



**HAL**  
open science

# Les protéines végétales : intérêts et limites

Claire Botella

► **To cite this version:**

Claire Botella. Les protéines végétales : intérêts et limites. Sciences pharmaceutiques. 2021. dumas-03210847

**HAL Id: dumas-03210847**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03210847v1>**

Submitted on 28 Apr 2021

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

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

## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance.

La propriété intellectuelle du document reste entièrement celle du ou des auteurs. Les utilisateurs doivent respecter le droit d'auteur selon la législation en vigueur, et sont soumis aux règles habituelles du bon usage, comme pour les publications sur papier : respect des travaux originaux, citation, interdiction du pillage intellectuel, etc.

Il est mis à disposition de toute personne intéressée par l'intermédiaire de [l'archive ouverte DUMAS](#) (Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance).

Si vous désirez contacter son ou ses auteurs, nous vous invitons à consulter la page de DUMAS présentant le document. Si l'auteur l'a autorisé, son adresse mail apparaîtra lorsque vous cliquerez sur le bouton « Détails » (à droite du nom).

Dans le cas contraire, vous pouvez consulter en ligne les annuaires de l'ordre des médecins, des pharmaciens et des sages-femmes.

Contact à la Bibliothèque universitaire de Médecine Pharmacie de Grenoble :

[bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr)

Année : 2021

LES PROTÉINES VÉGÉTALES : intérêts et limites

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE DOCTEUR EN PHARMACIE  
DIPLOME D'ÉTAT

Claire BOTELLA

*[Données à caractère personnel]*

THÈSE SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE  
GRENOBLE

Le : 08/04/2021

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE

Président du jury :

M. Professeur Walid RACHIDI

Membres :

M. Professeur Christophe MOINARD (directeur de thèse)

Mme Professeur Catherine DEMAILLY

Mme Docteur Marie-Chantal FARGES

Mme Docteur Gaëlle THOMAS

*L'UFR de Pharmacie de Grenoble n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs*

## ENSEIGNANTS - CHERCHEURS Année 2020 / 2021

Doyen de la Faculté - **Pr. Michel SEVE**  
Vice-Doyen et Directrice des Etudes - **Mme Christine DEMEILLIERS**  
Vice-Doyen Recherche – **Pr. Walid RACHIDI**

STATUT	NOM	PRENOM	LABORATOIRE	TELEPHONE	HDR
MCF	ALDEBERT	DELPHINE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheREx	04 76 63 74 73	oui
PU-PH	ALLENET	BENOIT	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, THEMAS	04 76 76 54 96	oui
PU	BAKRI	ABDELAZIZ	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	04 76 04 10 10 / 04 76 04 10 02	
CDD	BARDET	JEAN-DIDIER	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, THEMAS	04 56 52 00 92	
MCF	BATANDIER	CECILE	LBFA – INSERM U1055	04 76 63 58 20 / 06 75 55 35 01	
PU-PH	BEDOUCHE	PIERRICK	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, THEMAS	04 76 76 54 97	oui
MCF	BELAIDI-CORSAT	ELISE	HP2, Inserm U1042	04 76 63 71 08	
MAST	BELLET	BEATRICE	-		
MCF	BOUCHERLE	BENJAMIN	DPM - UMR 5063 CNRS	04 76 63 53 12	
PU	BOUMENDJEL	AHCENE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 53 11 / 06 17 35 77 65	
MCF	BOURGOIN	SANDRINE	IAB – CRI INSERM U823		
MCF	BRETON	JEAN	LCIB – UMR E3 CEA	04 38 78 56 01 / 04 76 63 74 73 / 06 37 51 20 74	
MCF	BRIANCON-MARJOLLET	ANNE	HP2 – INSERM U1042	04 76 63 74 75	
PU	BURMEISTER	WILHEM	UVHCI- UMI 3265 EMBL CNRS	04 57 42 87 41	oui
MCU-PH	BUSSER	BENOIT	Institute for Advanced Biosciences, UGA / Inserm U 1209 / CNRS 5309	06 32 39 37 65	oui
Professeur Emérite	CALOP	JEAN			
MCF	CAVAILLES	PIERRE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	04 76 63 74 72 / 06 88 16 54 43	
MCU-PH	CHANOINE	SEBASTIEN	CR UGA - INSERM U1209 - CNRS 5309	04 76 76 54 97 (CHU) / 04 76 54 94 66 (IAB)	
AHU	CHEVALIER	SIMON	TIMC IMAG		
MCF	CHOISNARD	LUC	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 53 01	
MCU-PH	CHOVELON	BENOIT	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 52 99	
PU-PH	CORNET	MURIEL	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheREx	04 76 63 74 39	oui
Professeur Emérite	DANEL	VINCENT	-	06 74 88 07 26	
PU	DECOUT	JEAN-LUC	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 53 17	
MCF Emérite	DELETRAZ-DELPORTE	MARTINE	LPSS – EAM 4129 LYON	06 80 23 45 34	
MCF	DEMEILLERS	CHRISTINE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	04 76 63 71 38	oui
PU-PH	DROUET	CHRISTIAN	GREPI EA7408	04 76 76 72 01	oui
PU	DROUET	EMMANUEL	IBS – UMR 5075 CEA CNRS HIV & virus persistants Institut de Biologie Structurale	06 15 11 79 97	

Mise à jour le 12/10/2020 Sana HACHANI

MCF	DURMORT	CLAIRE	IBS – UMR 5075 CEA CNRS	04 57 42 85 19	oui
PU-PH	FAURE	PATRICE	HP2 – INSERM U1042		oui
MCF	FAURE-JOYELUX	MARIE	HP2 – INSERM U1042	04 76 76 71 66	oui
PRCE	FITE	ANDREE	-	06 33 79 01 95	
MCU-PH	GARNAUD	CECILE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheReX	04 76 76 54 90	
PRAG	GAUCHARD	PIERRE-ALEXIS	-	04 76 63 53 19	
MCU-PH	GERMI	RAPHAELE	IBS – UMR 5075 CEA CNRS HIV & virus persistants Institut de Biologie Structurale	04 76 76 56 04	oui
MCF	GEZE	ANNABELLE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 53 01	oui
MCF Emérite	GILLY	CATHERINE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 74 58 / 06 33 12 90 73	
PU	GODIN-RIBUOT	DIANE	HP2 – INSERM U1042	04 76 63 75 63 / 06 33 48 97 10	oui
Professeure Emérite	GRILLOT	RENEE	-	06 62 11 37 04	
MCF Emérite	GROSSET	CATHERINE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 53 05	
MCF	GUIEU	VALERIE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 52 97	
CDD	HENNEBIQUE	AURELIE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheReX	04 76 76 78 86	
MCF	HININGER-FAVIER	ISABELLE	LBFA – INSERM U1055	06 30 36 62 56 / 04 76 63 57 36	oui
MCF	KHALEF	NAWEL	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	04 76 04 10 10	
MCF	KOTZKI	SYLVAIN	HP2 – UMR 51042	04 76 63 75 18	
MCF	KRIVOBOK	SERGE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 75 17	oui
AHU	LEENHARDT	JULIEN	INSERM – U1039		
PU	LENORMAND	JEAN-LUC	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheReX	04 76 63 74 39	oui
PU	MARTIN	DONALD	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	04 56 52 00 95	oui
PRCE	MATTHYS	LAURENCE	-		
MCF	MELO DI LIMA	CHRISTELLE	LECA – UMR CNRS 5553		
AHU	MINOVES	MELANIE	HP2 – INSERM U1042		
PU	MOINARD	CHRISTOPHE	LBFA - INSERM U1055	04 76 51 44 90	oui
PU-PH	MOSSUZ	PASCAL	IAB – INSERM U1209	04 76 76 54 87	
MCF	MOUHAMADOU	BELLO	LECA – UMR 5553 CNRS	04 76 63 54 41	oui
MCF	NICOLLE	EDWIGE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 53 21	oui
MCF	OUKACINE	FARID	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 52 97	
MCF	PERES	BASILE	DPM – UMR 5063 CNRS	07 86 11 77 53 /04 76 63 53 13	oui
MCF	PEUCHMAUR	MARINE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 52 95	oui
PU	PEYRIN	ERIC	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 53 04	oui
AHU	PLUCHART	HELENE	TIMC-IMAG – UMR 5525 CNRS, THEMAS	04 76 76 79 54	
PU	RACHIDI	WALID	LCIB – UMR E3 CEA	04 38 78 50 11	oui
MCF	RAVELET	CORINNE	DPM – UMR 5063 CNRS	06 85 92 00 79	oui
PU	RIBUOT	CHRISTOPHE	HP2 – INSERM U1042	06 71 11 49 20	oui

Mise à jour le 12/10/2020 Sana HACHANI

PAST	RIEU	ISABELLE	-	-	
Professeure Emérite	ROUSSEL	ANNE-MARIE	-	04 76 63 71 31	
PU-PH	SEVE	MICHEL	LBFA – INSERM U1055	04 76 63 71 72	oui
MCF	SOUARD	FLORENCE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 52 94	
MCF	SPANIO	MONIQUE	IBS – UMR 5075 CEA CNRS	04 57 42 85 64	
MCF	TARBOURIECH	NICOLAS	IBS – UMR 5075 CEA CNRS	04 57 42 86 60	
MCF	VANHAVERBEKE	CECILE	DPM – UMR 5063 CNRS	04 76 63 52 94	
MCF	WARTHER	DAVID	DPM	04 76 63 53 00	
Professeur Emérite	WOUESSIDJEW	DENIS	-	-	oui

