill 2010;54.
13. Judge A, Dodd MS. Metabolism. *Essays Biochem.* 8 oct 2020;64(4):607-47.
14. Goldberg GR, Prentice AM, Davies HL, Murgatroyd PR. Overnight and basal metabolic rates in men and women. *Eur J Clin Nutr.* févr 1988;42(2):137-44.
15. Danielle R.Bouchard. Nutrition clinique et Métabolisme, Métabolisme de repos par calorimétrie indirecte vs équations de prédiction chez étudiants et étudiantes actifs physiquement [Internet]. Vol. Volume 19, Issue 1. 2005. Pages 3 à 8. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0985056205000026>
16. Zurlo F, Larson K, Bogardus C, Ravussin E. Skeletal muscle metabolism is a major determinant of resting energy expenditure. *J Clin Invest.* nov 1990;86(5):1423-7.
17. Olivier Lafay. Méthode de nutrition - Gérer l'équilibre. Amphora; 2010.
18. Schoenfeld BJ, Aragon AA. How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *J Int Soc Sports Nutr.* 5 janv 2018;15(1):10.
19. Børshesheim E, Tipton KD, Wolfe RR. Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* oct 2002;283(4):E648-657.
20. Devries MC, Phillips SM. Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. *J Food Sci.* mars 2015;80 Suppl 1:A8-15.

21. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med.* mars 2018;52(6):376-84.
22. Cintineo HP, Arent MA, Antonio J, Arent SM. Effects of Protein Supplementation on Performance and Recovery in Resistance and Endurance Training. *Front Nutr.* 2018;5:83.
23. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 3 janv 2017;14(1):20.
24. Hoffman JR, Falvo MJ. Protein - Which is Best? *J Sports Sci Med.* sept 2004;3(3):118-30.
25. Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV, et al. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr.* août 2007;86(2):373-81.
26. Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil RT. Dietary fibre in foods: a review. *J Food Sci Technol.* juin 2012;49(3):255-66.
27. Jentjens R, Jeukendrup A. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Med Auckl NZ.* 2003;33(2):117-44.
28. Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, Stout JR, Campbell B, Wilborn CD, et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr.* 3 janv 2017;14(1):33.
29. Maughan RJ, Shirreffs SM. Dehydration and rehydration in competitive sport. *Scand J Med Sci Sports.* oct 2010;20 Suppl 3:40-7.
30. Häussinger D. The role of cellular hydration in the regulation of cell function. *Biochem J.* 1 févr 1996;313 ( Pt 3)(Pt 3):697-710.
31. Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Nooner JL, et al. Longer Interset Rest Periods Enhance Muscle Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. *J Strength Cond Res.* juill 2016;30(7):1805-12.
32. Hernandez DJ, Healy S, Giacomini ML, Kwon YS. Effect of Rest Interval Duration on the Volume Completed During a High-Intensity Bench Press Exercise. *J Strength Cond Res.* 1 nov 2021;35(11):2981-7.
33. Markwald RR, Melanson EL, Smith MR, Higgins J, Perreault L, Eckel RH, et al. Impact of insufficient sleep on total daily energy expenditure, food intake, and weight gain. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2 avr 2013;110(14):5695-700.
34. Calvin AD, Carter RE, Adachi T, Macedo PG, Albuquerque FN, van der Walt C, et al. Effects of experimental sleep restriction on caloric intake and activity energy expenditure. *Chest.* juill 2013;144(1):79-86.
35. Broussard JL, Kilkus JM, Delebecque F, Abraham V, Day A, Whitmore HR, et al. Elevated ghrelin predicts food intake during experimental sleep restriction. *Obes Silver Spring Md.* janv 2016;24(1):132-8.
36. Ramos OL, Pereira RN, Rodrigues RM, Teixeira JA, Vicente AA, Malcata FX. Whey and Whey Powders: Production and Uses. In: Encyclopedia of Food and Health [Internet]. Elsevier; 2016 [cité 17 juin 2024]. p. 498-505. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849472007479>
37. LaClair CE, Etzel MR. Ingredients and pH are key to clear beverages that contain whey protein. *J Food Sci.* 2010;75(1):C21-27.
38. LaClair CE, Etzel MR. Turbidity and protein aggregation in whey protein beverages. *J Food Sci.* sept 2009;74(7):C526-535.
39. ANSES. Les compléments alimentaires destinés aux sportifs. Avis de l'ANSES. Rapport

d'expertise collective. 2016 nov.