**AHU** : Assistant Hospitalo-Universitaire  
**ATER** : Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherches  
**BCI** : Biologie du Cancer et de l'Infection  
**CHU** : Centre Hospitalier Universitaire  
**CIB** : Centre d'Innovation en Biologie  
**CRI** : Centre de Recherche INSERM  
**CNRS** : Centre National de Recherche Scientifique  
**DCE** : Doctorants Contractuels Enseignement  
**DPM** : Département de Pharmacochimie Moléculaire  
**HP2** : Hypoxie Physiopathologie Respiratoire et Cardiovasculaire  
**IAB** : Institute for Advanced Biosciences  
**IBS** : Institut de Biologie Structurale  
**LAPM** : Laboratoire Adaptation et Pathogenèse des Microorganismes  
**LBFA** : Laboratoire Bioénergétique Fondamentale et Appliquée  
**LCBM** : Laboratoire Chimie et Biologie des Métaux  
**LCIB** : Laboratoire de Chimie Inorganique et Biologie  
**LECA** : Laboratoire d'Ecologie Alpine  
**LPSS** : Laboratoire Parcours Santé Systémique  
**LR** : Laboratoire des Radio pharmaceutiques  
**MAST** : Maître de Conférences Associé à Temps Partiel  
**MCF** : Maître de Conférences des Universités  
**MCU-PH** : Maître de Conférences des Universités et Praticiens Hospitaliers  
**PAST** : Professeur Associé à Temps Partiel  
**PRAG** : Professeur Agrégé  
**PRCE** : Professeur certifié affecté dans l'enseignement  
**PU** : Professeur des Universités  
**PU-PH** : Professeur des Universités et Praticiens Hospitaliers  
**SyMMES** : Systèmes Moléculaires et nanoMatériaux pour l'Energie et la Santé  
**TIMC-IMAG** : Laboratoire Technique de l'Imagerie, de la Modélisation  
**UMR** : Unité Mixte de Recherche  
**UVHCI** : Unit of Virus Host Cell Interactions

# Remerciements

Au Professeur Christophe MOINARD, pour avoir accepté d'être mon maître de thèse, de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé durant ces longs mois. Et également pour le temps qu'il m'a consacré.

Au Professeur Walid RACHIDI, au Professeur Catherine DEMAILLY, au Docteur Marie-Chantal FARGES et au Docteur Gaëlle THOMAS pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

A mes parents et ma soeur, pour leur soutien constant et leurs encouragements. D'avoir toujours été là pour moi durant ces longues années d'études.

A Rémy pour m'avoir toujours soutenu, encouragé et cru en moi depuis le début.

Je remercie mes amis de fac et lycée pour leur soutien et leurs encouragements qui ont été d'une grande aide.

A mes collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

# Tables des matières

<b>Listes des tableaux</b>	<b>8</b>
<b>Listes des figures</b>	<b>9</b>
<b>Listes des abréviations</b>	<b>10</b>
<b>Introduction</b>	<b>12</b>
<b>Partie 1: Propriétés nutritionnelles</b>	<b>14</b>
1.1 Intérêts	14
1.1.1 Les sources de protéines végétales	14
1.1.2 Teneur en acides aminés	15
1.1.3 Paramètres de mesure	16
1.1.4 Source d'azote	26
1.1.5 Complémentation des protéines	27
1.2 Limites	28
1.2.1 Digestibilité / pertes endogènes	28
1.2.2 Teneur en acides aminés limitées	32
1.2.3 Résumé	36
1.2.4 Éléments anti-nutritionnels	37
1.2.5 Méthodes d'éliminations des éléments anti-nutritionnels	38
1.2.6 Les phyto estrogènes	39
1.2.7 Allergie/intolérances	41
<b>Partie 2 : Application aux populations particulières</b>	<b>43</b>
2.1 Introduction	43
2.2 Enfant	47
2.2.1 Les besoins	47
2.2.2 Les études	47
2.2.3 Mise en garde : les jus végétaux	50
2.3 Femmes enceintes	51
2.3.1 Besoins	51
2.3.2 Etudes	51
2.4 Personnes âgées	52
2.4.1 Besoins	52
2.4.2 Etudes	55
2.5 Sportifs	57
2.5.1 Besoins	57
2.5.2 Etudes	59



<b>Partie 3 : Mise en application à la pharmacie : les denrées alimentaires destinées à des fins spéciales</b>	<b>62</b>
3.1 Denrées alimentaires destinées à des fins spéciales : lait infantile avec protéine végétale	62
3.2 Compléments nutritionnels oraux	65
3.2.1 Définition	65
3.2.2 Réglementation	68
3.2.2.1 Règles de prescription	68
3.2.2.2 Personnes concernées	71
3.3 Compléments nutritionnels oraux à base de protéines végétales	71
3.3.1 Compléments nutritionnels oraux commercialisés	71
3.3.2 Choix de la protéine végétale	72
3.3.3 Comparaison protéine végétale/protéine animale	73
3.4 Complément alimentaire du sportif	74
3.4.1 Réglementation	74
3.4.2 Composition	75
3.4.3 Efficacité	76
3.4.4 Apport en leucine	80
3.5 Conseils à l'officine	82
3.5.1 Nourrissons	82
3.5.2 Adultes	83
3.5.3 Les sportifs	84
<b>CONCLUSION :</b>	<b>89</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>91</b>

# Listes des tableaux

Tableau 1 : Teneur en acides aminés indispensables de diverses sources protéiques, en grammes pour 100 grammes de protéines, comparées à celle de la protéine de référence (FAO/OMS). Adapté de multiples sources

Tableau 2 : Teneurs en protéines des légumineuses (données ciqual, USDA)

Tableau 3 : Teneurs en protéines des céréales (données ciqual)

Tableau 4 : Teneur en protéines des oléagineux crus (données ciqual)

Tableau 5 : Teneur en protéines des oléagineux grillés (données ciqual)

Tableau 6: Teneur en acides aminés de la protéine de références

Tableau 7 : Valeur biologique de certains aliments

Tableau 8 : Valeurs du PDCAAS de certaines protéines végétales

Tableau 9 : DIAAS, CUD et digestibilité relative de certaines sources de protéines

Tableau 10 : Tableau comparatif des acides aminés limitants en mg / g de protéines, USDA, ANSES

Tableau 11 : Récapitulatif des indices de mesure de la qualité d'une protéine

Tableau 12 : Composition des boissons végétales pour 100 ml (sans calcium ajouté)

Tableau 13 : Besoin en protéines en fonction de l'activité sportive selon l'expertise du Pr Xavier Bigard

Tableau 14: Comparaison de la composition nutritionnelle du lait NOVALAC® riz avec le lait NOVALAC®1 et le lait maternel

Tableau 15 : Exemples de DADFMS

Tableau 16 : Recommandation des apports alimentaires en fonction du statut nutritionnel selon la HAS

Tableau 17 : Suivi de la dénutrition chez la personne âgée selon la HAS

Tableau 18 : Modalité de la prise en charge nutritionnelle chez la personne âgée selon la HAS

Tableau 19 : Avantages et inconvénients des protéines de riz, pois, soja et chanvre

Tableau 20 : Comparaison nutritionnelle de FRESUBIN®provid extra et FRESUBIN®jucy

# Listes des figures

Figure 1 : Complémentarité d'une protéine A associée à une protéine B

Figure 2 : Schéma du fonctionnement de l'acide aminé limitant sur la protéine

Figure 3 : Profil de protéine idéal comparé aux riz et lentilles, et à l'association des 2

Figure 4 : Collation de 30g avec apport en protéines

# Listes des abréviations

AA : Acide aminé

ADA : *American Dietetic Association*

AFNOR : Association française de normalisation

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

ANC : Apports nutritionnels conseillés

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

APLV : Allergiques aux protéines de lait de vache

CNO : Compléments nutritionnels oraux

CUD : Coefficient d'utilisation digestive

Cys : Cystéine

DADFMS : Denrées alimentaires destinées à des fins spéciales

DGE : *Deutsche Gesellschaft für Ernährung* (société allemande de nutrition)

DIASS : *Digestible Indispensable Amino Acid Score*

DMO : Densité minérale osseuse

DRACMA : *Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy*

EAL : *Evaluation Assurance Level*

FAO : *Food And Agriculture Organisation*

GEPV : Groupe d'Étude et de Promotion des Protéines Végétales

GFHGNP : Groupe Francophone d'Hépatologie-Gastroentérologie et Nutrition Pédiatriques

HAS : Haute Autorité de Santé

His: Histidine

IC : Indice chimique

Ile : Isoleucine

IMC : Indice de masse corporelle

ISSN : Société internationale de nutrition sportive

Leu : Leucine

Lys : Lysine

MC : Maladie coeliaque auto-immune

Met : Méthionine

MPS : *Muscle protein synthesis*

MPV: Matières protéiques végétales

NCGS : Sensibilité au gluten non cœliaque

OMS: Organisation mondiale de la santé

ONU : Organisation des Nations unies

PDCAAS : *Protein digestibility corrected amino acid score*

Phe : Phénylalanine

PNNS : Programme national nutrition santé

SFP : Société Française de Pédiatrie

SPM : synthèse protéique musculaire

Thr : Thréonine

Trp : Tryptophane

Tyr : Tyrosine

USDA : *United States Department of Agriculture*

Val : Valine

## Introduction

Les protéines, composées de chaînes d'acides aminés, sont des macronutriments essentiels à notre organisme. Elles sont apportées par notre alimentation. Les protéines alimentaires sont source d'acides aminés essentiels et d'azote pour notre organisme. Nous les retrouvons dans les viandes, poissons et œufs (protéines animales), les produits laitiers et les protéines végétales (légumineuses, féculents). La France est un pays où nous consommons plus de protéines animales que de protéines végétales (rapport 1 à 3). Le PNNS (Programme national nutrition santé) recommande un apport équilibré entre les sources animales et végétales, soit en quantité équivalente des deux sources avec un rapport de 1:1. Une alimentation basée sur les protéines animales au long terme et sur l'ensemble de la planète risque de devenir problématique. Actuellement, cette consommation de protéines animales fait déjà l'objet de nombreuses interrogations concernant les possibles problèmes environnementaux. Pour y arriver faudra-t-il augmenter la part de protéine végétale dans notre alimentation ? L'intérêt des protéines végétales, aussi bien pour l'environnement que la santé, ne cesse de croître. Pour cela nous devons connaître leurs caractéristiques et leurs propriétés nutritionnelles. Les critères permettant de définir les recommandations d'apports en protéines et leur qualité sont encore parfois sujets à controverse du fait d'incertitudes méthodologiques et conceptuelles. Nous exposerons les différentes méthodes d'analyses pour évaluer les besoins en protéines, en azote et en acides aminés. Nous aborderons ces besoins en fonction des situations physiologiques. Comment les consommer en fonction de l'âge et de la physiologie ? Aujourd'hui les protéines végétales sont de

plus en plus choisies dans le cadre d'une alimentation saine et durable. En pharmacie, comment introduire les protéines végétales dans l'alimentation des français et quels sont les conseils appropriés ? Depuis peu, l'ANSES s'est penchée sur le sujet des protéines végétales, en évoquant des recommandations nutritionnelles. Elle préconise notamment de donner une plus grande place aux légumineuses, aux produits céréaliers complets, aux légumes et aux fruits.

## Partie 1: Propriétés nutritionnelles

### 1.1 Intérêts

#### 1.1.1 Les sources de protéines végétales

Les protéines végétales sont retrouvées dans de nombreux aliments en proportions différentes. Elles proviennent majoritairement des légumineuses, parmi lesquelles nous pouvons citer les pois (cassés, chiches, petits), haricots (secs), soja, lentilles, fèves. Elles sont également présentes dans les oléagineux (arachide, sésame, colza, amandes, noix, noisettes ...), de même que les céréales (blé, riz, avoine, maïs ...) et les pseudos céréales (quinoa, sarrasin..). Des protéines végétales sont retrouvées dans les tubercules (pommes de terre, patate douce, manioc), les fruits et les légumes (en quantité négligeable), les champignons, les micros algues (ex : spiruline) et également dans les épices et aromates (1).

Une autre catégorie, plus industrielle, nommée les matières protéiques végétales (MPV) existe (2). Ces MPV sont des protéines végétales obtenues à partir du fractionnement d'oléagineux, de légumineuses ou de céréales. Leur teneur protéique est de 40 % ou plus. Les constituants non protéiques sont soit supprimés soit diminués. Nous retrouvons ces MPV dans des préparations diététiques ou des aliments spécialisés.



### 1.1.2 Teneur en acides aminés

Les protéines sont constituées d'acides aminés, dont 9 sont essentiels. Ils sont indispensables car le corps humain ne peut les synthétiser. Ces acides aminés essentiels doivent donc être impérativement apportés par notre alimentation chaque jour. Il s'agit de l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine (+ la cystéine), le tryptophane, la phénylalanine, la thréonine, la valine, et l'histidine (acide aminé indispensable pour la croissance des enfants). Quant aux autres acides aminés, ils peuvent être apportés par l'alimentation ou fabriqués dans notre corps à partir d'autres acides aminés.

Les protéines de légumineuses sont riches en acides aminés essentiels, particulièrement en lysine. Cependant elles sont relativement pauvres en acides aminés soufrés comme la méthionine et la cystéine, mais également en tryptophane. Selon les bases de données de l'USDA (*United States Department of Agriculture*), tous les végétaux contiennent les 20 acides aminés standards, dont les 9 acides aminés essentiels (3). Cette base de données répertorie la valeur nutritive de milliers d'aliments. Parmi les valeurs nous retrouvons la teneur en lipides, protéines, glucides par exemple mais également en vitamines et minéraux. Le tableau 1 montre la teneur en acides aminés essentiels de quelques protéines végétales comparé à la protéine de référence de la FAO et de l'OMS. Ces protéines contiennent toutes les acides essentielles et en quantité supérieur à celle de la protéine de référence pour le soja.

*Tableau 1 : Teneur en acides aminés indispensables de diverses sources protéiques, en milligrammes pour 100 grammes de protéines, comparées à celle de la protéine de référence (FAO/OMS). Adapté de multiples sources*

	Ile	Leu	Lys	Met + Cys	Trp	Thr	Val	Phe + tyr	Histidine
Protéine de référence	30	61	48	23	7	25	40	41	16
Soja	42	77	60	24	12	40	47	88	25
Céréale	34	69	23	36	10	28	38	77	21
Riz	40	77	34	42	11	34	54	94	21
Oeuf	69	82	72	51	16	50	74	104	23

### 1.1.3 Paramètres de mesure

Plusieurs méthodes et systèmes de notations ont été mis au point pour évaluer la qualité des protéines. Soit en fonction de leur biodisponibilité, leur profil d'acides aminés ou leur digestibilité par exemple. Ces échelles permettent de comparer les protéines et de comprendre les intérêts et limites. La qualité nutritionnelle d'une protéine repose sur sa richesse en acides aminés essentiels. Pour évaluer la qualité nutritionnelle d'une protéine, les scientifiques ont mis au point un indice chimique qui traduit la richesse de la protéine en acides aminés essentiels, c'est-à-dire l'aptitude de l'aliment à fournir l'ensemble des acides aminés essentiels. Toutes les protéines ne sont pas équivalentes pour remplir les besoins. Quels sont les paramètres à considérer pour mesurer la qualité d'une protéine ? Comment comparer efficacement les aliments protéinés ?

## La valeur protéique

La valeur protéique d'un aliment correspond à son contenu en protéines totales, sa teneur en acides aminés (notamment essentiels) et leurs proportions.

Cependant la valeur protéique peut être diminuée par la cuisson ou la conservation d'un aliment. Comme le montre le tableau 2, le haricot rouge sec contient 22,5g de protéine pour 100g d'aliment alors que cuit sa valeur descend à 9,63. Il en est de même pour les céréales (tableau 3), qui une fois cuits perdent en valeur protéique.

*Tableau 2 : Teneurs en protéines des légumineuses (données ciqual, USDA)*

Légumineuses	g/ 100g d'aliment cuit	g/ 100g d'aliment cru
Seitan (gluten de blé)	23	75
Tofu nature	/	9,9
Soja (graines)	/	37,8
Haricot rouge	9,63	22,5
Lentilles corail	10,6	25,4
Lentilles vertes	10,1	25,4
Pois chiche	8,31	20,5
Petit pois	5,8	5,84
Haricot blanc	6,75	19,1

*Tableau 3 : Teneurs en protéines des céréales (données Ciqual)*

Céréales	g/ 100g d'aliment cuit	g/100g d'aliment cru
Quinoa	4,1	13,8 – 21,9
Orge	9,91	12
Riz complet	3,21	7,02
Riz blanc	2,92	7,04
Riz sauvage	3,8	11,1
Pâtes au blé complet	4,8	12,6
Avoine	1,5	18,1

*Tableau 4 : Teneur en protéines des oléagineux crus (données Ciqual)*

Oléagineux	g/100g d'aliment cru
Arachides	22,8
Amandes avec peau	21,1
Graine de tournesol	21,3
Chia	16,5
Noix cerneaux	13,3
Noisette	13,9

*Tableau 5 : Teneur en protéines des oléagineux grillés (données Ciqual)*

Oléagineux	g/100g d'aliment grillé
Noix de cajou grillée salée	15,2
Pistache grillée	18,4

## L'indice chimique

L'indice chimique (IC) est calculé suivant la formule suivante : quantité (mg) d'un acide aminé essentiel dans 1 g de protéine divisé par la quantité (mg) du même acide aminé essentiel dans 1 g de protéine de référence de la FAO (2). La protéine de référence est une protéine théorique qui couvrirait tous les besoins pour tous les acides aminés essentiels. Le calcul de l'IC est effectué en prenant en compte uniquement l'acide aminé limitant. Un indice chimique inférieur à 100 signifie que la protéine a au moins un acide aminé essentiel limitant. Inversement, un indice chimique supérieur à 100 indique que tous les acides aminés essentiels de la protéine sont présents en quantité supérieure au besoin minimum de l'organisme. Un indice chimique de 100 ou plus reflète une protéine de haute qualité.

La qualité dépend des acides aminés essentiels, plus elle en contient et en proportion élevée, meilleure est la qualité et donc l'indice chimique. Cette formule est applicable dans la théorie, cependant dans la pratique, l'indice chimique est exprimé pour l'acide aminé présent en plus faible quantité. Cet acide aminé correspond à l'acide aminé limitant. La FAO (*Food and Agriculture Organization*) a déterminé son profil en acides aminés pour l'adulte. Ce profil correspond à l'albumine de l'œuf. Comme le montre le tableau 6, l'albumine de l'œuf contient tous les acides aminés essentiels.

Tableau 6: Teneur en acides aminés de l'albumine de l'oeuf

Acide aminé	mg / g de protéine
Tryptophane	6,6
Valine	40
Phénylalanine + tyrosine	41
Thréonine	25
Histidine	16
Isoleucine	30
Lysine	48
Leucine	61
Méthionine + cystéine	23

Comparons l'albumine de l'œuf à la protéine de blé, par exemple, le premier contient les neuf acides aminés essentiels en bonnes proportions et supérieures au second. L'albumine de l'œuf est la protéine de référence la plus courante, son indice chimique est égal à 100, il sert de référence pour évaluer la qualité nutritionnelle d'autres protéines. Cette différence s'explique par la faible quantité de tryptophane et lysine dans la protéine du blé. L'association de deux aliments à valeur protéique basse permet d'avoir un mélange possédant une excellente qualité et une valeur protéique plus élevée. Par exemple, si on considère la quantité de lysine contenue dans la farine de blé (35 mg/g de protéine) rapportée à celle contenue dans l'albumine (70 mg/g de protéine) on arrive à un indice chimique pour la lysine et pour la protéine de blé de 50 % (35/70). En théorie, l'indice chimique doit être déterminé pour chaque acide aminé essentiel dans une protéine donnée. En pratique, on se contente d'indiquer l'indice chimique le plus bas parmi ceux des différents acides

aminés, cet acide aminé étant appelé acide aminé limitant (en pratique sont concernés, la lysine, les acides aminés soufrés et le tryptophane). L'albumine de l'œuf a longtemps été utilisée comme protéine de référence, mais actuellement la composition de la protéine de référence est déterminée en fonction des besoins propres à chaque situation (nouveau-nés, nourrissons, enfants...).