40. Huang WC, Chang YC, Chen YM, Hsu YJ, Huang CC, Kan NW, et al. Whey Protein Improves Marathon-Induced Injury and Exercise Performance in Elite Track Runners. *Int J Med Sci.* 2017;14(7):648-54.
41. Safdar A, Yardley NJ, Snow R, Melov S, Tarnopolsky MA. Global and targeted gene expression and protein content in skeletal muscle of young men following short-term creatine monohydrate supplementation. *Physiol Genomics.* 17 janv 2008;32(2):219-28.
42. Nissen SL, Sharp RL. Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *J Appl Physiol Bethesda Md 1985.* févr 2003;94(2):651-9.
43. Kreider RB. Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Mol Cell Biochem.* févr 2003;244(1-2):89-94.
44. Bemben MG, Lamont HS. Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sports Med Auckl NZ.* 2005;35(2):107-25.
45. Wax B, Kerkick CM, Jagim AR, Mayo JJ, Lyons BC, Kreider RB. Creatine for Exercise and Sports Performance, with Recovery Considerations for Healthy Populations. *Nutrients.* 2 juin 2021;13(6):1915.
46. Sestili P, Martinelli C, Colombo E, Barbieri E, Potenza L, Sartini S, et al. Creatine as an antioxidant. *Amino Acids.* mai 2011;40(5):1385-96.
47. Hall M, Trojan TH. Creatine supplementation. *Curr Sports Med Rep.* 2013;12(4):240-4.
48. Davani-Davari D, Karimzadeh I, Ezzatzadegan-Jahromi S, Sagheb MM. Potential Adverse Effects of Creatine Supplement on the Kidney in Athletes and Bodybuilders. *Iran J Kidney Dis.* oct 2018;12(5):253-60.
49. Mills S, Candow DG, Forbes SC, Neary JP, Ormsbee MJ, Antonio J. Effects of Creatine Supplementation during Resistance Training Sessions in Physically Active Young Adults. *Nutrients.* 24 juin 2020;12(6):1880.
50. Pal S, Radavelli-Bagatini S, Hagger M, Ellis V. Comparative effects of whey and casein proteins on satiety in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial. *Eur J Clin Nutr.* sept 2014;68(9):980-6.
51. Fabre M, Tiollier E, Molle O, Bigard X. Intérêt de l'ingestion de protéines lentes pour améliorer les réponses à un entraînement en musculation. *Nutr Clin Métabolisme.* nov 2018;32(4):245.
52. Trommelen J, van Loon LJC. Pre-Sleep Protein Ingestion to Improve the Skeletal Muscle Adaptive Response to Exercise Training. *Nutrients.* 28 nov 2016;8(12):763.
53. Antonio J, Ellerbroek A, Peacock C, Silver T. Casein Protein Supplementation in Trained Men and Women: Morning versus Evening. *Int J Exerc Sci.* 2017;10(3):479-86.
54. Traina G. The neurobiology of acetyl-L-carnitine. *Front Biosci Landmark Ed.* 1 juin 2016;21(7):1314-29.
55. Pooyandjoo M, Nouhi M, Shab-Bidar S, Djafarian K, Olyaeemanesh A. The effect of (L-)carnitine on weight loss in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes.* oct 2016;17(10):970-6.
56. Ruggenenti P, Cattaneo D, Loriga G, Ledda F, Motterlini N, Gherardi G, et al. Ameliorating hypertension and insulin resistance in subjects at increased cardiovascular risk: effects of acetyl-L-carnitine therapy. *Hypertens Dallas Tex 1979.* sept 2009;54(3):567-74.
57. Miguel-Carrasco JL, Mate A, Monserrat MT, Arias JL, Aramburu O, Vázquez CM. The role of inflammatory markers in the cardioprotective effect of L-carnitine in L-NAME-induced hypertension. *Am J Hypertens.* nov 2008;21(11):1231-7.
58. Giamberardino MA, Dragani L, Valente R, Di Lisa F, Saggini R, Vecchiet L. Effects of prolonged L-carnitine administration on delayed muscle pain and CK release after eccentric

- effort. *Int J Sports Med.* juill 1996;17(5):320-4.
59. Mero A, Pitkänen H, Oja SS, Komi PV, Pöntinen P, Takala T. Leucine supplementation and serum amino acids, testosterone, cortisol and growth hormone in male power athletes during training. *J Sports Med Phys Fitness.* juin 1997;37(2):137-45.
60. Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris RA. Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *J Nutr.* juin 2004;134(6 Suppl):1583S-1587S.
61. Mero A. Leucine supplementation and intensive training. *Sports Med Auckl NZ.* juin 1999;27(6):347-58.
62. Santos C de S, Nascimento FEL. Isolated branched-chain amino acid intake and muscle protein synthesis in humans: a biochemical review. *Einstein Sao Paulo Braz.* 5 sept 2019;17(3):eRB4898.
63. Varani J, Dame MK, Rittie L, Fligiel SEG, Kang S, Fisher GJ, et al. Decreased collagen production in chronologically aged skin: roles of age-dependent alteration in fibroblast function and defective mechanical stimulation. *Am J Pathol.* juin 2006;168(6):1861-8.
64. Honvo G, Lengelé L, Charles A, Reginster JY, Bruyère O. Role of Collagen Derivatives in Osteoarthritis and Cartilage Repair: A Systematic Scoping Review With Evidence Mapping. *Rheumatol Ther.* déc 2020;7(4):703-40.
65. König D, Oesser S, Scharla S, Zdzieblik D, Gollhofer A. Specific Collagen Peptides Improve Bone Mineral Density and Bone Markers in Postmenopausal Women-A Randomized Controlled Study. *Nutrients.* 16 janv 2018;10(1):97.
66. Moskowitz RW. Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease. *Semin Arthritis Rheum.* oct 2000;30(2):87-99.
67. Khatri M, Naughton RJ, Clifford T, Harper LD, Corr L. The effects of collagen peptide supplementation on body composition, collagen synthesis, and recovery from joint injury and exercise: a systematic review. *Amino Acids.* oct 2021;53(10):1493-506.
68. Oertzen-Hagemann V, Kirmse M, Eggers B, Pfeiffer K, Marcus K, de Marées M, et al. Effects of 12 Weeks of Hypertrophy Resistance Exercise Training Combined with Collagen Peptide Supplementation on the Skeletal Muscle Proteome in Recreationally Active Men. *Nutrients.* 14 mai 2019;11(5):1072.
69. Smith GI, Atherton P, Reeds DN, Mohammed BS, Rankin D, Rennie MJ, et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids augment the muscle protein anabolic response to hyperinsulinaemia-hyperaminoacidaemia in healthy young and middle-aged men and women. *Clin Sci Lond Engl* 1979. sept 2011;121(6):267-78.
70. Smith GI, Atherton P, Reeds DN, Mohammed BS, Rankin D, Rennie MJ, et al. Dietary omega-3 fatty acid supplementation increases the rate of muscle protein synthesis in older adults: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* févr 2011;93(2):402-12.
71. Lepretti M, Martucciello S, Burgos Aceves MA, Putti R, Lionetti L. Omega-3 Fatty Acids and Insulin Resistance: Focus on the Regulation of Mitochondria and Endoplasmic Reticulum Stress. *Nutrients.* 14 mars 2018;10(3):350.
72. VanDusseldorp TA, Escobar KA, Johnson KE, Stratton MT, Moriarty T, Kerksick CM, et al. Impact of Varying Dosages of Fish Oil on Recovery and Soreness Following Eccentric Exercise. *Nutrients.* 27 juill 2020;12(8):2246.
73. Rowlands DS, Kopetschny BH, Badenhorst CE. The Hydrating Effects of Hypertonic, Isotonic and Hypotonic Sports Drinks and Waters on Central Hydration During Continuous Exercise: A Systematic Meta-Analysis and Perspective. *Sports Med Auckl NZ.* févr 2022;52(2):349-75.
74. Hartley C, Carr A, Bowe SJ, Bredie WLP, Keast RSJ. Maltodextrin-Based Carbohydrate Oral Rinsing and Exercise Performance: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ.* août 2022;52(8):1833-62.