### Valeur biologique

La valeur biologique correspond à la quantité de protéines retenues par notre organisme après le phénomène d'absorption (4). Elle sert également de référence pour déterminer la qualité d'une protéine. La valeur biologique détermine l'efficacité avec laquelle le corps va pouvoir assimiler et utiliser les acides aminés de la protéine, elle est donc dépendante de la composition en acide aminés essentiels. Pour qu'une protéine ait une valeur biologique élevée et soit considérée de bonne qualité, son aminogramme doit être complet et contenir une forte proportion d'acides aminés essentiels. L'œuf de poule est la référence avec une valeur biologique de 100. La combinaison de plusieurs aliments peut augmenter la valeur biologique et atteindre des valeurs supérieures à 100 (5). Sur le tableau 7 ci-dessous, nous pouvons remarquer que la valeur biologique des graines de soja est élevée, se rapprochant de 100 tandis que celle de la farine blanche ne dépasse pas les 50%.

Tableau 7 : Valeur biologique de certains aliments

Aliment	Valeur biologique (en %)
Graine de soja complète	96
Lait de soja	91
Quinoa	83
Riz	83
Tofu	64
Blé entier	64
Farine blanche	41
Œuf de poule	95

### Valeur nutritionnelle

La valeur nutritionnelle d'un aliment dépend de la quantité de protéines qu'il apporte, de l'équilibre des acides aminés qui les constituent, de sa capacité à fournir les acides aminés de ses protéines, dans des proportions adaptées aux besoins de l'individu, de sa composition en acides aminés essentiels. Cette capacité dépend de deux phénomènes interdépendants. Le premier est la biodisponibilité de la protéine, c'est-à-dire la proportion des acides aminés disponibles au niveau tissulaire après les processus de digestion et d'absorption. Le second est l'efficacité de ces acides aminés à être utilisés pour répondre aux besoins spécifiques des tissus de l'organisme. Meilleure est la qualité d'une protéine, moindre est la quantité qu'il faut en consommer pour couvrir (1).



## La biodisponibilité des protéines

La biodisponibilité correspond à la capacité de la protéine à fournir des acides aminés pour la croissance de notre organisme et le renouvellement de nos protéines corporelles. C'est -à -dire à la proportion des acides aminés disponibles au niveau tissulaire après digestion et absorption. Elle dépend de la quantité des acides aminés dans les protéines ingérées mais aussi des pertes digestives et métaboliques (6). Mais également de l'hôte et des facteurs liés au régime alimentaire. Cette biodisponibilité peut être plus faible pour certains aliments d'origine végétale que animale (7-9).

## Digestibilité

La digestibilité est calculée à partir de la mesure des protéines restant dans le tube digestif. Elle mesure la quantité d'une protéine réellement absorbée par rapport à la quantité ingérée. Ce qui correspond à la différence entre l'apport en azote et la perte fécale après ingestion de cette protéine. La digestibilité de la source de protéines a été définie comme la proportion d'AA dérivés de protéines alimentaires qui sont effectivement digérés et absorbés, devenant ainsi disponibles sous une forme adaptée à la synthèse des protéines corporelles.

La vitesse de la digestion conditionne la cinétique de l'apparition des acides aminés dans le sang après un repas et l'efficacité de leur utilisation pour la synthèse protéique. La différence entre ces deux paramètres se remarque entre les protéines végétales et animales, mais elles sont fortement régulées par une série de facteurs indépendants de leur nature . Comme facteurs nous pouvons citer les sécrétions salivaires gastriques, les émotions, la flore intestinale, l'état psychologique et physiologique de l'individu.

### Mesure digestibilité

Il est intéressant de mesurer la digestibilité à la partie distale de l'intestin grêle, c'est-à-dire au niveau de l'iléon. Bien que la digestibilité iléale réelle des protéines ait été largement étudiée chez les animaux monogastriques (porcs), peu d'études ont été réalisées chez l'Homme (10).

### Le *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*

Le PDCAAS (*Protein digestibility corrected amino acid score*) analyse la composition en acides aminés essentiels (11).

Il apprécie l'aptitude d'une protéine à couvrir les besoins en acides aminés essentiels. Il est mesuré en comparant un profil d'acide aminé standard possédant le meilleur score possible avec le profil d'acide aminé de l'aliment étudié. Le PDCAAS permet de comparer la qualité des protéines entre les aliments.

Il est défini par la formule suivante :  $PDCAAS (\%) = \frac{[\text{mg d'acide aminé limitant dans 1 g de la protéine testée}]}{[\text{mg du même acide aminé dans 1 g de la protéine de référence} \times \text{digestibilité fécale vraie} (\%) \times 100]}$ . Le PDCAAS est compris entre 0 (protéine de mauvaise qualité et/ou peu digeste) et 1 (protéine digeste et d'excellente qualité).

Le PDCAAS est associé au fait que la fourniture de substrat pour la synthèse des protéines et d'autres voies est limitée par les acides aminés essentiels disponibles (digérés et absorbés). Ainsi, l'utilisation des protéines est prédite à partir de la digestibilité attendue et de la composition en acides aminés de la protéine. Ces 2

caractéristiques de la protéine déterminent la capacité d'une protéine alimentaire à répondre aux besoins humains minimaux en acides aminés pour l'équilibre azoté et, par conséquent, sa qualité nutritionnelle (12).

Il s'agit d'une estimation de la digestibilité des protéines brutes déterminée sur l'ensemble du tube digestif. Les valeurs déterminées avec cette méthode sur-estiment généralement la quantité d'acides aminés absorbée (cf limites).

La digestibilité peut être mesurée au niveau iléal (cf digestibilité). Chez l'Homme, le recueil est invasif, car il nécessite la pose d'une sonde intestinale qui migre dans l'intestin grêle distal. Cependant cette méthode pose des problèmes d'éthique et est très peu utilisée. Chez l'Homme, cette méthode est remplacée par une sonde naso-jéjunales qui permet la mesure des cinétiques de disparition des nutriments dans l'intestin grêle et qui permet des prélèvements réguliers d'effluents jéjunaux. La digestibilité peut aussi être mesurée au niveau des fécès. La première méthode est plus précise pour connaître la quantité d'acides aminés réellement absorbés mais elle est plus difficile à déterminer chez l'humain. La seconde méthode est donc plus souvent employée (13).

Les protéines végétales ont un PDCAAS inférieur à 100% contrairement à la plupart des protéines animales qui ont un PDCAAS proche ou supérieur à 100 %. Cette différence de valeur s'explique par la déficience de certains acides aminés essentiels. Sur le tableau 8, nous remarquons qu'aucun PDCAAS de protéines végétales est supérieur à 100, celui de la protéine de soja est de 94% par exemple.

Tableau 8 : Valeurs du PDCAAS de certaines protéines végétales

Source de protéines	PDCAAS (en %)
Soja	94
Quinoa	79
Pois	78
Riz	53
Lentille verte	51
Arachide	46
Blé	46
Farine de blé	40

#### 1.1.4 Source d'azote

L'azote est l'un des principaux constituants des acides aminés et des protéines. C'est un composant essentiel pour la vie de l'Homme. Une nutrition limitée en azote réduit la synthèse protéique. Les protéines sont les seules sources d'azote pour l'Homme. L'apport global d'azote permet la synthèse d'acides aminés.

On considère que les protéines contiennent en moyenne 16% d'azote. Afin de déterminer la teneur en protéines d'un aliment à partir de la mesure de l'azote, un facteur de conversion de 6,25 (100/16) est utilisé. Cependant, la teneur en azote des protéines est variable selon leur profil en acides aminés. En effet, la teneur en azote de chaque acide aminé est différente. Selon une étude de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments en 2007, les facteurs de conversion varient entre 6,38 pour les protéines laitières et 5,4 pour les protéines issues de céréales.

### 1.1.5 Complémentation des protéines

Selon la définition de la *Food And Agriculture Organisation*, la complémentation des protéines correspond à l'augmentation de la valeur nutritive protéique obtenue en mélangeant deux protéines qui ont un acide aminé limitant différent (2).

Afin d'obtenir une alimentation équilibrée et complète en acides aminés il faut associer différentes sources de protéines végétales. Cette association permet de couvrir les besoins en acides aminés dont l'Homme a besoin chaque jour. A chaque repas, il n'est pas nécessaire de combiner ces végétaux, seulement d'avoir une alimentation complémentaire et diversifiée chaque jour (1).

Comme vu précédemment, les céréales sont généralement déficitaires en lysine et riches en acides aminés soufrés comme la méthionine. Quant aux légumes secs, ils sont pauvres en méthionine mais riches en lysine. L'association des céréales (riz, blé, maïs..) et des légumineuses (soja, lentille, fèves, pois...) permet une bonne complémentarité et ainsi d'obtenir un mélange de protéines équilibrées.

Cette complémentarité est retrouvée dans de nombreux plats traditionnels comme le couscous au Maghreb, le *chili con carne* au Mexique ou le *dahl* en Inde.

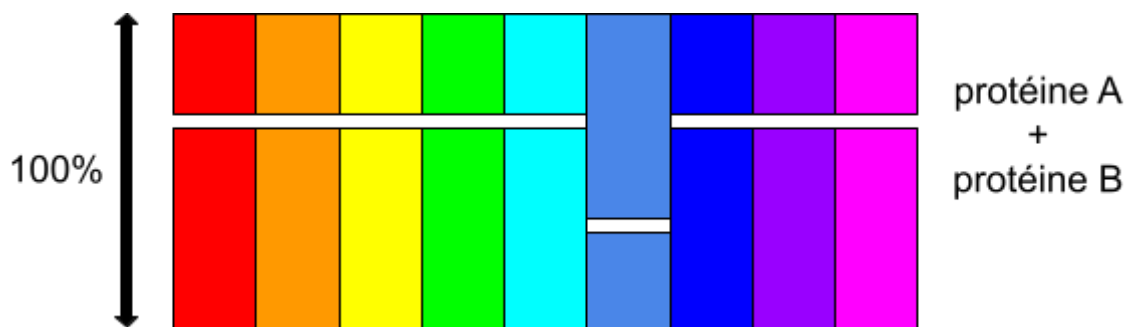


Figure 1 : Complémentarité d'une protéine A associée à une protéine B

La figure 1 schématise l'association de deux protéines, chacune déficiente en acides aminés différents. Cette figure montre que la complémentarité permet d'obtenir un meilleur profil d'acides aminés essentiels.