75. Wilburn DT, Machek SB, Cardaci TD, Hwang PS, Willoughby DS. Acute Maltodextrin Supplementation During Resistance Exercise. *J Sports Sci Med.* juin 2020;19(2):282-8.
76. Rowlands DS, Houltham S, Musa-Veloso K, Brown F, Paulionis L, Bailey D. Fructose-Glucose Composite Carbohydrates and Endurance Performance: Critical Review and Future Perspectives. *Sports Med Auckl NZ.* nov 2015;45(11):1561-76.
77. Leiper JB, Aulin KP, Söderlund K. Improved gastric emptying rate in humans of a unique glucose polymer with gel-forming properties. *Scand J Gastroenterol.* nov 2000;35(11):1143-9.
78. Oliver JM, Almada AL, Van Eck LE, Shah M, Mitchell JB, Jones MT, et al. Ingestion of High Molecular Weight Carbohydrate Enhances Subsequent Repeated Maximal Power: A Randomized Controlled Trial. *PLoS One.* 2016;11(9):e0163009.
79. Piehl Aulin K, Söderlund K, Hultman E. Muscle glycogen resynthesis rate in humans after supplementation of drinks containing carbohydrates with low and high molecular masses. *Eur J Appl Physiol.* mars 2000;81(4):346-51.
80. Stephens FB, Roig M, Armstrong G, Greenhaff PL. Post-exercise ingestion of a unique, high molecular weight glucose polymer solution improves performance during a subsequent bout of cycling exercise. *J Sports Sci.* 15 janv 2008;26(2):149-54.
81. Kreider RB, Klesges R, Harmon K, Grindstaff P, Ramsey L, Bullen D, et al. Effects of ingesting supplements designed to promote lean tissue accretion on body composition during resistance training. *Int J Sport Nutr.* sept 1996;6(3):234-46.
82. Cordova A, Alvarez-Mon M. Behaviour of zinc in physical exercise: a special reference to immunity and fatigue. *Neurosci Biobehav Rev.* 1995;19(3):439-45.
83. Haase H, Rink L. The immune system and the impact of zinc during aging. *Immun Ageing A.* 12 juin 2009;6:9.
84. Cinar V, Polat Y, Baltaci AK, Mogulkoc R. Effects of magnesium supplementation on testosterone levels of athletes and sedentary subjects at rest and after exhaustion. *Biol Trace Elem Res.* avr 2011;140(1):18-23.
85. Wienecke E, Nolden C. [Long-term HRV analysis shows stress reduction by magnesium intake]. *MMW Fortschr Med.* déc 2016;158(Suppl 6):12-6.
86. Zhang M, Han W, Hu S, Xu H. Methylcobalamin: a potential vitamin of pain killer. *Neural Plast.* 2013;2013:424651.
87. West S, Monteyne AJ, van der Heijden I, Stephens FB, Wall BT. Nutritional Considerations for the Vegan Athlete. *Adv Nutr Bethesda Md.* juill 2023;14(4):774-95.
88. Kaźmierczak-Barańska J, Boguszewska K, Adamus-Grabicka A, Karwowski BT. Two Faces of Vitamin C-Antioxidative and Pro-Oxidative Agent. *Nutrients.* 21 mai 2020;12(5):1501.
89. Padayatty SJ, Katz A, Wang Y, Eck P, Kwon O, Lee JH, et al. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *J Am Coll Nutr.* févr 2003;22(1):18-35.
90. Vollbracht C, Kraft K. Feasibility of Vitamin C in the Treatment of Post Viral Fatigue with Focus on Long COVID, Based on a Systematic Review of IV Vitamin C on Fatigue. *Nutrients.* 31 mars 2021;13(4):1154.
91. Carr AC, Maggini S. Vitamin C and Immune Function. *Nutrients.* 3 nov 2017;9(11):1211.
92. Shaw G, Lee-Barthel A, Ross ML, Wang B, Baar K. Vitamin C-enriched gelatin supplementation before intermittent activity augments collagen synthesis. *Am J Clin Nutr.* janv 2017;105(1):136-43.
93. Williams K, Askew C, Mazoue C, Guy J, Torres-McGehee TM, Jackson Iii JB. Vitamin D3 Supplementation and Stress Fractures in High-Risk Collegiate Athletes - A Pilot Study. *Orthop Res Rev.* 2020;12:9-17.