## 1.2 Limites

### 1.2.1 Digestibilité / pertes endogènes

La digestibilité des protéines est déterminée grâce à l'échelle du PDCAAS (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*) (11).

L'OMS et le FAO la recommandent depuis 1989. Ce score vu précédemment permet de mesurer la qualité d'une protéine en fonction de sa composition en acide aminés mais aussi sa digestibilité. Cependant cette mesure montre quelques limites.

#### Limites du PDCAAS

Parmi celles-ci nous pouvons citer (1,10,12,14,15).

- La troncature des scores PDCAAS, en effet au-delà de 1,00 les valeurs sont tronquées, alors que certaines protéines pourraient avoir des valeurs supérieures à 1,00. La troncature de la valeur PDCAAS et le calcul du score d'acides aminés basé uniquement sur le premier acide aminé limitant sous-estiment sans doute le pouvoir d'une protéine de haute qualité d'équilibrer la composition d'acides aminés essentiels de protéines inférieures (dans la cas d'une complémentation) (12).
- La valeur PCDAAS peut surestimer la qualité des protéines, car la méthode repose sur des analyses fécales et non iléales (14). Ceci est problématique car une partie de la perte d'azote dans le gros intestin n'est pas due à la digestion et à l'absorption des protéines, mais à la dégradation microbienne. Les acides aminés peuvent être absorbés au-delà de la partie terminale de

l'intestin grêle. En effet, les acides aminés entrant dans le côlon ne sont plus absorbés mais métabolisés par le microbiote. Les produits de la digestion des protéines, acides aminés et peptides sont essentiellement absorbés dans l'intestin grêle. Dans le gros intestin, l'absorption semble quantitativement faible chez les individus adultes, et les acides aminés libres et peptides qui atteignent ce compartiment sont rapidement utilisés par le microbiote intestinal. Par exemple, au niveau de la muqueuse colique, une partie de l'azote est transformée en composés puis absorbée par celle-ci. La biotransformation de ces différents substrats par le microbiote colique permet aux bactéries d'obtenir l'énergie nécessaire à leur croissance. Les protéines sont la principale source d'azote pour les bactéries coliques. Certaines espèces bactériennes peuvent absorber ces peptides, ce qui s'accompagne généralement de la libération d'acides aminés libres, qui seront utilisés par d'autres bactéries qui ne peuvent pas absorber directement ces peptides. L'ammoniac est également absorbé dans le côlon. Il rejoint le foie où il est converti en urée qui sera éliminée par voie urinaire. L'ammoniac est également une source majeure d'azote pour un grand nombre de bactéries du microbiote colique, qui utilisent l'ammoniac pour synthétiser les acides aminés. Ce qui entraîne une surestimation de la digestibilité au niveau fécal. Ainsi si nous comparons la digestibilité fécale avec l'iléale nous constatons une différence de 2 à 3% pour les protéines très digestibles mais cet écart s'intensifie pour les protéines peu digestibles pouvant aller au-delà de 10 %. En général, le score de digestibilité des protéines végétales est faible, de l'ordre de 85 à 90%, tandis que celui des protéines animales est de 95%.

Lorsque l'apport en protéines est beaucoup plus élevé que la demande, la différence semble relativement faible et peut être négligée (15).

- Le PDCAAS ne tient également pas compte des protéines qui seront utilisées dans la synthèse des protéines, aucun indice ne le permet d'ailleurs (10).
- La méthode considère les acides aminés perdus comme utilisés par notre corps (10).
- Le PDCAAS ne tient pas compte de l'association de deux aliments qui se complètent en acides aminés. Par exemple, les protéines de blé ont un PDCAAS de 0,46 environ limité en raison du manque de lysine. Les protéines de haricots un PDCAAS entre 0,6 et 0,7 limitée en raison du manque de méthionine, mais contiennent plus de lysine que nécessaire. Mais consommé ensemble et en quantité comparable, le PDCAAS de cette association devient 1 (1).

Compte tenu de ces préoccupations, une évaluation actualisée de la qualité des protéines a été créée, le *Digestible Indispensable Amino Acid Score* (DIAAS).

#### Le Digestible Indispensable Amino Acid Score

Le *Digestible Indispensable Amino Acid Score* ( DIAAS ) apparu en 2013 est une nouvelle échelle de mesure de la qualité des protéines proposée par la FAO pour remplacer le PDCAAS (11). Le DIAAS détermine la digestibilité des acides aminés à la fin de l'intestin grêle. Ce nouvel indicateur considère la digestibilité iléale de chaque acide aminé, et est donc plus précis que la digestibilité fécale utilisée pour le PDCAAS. Le DIAAS est considéré comme une mesure supérieure de la qualité des protéines car il est calculé en utilisant la digestibilité iléale et les valeurs ne sont pas tronquées à 1,0, comme c'est le cas avec le PDCAAS. En règle générale, les



protéines animales ont des scores PDCAAS et DIAAS plus élevés que les protéines végétales, ce qui reflète une digestibilité plus élevée (16).

#### Le coefficient d'utilisation digestive

Le Coefficient d'utilisation digestive correspondant à la part d'un nutriment qui ne finira pas dans les excréments.

*Tableau 9 : DIAAS, CUD et digestibilité relative de certaines sources de protéines*

Sources de protéines	DIASS (%)	CUD (%)	Digestibilité relative (%)
Œuf de poule	113	97	100
Pois	58	88	93
Riz	59	88	93
Blé complet	40	86	90

Grâce à ces scores nous pouvons remarquer que les protéines végétales sont souvent moins disponibles au sein de l'aliment. Leur assimilation en est ainsi réduite. Nous remarquons aussi que la digestibilité des protéines végétales est souvent considérée inférieure à celle des produits d'origines animales. Les protéines d'origine animale sont plus facilement digérées et assimilées que les protéines végétales.

La plus faible digestibilité des protéines végétales s'explique par la structure de la graine contenant des éléments non digestibles et de composés présents dans les végétaux qui empêchent l'action des enzymes digestives de l'homme. Ainsi, l'intestin de l'Homme est moins adapté pour digérer les matrices végétales que les matrices

animales. L'homme doit produire davantage d'enzymes digestives appelées protéases pour arriver à digérer les protéines végétales. Face à ce désagrément, différents procédés de transformations sont mis en application pour améliorer la digestibilité des protéines végétales. Selon le mode de transformation et / ou la présence de divers facteurs «anti-nutritionnels», la digestibilité des sources végétales est inférieure à celle des sources animales, avec des valeurs allant de 45% à 80%. Cependant, une fois ces facteurs antinutritionnels éliminés, la digestibilité des sources de protéines végétales purifiées (telles que l'isolat de protéines de soja, le concentré de protéines de pois et le gluten de blé) est similaire à la source de protéines d'origine animale (> 90%) (1).

Certains aliments végétaux, notamment les graines entières ou grossièrement broyées, ont des structures en partie résistantes à la digestion, ce qui protège leurs protéines de l'attaque des enzymes digestives et limite leur digestibilité. De plus, l'efficacité de ces enzymes se trouve également réduite lorsque l'aliment contient des facteurs antinutritionnels (facteurs antitrypsiques, saponines, tanins, etc.). C'est en particulier le cas des légumineuses (10,16).

### 1.2.2 Teneur en acides aminés limités

Certaines protéines végétales présentent une teneur limitante en certains acides aminés essentiels. Selon la définition de la FAO, l'acide aminé essentiel le plus déficient est appelé "acide aminé limitant" (2).

Cet acide aminé limitant détermine le rendement de l'ensemble de la protéine. Pour les céréales il s'agit de la lysine. Concernant les légumineuses ça sera les acides aminés soufrés, comme la méthionine.

La teneur en lysine et / ou méthionine dans les protéines d'origine végétale est inférieure à celle des protéines d'origine animale. Les sources végétales de blé, de maïs, d'avoine, de chanvre et de riz sont particulièrement pauvres en lysine, avec 2,8% (blé et maïs), 4,2% (avoine) , 4,1% (chanvre) et 3,8% (riz) contre 4,5% «requis» de lysine selon l'OMS, l'ONU et la FAO et par rapport aux sources d'origine animale qui ont des teneurs en lysine > 7%. Un régime alimentaire serait considéré comme pauvre en lysine si toutes les protéines consommées quotidiennement proviennent du blé et / ou du maïs. Les sources de protéines végétales contenant suffisamment de lysine semblent avoir une teneur en méthionine relativement faible. Par exemple, les protéines de lentille et de soja ont des teneurs en méthionine particulièrement faibles de 0,9% et 1,3% par rapport aux protéines d'origine animale (> 2,2%). Les sources de protéines d'origine végétale haricot noir, blé, avoine, pomme de terre et pois peuvent encore être considérées comme suffisantes en méthionine selon les recommandations de l'OMS / FAO / UNU car ces sources de protéines ont une teneur en méthionine de ~ 1,6%. Cependant, la teneur en méthionine de ces sources végétales reste également bien inférieure à la teneur en méthionine des sources de protéines d'origine animale (> 2,2%). Les protéines de riz, de chanvre et de maïs ont des teneurs en méthionine qui sont plus proches des sources de protéines d'origine animale, avec des teneurs de ~2,2% (1).

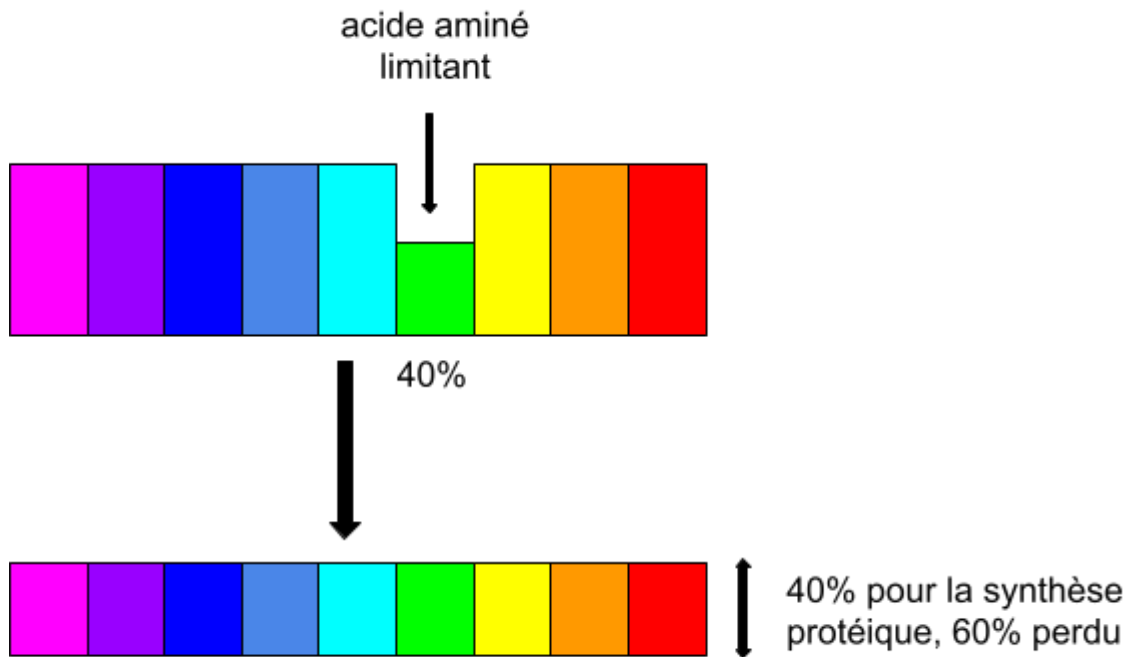


Figure 2 : Schéma du fonctionnement de l'acide aminé limitant sur la protéine

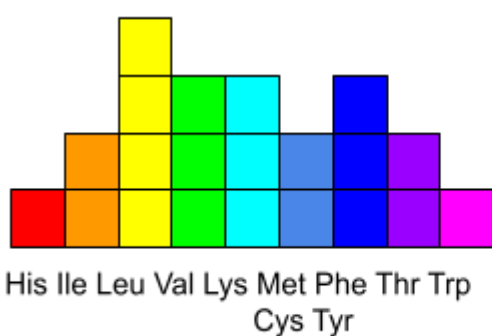
Comme le montre la figure 2, l'acide aminé limitant d'une protéine réduit la synthèse protéique. En effet, les autres acides aminés ne pourront être utilisés pour la synthèse protéique qu'à hauteur de l'acide aminé limitant. Sur la figure le vert est considéré comme limitant donc dès que le vert est tout utilisé la synthèse protéique est stoppée.

Le tableau 10 représente les besoins en acides aminés essentiels chez l'homme ainsi que la composition en acides aminés essentiels de certaines protéines végétales. Comme vu précédemment, ce tableau confirme que les légumineuses sont pauvres en acides aminés soufrés et que les céréales sont pauvres en lysine. Mais que l'association des 2 rééquilibre cette déficience.

Tableau 10 : Tableau comparatif des acides aminés limitants en mg / g de protéines, USDA, AFSA

Acide aminé limitant	Besoin chez l'Homme	Lentilles	Pois cassé	Riz	Maïs	Riz + Lentilles
Histidine	17	28	24	23	28	27
Isoleucine	27	43	41	43	40	43
Leucine	59	72	71	83	108	75
Valine	27	49	47	61	57	52
Lysine	45	69	72	36	43	62
AA aromatiques	41	76,	75	87	85	79
AA soufrés	23	21	25	44	29	27
Thréonine	25	35	35,5	36	40	36
Tryptophane	6	9	11,2	12	7	10
IC en %	100	98	91	80	95	117

### profil idéal



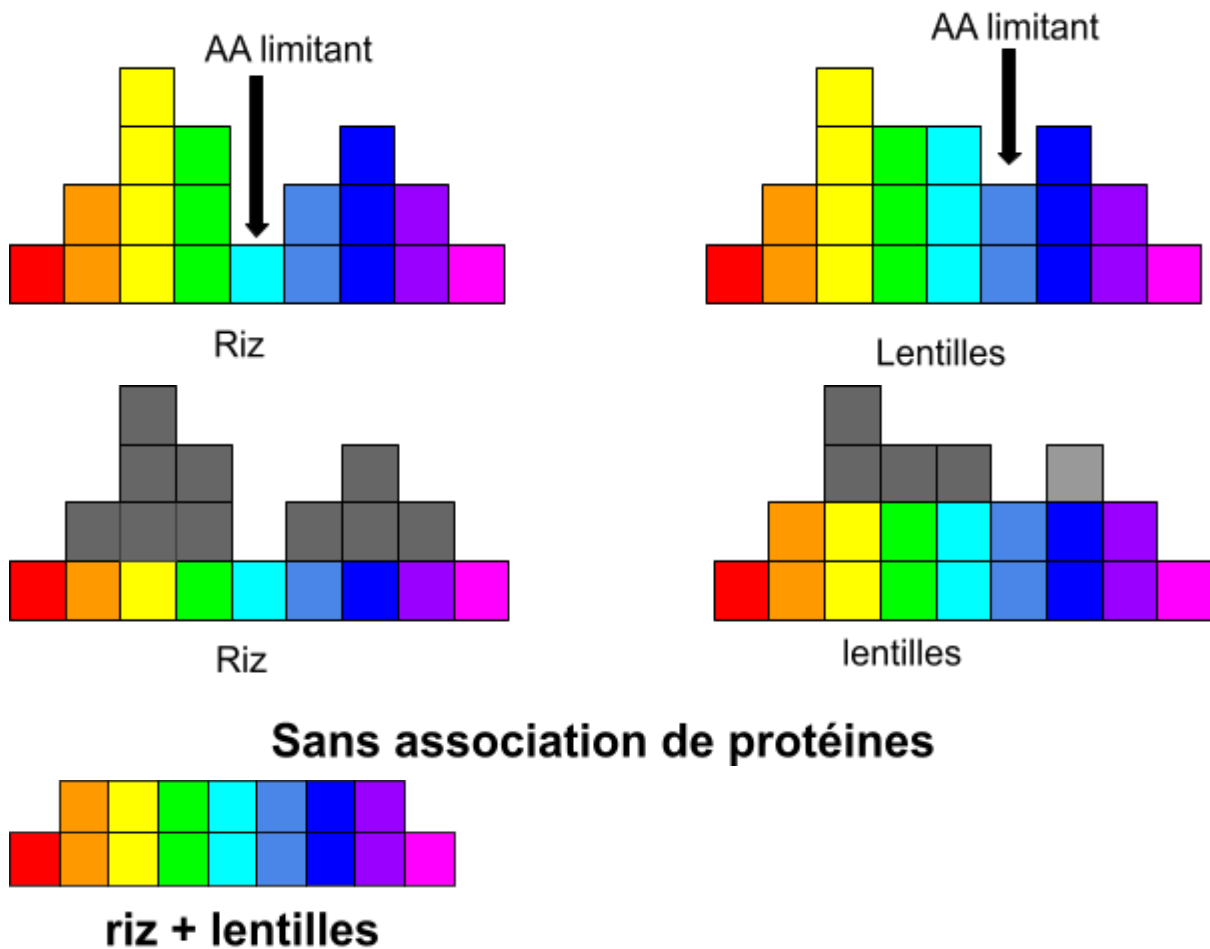


Figure 3: Profil de protéine idéal comparé aux riz et lentilles, et à l'association des 2

La figure 3 représente l'intérêt de l'association de deux sources de protéines différentes, ici le riz avec les lentilles. L'acide aminé limitant du riz est compensé par la plus grande quantité de cet acide aminé dans les lentilles de façon à obtenir un profil plus complet que le riz seul.

### 1.2.3 Résumé

Tableau 11 : Récapitulatif des indices de mesure de la qualité d'une protéine

Mesure	Formule	Définition
IC	$\frac{\text{teneur de l'AA indispensable dans la protéine alimentaire (mg/g)}}{\text{teneur du même AA dans la protéine de référence (mg/g)}}$	composition en AA
PDCAAS	$\frac{\text{IC} \times \text{digestibilité vraie}}{100}$	composition en AA et digestibilité protéique
Valeur protéique	nbr et proportion de protéine totales + nbr et proportion AA	proportion de la protéine incorporée dans les protéines de l'organisme
Valeur biologique	fraction d'azote absorbée et retenue par l'organisme	pertes urinaire d'azote aucun moyen de mesure direct
DIAAS	$\frac{\text{teneur de l'AA indispensable digestible (mg/g)}}{\text{teneur du même AA dans la protéine de référence (mg/g)}}$	composition en AA et digestibilité des AA
Digestibilité	digestibilité apparente = $\frac{(\text{ingesta} - \text{fèces})}{\text{ingesta}}$ digestibilité réelle : $\frac{(\text{ingesta} - (\text{fèces} - \text{fèces endogènes}))}{\text{ingesta}}$	différence entre l'apport en azote et la perte fécale après ingestion de cette protéine
CUD	$\frac{\text{quantité de nutriments ingérés}}{\text{quantité de nutriments absorbés après digestion}}$	rapport entre la quantité de nutriment ingérée et celle qui, une fois digérée, va être absorbée au niveau de l'intestin

#### 1.2.4 Éléments anti-nutritionnels

Les protéines végétales contenues dans les légumineuses et les céréales sont vecteurs de facteurs qualifiés d'anti-nutritionnels (17).

Ils sont divers, présents à des concentrations variables et différents d'une espèce à l'autre.

Or ces éléments ne sont pas digestibles par notre organisme. Parmi eux se trouvent des substances plus ou moins nocives qui peuvent empêcher l'assimilation des nutriments utiles ou même posséder des effets toxiques lorsqu'ils sont ingérés en trop forte quantité. Ils sont souvent en partie ou en totalité éliminés lors des procédés mis en œuvre avant consommation. Dans une alimentation diversifiée, ces éléments sont présents en trop faibles quantités pour pouvoir exercer des effets réellement délétères (18).