94. Jolliffe DA, Griffiths CJ, Martineau AR. Vitamin D in the prevention of acute respiratory infection: systematic review of clinical studies. *J Steroid Biochem Mol Biol.* juill 2013;136:321-9.
95. Close GL, Russell J, Cobley JN, Owens DJ, Wilson G, Gregson W, et al. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function. *J Sports Sci.* 2013;31(4):344-53.
96. Tomlinson PB, Joseph C, Angioi M. Effects of vitamin D supplementation on upper and lower body muscle strength levels in healthy individuals. A systematic review with meta-analysis. *J Sci Med Sport.* sept 2015;18(5):575-80.
97. Majid MS, Ahmad HS, Bizhan H, Hosein HZM, Mohammad A. The effect of vitamin D supplement on the score and quality of sleep in 20-50 year-old people with sleep disorders compared with control group. *Nutr Neurosci.* sept 2018;21(7):511-9.
98. Pilz S, Frisch S, Koertke H, Kuhn J, Dreier J, Obermayer-Pietsch B, et al. Effect of vitamin D supplementation on testosterone levels in men. *Horm Metab Res Horm Stoffwechselforschung Horm Metab.* mars 2011;43(3):223-5.
99. Christensen PM, Petersen MH, Friis SN, Bangsbo J. Caffeine, but not bicarbonate, improves 6 min maximal performance in elite rowers. *Appl Physiol Nutr Metab Appl Nutr Metab.* sept 2014;39(9):1058-63.
100. Todorova V, Ivanov K, Delattre C, Nalbantova V, Karcheva-Bahchevanska D, Ivanova S. Plant Adaptogens-History and Future Perspectives. *Nutrients.* 20 août 2021;13(8):2861.
101. Meeusen R, Decroix L. Nutritional Supplements and the Brain. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 1 mars 2018;28(2):200-11.
102. Torres EAES, Pinaffi-Langley AC da C, Figueira M de S, Cordeiro KS, Negrão LD, Soares MJ, et al. Effects of the consumption of guarana on human health: A narrative review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* janv 2022;21(1):272-95.
103. Yang Q, Jin W, Lv X, Dai P, Ao Y, Wu M, et al. Effects of macamides on endurance capacity and anti-fatigue property in prolonged swimming mice. *Pharm Biol.* 2016;54(5):827-34.
104. Meissner HO, Mscisz A, Reich-Bilinska H, Mrozikiewicz P, Bobkiewicz-Kozlowska T, Kedzia B, et al. Hormone-Balancing Effect of Pre-Gelatinized Organic Maca (*Lepidium peruvianum Chacon*): (III) Clinical responses of early-postmenopausal women to Maca in double blind, randomized, Placebo-controlled, crossover configuration, outpatient study. *Int J Biomed Sci IJBS.* déc 2006;2(4):375-94.
105. Tribulus. In: LiverTox: Clinical and Research Information on Drug-Induced Liver Injury [Internet]. Bethesda (MD): National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases; 2012 [cité 7 oct 2024]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK583201/>
106. Spirulina. In: Drugs and Lactation Database (LactMed®) [Internet]. Bethesda (MD): National Institute of Child Health and Human Development; 2006 [cité 7 oct 2024]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK501849/>
107. Akhgarjand C, Asoudeh F, Bagheri A, Kalantar Z, Vahabi Z, Shab-Bidar S, et al. Does Ashwagandha supplementation have a beneficial effect on the management of anxiety and stress? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytother Res PTR.* nov 2022;36(11):4115-24.

**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

Année Universitaire 2023/2024

**Nom : GALEJA**

**Prénom : Benjamin**

**Titre de la thèse : L'ENTRAINEMENT, L'ALIMENTATION ET LES COMPLEMENTS ALIMENTAIRES EN MUSCULATION**

**Mots-clés : Entrainement, Alimentation, Musculation, Compléments alimentaires, volume, charge, intensité, morphotype, métabolisme de base, niveau d'activité physique, dépense énergétique journalière, macronutriments, micronutriments**

---

**Résumé :**

**L'engouement croissant autour de la musculation confronte de plus en plus le pharmacien d'officine à répondre à des demandes de conseils. S'agissant d'un professionnel de santé facilement accessible, l'accompagnement des sportifs au comptoir se doit donc d'être optimal.**

**Nous déterminons les différents morphotypes des individus afin de mieux les identifier au comptoir. Cela permet de les conseiller idéalement, non seulement dans leur entraînement, mais aussi dans leur alimentation. Enfin, nous voyons qu'il existe un panel de compléments alimentaires disponibles en officine afin de mieux répondre à leurs objectifs.**

---

**Membres du jury :**

**Président :** Monsieur GRESSIER Bernard, professeur de pharmacologie à la faculté des sciences pharmaceutiques et biologiques de Lille et praticien hospitalier au centre hospitalier de Loos-Haubourdin

**Assesseur(s) :** GERVOIS Philippe, MCU Université de Lille

**Membre(s) extérieur(s) :** SZYPULA Sylvain, Pharmacien assistant à Oignies