Parmi ces facteurs, nous retrouvons les lectines contenues dans les légumineuses et les céréales. Les lectines perturbent le fonctionnement de notre organisme en se fixant à des motifs glucidiques présents sur nos cellules. Les enzymes digestives de l'Homme sont dans l'incapacité de les dégrader. Le risque d'une exposition répétée aux lectines est que les capacités d'absorption intestinale soient diminuées du fait de l'endommagement de la muqueuse intestinale. Et qu'à long terme cela crée une inflammation chronique qui puisse entraîner des allergies ou des affections auto-immunes (19).

Le phytate, présent dans les noix, les graines et les céréales, se lie aux protéines du tube digestif, réduisant leur absorption (20).



Les saponines dissolvent les membranes des cellules, des microbes ou des tissus. Avec une alimentation diversifiée, les saponines ne présentent pas de danger particulier (21).

Les inhibiteurs enzymatiques peuvent nuire à notre digestion en entravant le travail de nos propres enzymes et en gênant l'absorption de nutriments utiles comme les vitamines et les minéraux. Les anti-trypsines en particulier, peuvent accentuer la carence en acides aminés soufrés des légumineuses. Par exemple, la trypsine, une enzyme pancréatique, est impliquée dans la dégradation des protéines. Les inhibiteurs de la trypsine dans la farine de soja crue, les haricots, les légumineuses, les céréales, les tomates et les pommes de terre entraînent une digestion des protéines moins efficace (20).

#### 1.2.5 Méthodes d'éliminations des éléments anti-nutritionnels

Ces éléments peuvent être éliminés grâce à plusieurs techniques culinaires comme le trempage, la germination, la fermentation, l'autoclavage, l'extrusion et la cuisson. La fermentation des graines avant cuisson permet de réduire l'activité de ces enzymes. La cuisson fragilise la structure de la graine, inactive les inhibiteurs de protéase et améliore la digestibilité des protéines. Ces méthodes en plus de réduire la proportion d'éléments antinutritionnels permettent également d'augmenter le PDCAAS (1).

Le trempage, la fermentation et la germination peuvent tous réduire les niveaux de phytate dans les aliments (20).

### 1.2.6 Les phyto estrogènes

Les phytoestrogènes sont produits par certaines plantes. Leur structure moléculaire est similaire à l'estradiol ( $17\beta$ -estradiol) et ont la capacité de produire des effets oestrogéniques ou anti-oestrogéniques. On les retrouve principalement dans le soja, les graines de lin mais également le son d'avoine ou d'orge. Cependant les preuves concernant les effets des phytoestrogènes sont encore mitigées malgré le grand nombre d'études. Ces études ont été analysées dans différentes revues. Dans l'une d'entre elles (19), les aliments à base de soja semblent avoir un effet bénéfique sur la santé des femmes. Selon l'analyse de la revue, la faible teneur en composés bioactifs dans les aliments à base de soja et les quantités modérées dans les préparations de soja traditionnelles offrent des avantages modestes pour la santé avec un risque très limité d'effets nocifs. Pour avoir les effets bénéfiques des isoflavones de soja, l'apport doit être d'au moins 60 à 100 mg par jour, ce qui est bien plus élevé que la consommation en France. Cependant il est important de noter que la composition des produits à base de soja diffèrent complètement les uns des autres et également des graines de soja non transformées, ce qui nécessitent une interprétation attentive des données sur l'effet du soja provenant de différents aliments à base de soja. Mais également la variation interindividuelle dans la capacité d'activation des isoflavones, les facteurs environnementaux, les méthodes de culture, de stockage, de transformation des aliments diffèrent ce qui posent des défis pour prévoir la biodisponibilité et la pharmacocinétique de phytoestrogènes. Concernant les effets comparant les phyto-estrogènes et les traitements hormonaux substitutifs, l'ANSES a publié un rapport en 2005. Les phyto-estrogènes n'ont pas ou peu d'effets sur les bouffées de chaleur, pourraient avoir un effet bénéfique limité sur l'ostéoporose et pourraient avoir un effet bénéfique limité sur la perte des fonctions

cognitives. Selon les données actuelles, les phyto-estrogènes ne sont pas associés à une augmentation de risque de cancer du sein chez l'humain. Or, chez les asiatiques, les phyto-oestrogènes diminuent ce risque de façon significative. Mais du fait des différences importantes existant entre populations caucasiennes et non caucasiennes la possibilité d'une transposition des effets est exclue. L'ANSES recommande de ne pas dépasser 1mg/kg poids corporel et par jour de phytoestrogènes. Elle déconseille les aliments à base de soja chez les enfants de moins de 3 ans et la consommation de compléments alimentaires (phyto-estrogènes purs ou extraits de plantes en contenant) et aliments enrichis chez les femmes ayant des antécédents personnels ou familiaux de cancer du sein. Toujours dans le même rapport, l'ANSES a étudié les effets d'une alimentation à base de soja sur la fonction thyroïdienne. Elle rapporte que chez l'enfant, dans 12 cas d'hypothyroïdie congénitale traitée cela a entraîné des dysfonctionnements thyroïdiens. Chez l'adulte et le nourrisson des effets indésirables ont été recensés, comme des inductions de goître et des effets variables sur les hormones T3 et T4. Concernant les interactions avec les traitements anti-thyroïdiens et les phyto-oestrogènes, plusieurs ont été observées dont l'un avec diminution de l'activité de la thyroperoxydase (22).

Une autre revue, (23), a étudié les effets des isoflavones de soja sur l'homme. Sur l'ensemble des études colligées par la revue, aucune ne rapportait d'effet indésirable sur la consommation de l'isoflavone de soja chez les femmes enceintes, les végétariens, les personnes atteintes d'un cancer du sein, de l'endomètre ou de la prostate. Cependant les données restent encore très limitées. Les études épidémiologiques et observationnelles existantes sur le soja isoflavones n'indiquent pas d'effets indésirables sur la reproduction chez les humains.

## 1.2.7 Allergie/intolérances

### Allergie

Au niveau des allergies aux protéines végétales, la directive européenne 2003/89/CE impose un étiquetage obligatoire pour 8 sources végétales : les céréales, l'arachide, le soja, les noix, le céleri, la moutarde, le sésame et le lupin. La prévalence de ces allergies varie en fonction des aliments et de l'âge (24).

En Europe, les allergies alimentaires les plus fréquentes chez les enfants sont dues aux œufs, au lait de vache et aux arachides. Chez les adultes, il s'agit des fruits frais, des arachides, des fruits secs et des légumes. Les allergies alimentaires aux végétaux représentent plus de 50% des cas allergiques. De plus, un tiers des allergiques à l'arachide ont aussi une allergie associée aux fruits secs à coque (noix, noisette, amande, noix de cajou, pistache...). Des allergies croisées parmi les légumineuses sont possibles de même qu'entre l'arachide et les fruits à coque (25).

Concernant l'allergie à l'arachide, qui touche les enfants comme les adultes (23% des allergies alimentaires des enfants, 4% des adultes), il s'agit d'un aliment très riche en protéines (globulines et albumines). L'arachine et la conarachine sont les principales globulines de l'arachide et sont extrêmement allergéniques. Une étude française a défini les caractéristiques cliniques de l'allergie à l'arachide : dermatite atopique (40%), œdème de Quincke (37%), asthme (14%), choc anaphylactique (6%) et symptômes digestifs (1,4%).

### Intolérance au gluten

Dans l'intolérance au gluten on retrouve la maladie coeliaque auto-immune (MC), l'allergie au blé et la sensibilité au gluten non coeliaque (NCGS) (26).

L'allergie au blé est provoquée par les protéines de la céréale, parmi lesquelles on retrouve les albumines, les globulines, les gliadines et les gluténines. Le blé peut provoquer des réactions allergiques à médiation IgE et non IgE. Des réactions à médiation IgE peuvent survenir soit par ingestion, soit par inhalation de blé. L'allergie au blé par ingestion IgE médiée peut se manifester par de l'urticaire, un angio-œdème, de l'asthme, des douleurs abdominales, des vomissements, une exacerbation aiguë de la dermatite atopique ou des réactions anaphylactiques (27).

## Partie 2 : Application aux populations particulières

### 2.1 Introduction

Le nombre de personnes choisissant de consommer des protéines végétales au profit des protéines animales est en constante augmentation dans notre pays. Selon une étude prospective sur les comportements alimentaires en 2025 demandée par le ministère de l'agriculture ainsi que d'autres ministères et coopératives, ils remarquent une baisse de la consommation de viande et une augmentation de la demande en protéines végétales. Dans cette étude, des statistiques de 2015 de l'IRI concernant les produits frais de la catégorie « végétarienne » en grande distribution, montrent une progression de +12,5% en volume par rapport à l'année précédente (28). D'après l'Établissement national des produits de l'agriculture et de la mer, également appelé FranceAgriMer, le taux de consommateurs de légumineuses en France est passé de 45 à 50% entre 2015 et 2017, il en est de même pour les produits à base de soja passant de 21 à 27% en deux ans (29). Selon les analyses et statistiques réalisées par Agreste en 2020, la consommation de légumes secs diminuait, mais depuis quelques années, cette dernière augmente à nouveau et dépasse 2 kg par habitant et par an en 2018-2019 (30).

Les professionnels de santé doivent pouvoir conseiller au mieux leurs patients durant toutes les étapes de la vie. Nous allons donc aborder chacune des populations ciblées et leurs caractéristiques concernant leur consommation de protéines végétales et les risques potentiels.

La position de l'*American Dietetic Association* (ADA) en 2009 est que "les régimes végétariens correctement planifiés, y compris les régimes végétariens ou

végétaliens totaux, sont sains, nutritionnellement adéquats et peuvent apporter des avantages pour la santé dans la prévention et le traitement de certaines maladies. Les alimentations végétariennes bien conçues sont appropriées à tous les âges de la vie, y compris pendant la grossesse, l'allaitement, la petite enfance, l'enfance et l'adolescence, ainsi que pour les sportifs." (31, 32). Il est important de préciser que l'ADA n'est pas une recommandation officielle et que peu de personnes partagent leurs conclusions.

Concernant les femmes enceintes, l'ADA s'est basée sur peu d'études effectuées sur les femmes végétariennes enceintes et aucune sur les femmes enceintes végétaliennes. Ces études montrent que les apports en macronutriments des femmes enceintes végétariennes sont comparables à ceux des non-végétariennes sauf pour les apports en protéines qui sont plus faibles et les apports en glucides plus élevés que les non-végétariennes. Aucune étude ne fait apparaître de différences significatives d'un point de vue clinique dans les apports en macronutriments, c'est-à-dire de déficience en protéines chez les femmes enceintes végétariennes. Concernant ces données, elles disposent du niveau limité dans la conclusion officielle de l'EAL (*Evaluation Assurance Level*). Quatre études de cohorte ont été identifiées pour examiner la relation entre l'apport maternel en macronutriments pendant la grossesse et le poids et la longueur à la naissance. Ces études ne montraient pas de différences significatives entre les bébés nés de mères végétariennes non végétaliennes et les non-végétariens. La conclusion de l'EAL est limitée. Sur la base de 10 études, seuls les micronutriments suivants présentaient un apport plus faible chez les végétariens que les non-végétariens: vitamine B12, vitamine C, calcium et zinc. Des preuves limitées provenant de sept études ont indiqué que la teneur en micronutriments d'un régime végétarien maternel équilibré

n'a pas de conséquences néfastes pour la santé de l'enfant à la naissance. Le grade était de 3 donc considérait comme limité. Les résultats d'une analyse factuelle suggèrent que les régimes végétariens peuvent être adéquats sur le plan nutritionnel pendant la grossesse et peuvent conduire à une issue positive à la naissance.

Pour les enfants lacto-végétariens, l'ADA considère leur croissance similaire à celle des non végétariens. Concernant les enfants végétaliens nous n'avons pas d'information. Quant aux enfants végétariens, certaines études montrent qu'ils seraient légèrement plus petits, mais dans les limites moyennes des normes de poids et de taille. Une faible croissance chez les enfants a principalement été observée chez ceux qui suivent un régime alimentaire très restreint. Selon une étude, les apports moyens en protéines des enfants végétariens (lacto-ovo, végétalien et macrobiotique) respectent ou dépassent généralement les recommandations . Les enfants végétaliens peuvent avoir des besoins en protéines légèrement plus élevés en raison des différences de digestibilité des protéines et de composition en acides aminés, mais ces besoins en protéines sont généralement satisfaits lorsque les régimes contiennent suffisamment d'énergie et une variété d'aliments végétaux.

Concernant les adolescents, l'ADA considère la croissance des adolescents lacto-ovo-végétariens et non végétariens similaires. Les adolescents végétariens consomment plus de fibres, de fer, de folate, de vitamine A et de vitamine C que les non-végétariens. Les principaux nutriments préoccupants pour les adolescents végétariens comprennent le calcium, la vitamine D, le fer, le zinc et la vitamine B12. Une étude récente montre plus d'ostéoporose chez l'adolescent (41).



Concernant les sportifs, l'ADA considère qu'une alimentation végétarienne peut répondre aux besoins des athlètes de compétition cependant des recherches sont nécessaires pour étudier le lien entre végétarisme et performances sportives. Selon une étude de 2006, l'alimentation végétarienne suffisamment variée (produits à base de soja, d'autres légumineuses, des céréales, des fruits à coque et des graines,) serait conforme aux besoins énergétiques des sportifs et ne nécessite pas de recourir à des aliments spéciaux ou à des suppléments.

Pour les personnes âgées, des études indiquent que les végétariens plus âgés ont des apports alimentaires similaires à ceux des non-végétariens. Cependant, les adultes plus âgés peuvent avoir des difficultés à absorber la vitamine B12 et leur production cutanée de vitamine D diminue avec le vieillissement. Et qu'ainsi la supplémentation en vitamine B12 et vitamine D est importante. Cependant à ce jour aucune étude n'a confirmé ces déclarations.

Concernant les conclusions de l'ADA, un grand nombre de leurs conclusions avait un EAL limité. Actuellement, il n'y a pas de consensus auprès des grandes associations médicales sur le sujet du végétarisme ni de recommandations à tous les stades de la vie. Une autre association, cette fois ci allemande, la société allemande de nutrition (*Deutsche Gesellschaft für Ernährung DGE*), ne recommande pas un régime végétalien pour les femmes enceintes, les femmes qui allaitent, les nourrissons, les enfants ou les adolescents. L'association recommande aux personnes souhaitant suivre un régime végétalien de se supplémenter en permanence en vitamine B12, de faire attention à un apport adéquat en nutriments, en particulier les nutriments essentiels, et éventuellement utiliser des aliments enrichis ou des compléments alimentaires. Ils devraient recevoir des conseils d'un

conseiller en nutrition et leur apport en nutriments essentiels devrait être régulièrement vérifié par un médecin (31).

## 2.2 Enfant

### 2.2.1 Les besoins

Au cours de l'enfance, les besoins nutritionnels sont les plus intenses. L'enfance est une forte période de croissance et de développement psychomoteur et intellectuel. Il est primordial de veiller à ce que leur alimentation apporte les nutriments, vitamines, sels minéraux et oligo-éléments recommandés par les spécialistes quels que soient l'âge, le sexe et le niveau d'activité physique de l'enfant. Les enfants et les adolescents sont particulièrement vulnérables et présentent un risque plus élevé d'insuffisance nutritionnelle que les adultes en bonne santé. Chez l'enfant de plus de 2 ans, l'apport quotidien en protéines doit être de 0,8 à 0,9 g par kilo (3, 34, 35).

(32) (33)

### 2.2.2 Les études

L'*American Academy of Pediatrics*, ainsi que d'autres sociétés de médecine et de diététique, considèrent qu'un régime végétalien bien planifié convient aux enfants de tous les âges, un régime végétalien mal planifié peut avoir des conséquences négatives sur la santé et la croissance des enfants (36, 37). (34) (35)

Cependant la société française de pédiatrie recommande aux enfants âgés de 1 à 18 ans la consommation de 2 portions carnées/j. Il est donc impossible de suivre en pratique les recommandations de l'*American Academy of Pediatrics*.

Certaines études, (35), montrent que les enfants végétaliens ont un apport plus élevé en fibres. Ces résultats proviennent d'une étude réalisée sur 20 enfants végétaliens (âgés de 5,8 à 12,8 ans) durant 7 jours. La croissance et le développement des enfants étaient normaux. Cependant ils avaient tendance à être plus légers et maigres par rapport aux standards. Les hauteurs étaient autour de la médiane des normes de Tanner-Whitehouse, mais étaient inférieures aux médianes récemment proposées par le ministère de la Santé. Les études divergent concernant les apports énergétiques chez les enfants végétariens, certaines montrent une densité calorique relativement faible, mais d'autres un apport énergétique suffisant. Les apports en fibres alimentaires étaient très élevés. Cependant, les régimes végétaliens restrictifs peuvent provoquer des carences énergétiques en raison de leur faible densité énergétique et de leur contenu en fibres alimentaires excessif, ce qui pose des difficultés pour l'alimentation des enfants plus petits .

D'autres études, réalisées par le GFHGNP (Groupe Francophone d'Hépatologie-Gastroentérologie et Nutrition Pédiatriques) (36) considèrent qu'un régime végétalien est inadapté chez les enfants et donc non recommandé aux populations infantiles en raison des carences graves que cela peut entraîner puisqu'il ne fournit pas l'ensemble des micronutriments indispensables.

Les besoins en protéines alimentaires des enfants végétaliens sont généralement satisfaits lorsque les régimes contiennent une énergie suffisante et une variété de produits végétaux. L'apport énergétique des enfants végétaliens était proche du niveau recommandé ou à celui de témoins non végétariens. Un régime à base de produits contenant des légumineuses et céréales fournira des sources d'énergie plus

concentrées et pourra favoriser une croissance et un développement appropriés (37).

Le problème concernant les besoins en calcium chez les enfants végétariens n'est pas encore résolu. Les résultats des études sont parfois contradictoires. Certaines études ont trouvé que chez les enfants végétariens, l'apport en calcium et la DMO étaient similaires à celles des enfants omnivores (38). Une étude comparant 53 enfants végétariens prépubères à des enfants omnivores a constaté une diminution significative des Z-scores de la DMO de la colonne vertébrale (39).

Dans la revue de 2017 des archives de pédiatrie de la Société Française de Pédiatrie (SFP), le groupe de travail multidisciplinaire a émis les recommandations suivantes pour assurer les besoins en fer : entre 1 et 6 ans, les enfants doivent ingérer au moins 300 ml/j de lait de croissance jusqu'à ce qu'ils soient en mesure de consommer 100 à 150 g/j de produits carnés, soit le plus souvent au-delà de l'âge de 3 ans. Les produits carnés sont la seule source possible de fer correctement absorbable dans la mesure où les quantités de végétaux susceptibles d'assurer les besoins en fer sont inaccessibles pour des enfants aussi jeunes. Entre 7 et 18 ans, il recommande la consommation d'un produit carné lors d'au moins 2 repas quotidiens. À cet âge, l'ingestion d'une quantité suffisante de produits carnés est le seul moyen pour assurer les importants besoins en fer. Le fer contenu dans les autres aliments consommés à cette période de la vie est très mal absorbé, les quantités nécessaires sont ainsi impossibles à atteindre pour des enfants et des adolescents . Pour pourvoir à leurs besoins en fer, les enfants de 7 à 11 ans devraient ingérer 200 g/j de produits carnés, les adolescents 320 g/j et les adolescentes 430 g/j (40). En pratique, peu d'enfants et d'adolescents consomment

les proportions nécessaires de viandes pour assurer leurs besoins en fer. Il s'agit de données théoriques pour que les adolescents ne soient pas carencés en fer. Les adolescents consommant moins de quantités de produits ne sont pas pour autant carencés. Cela s'expliquerait par un mécanisme de l'organisme, en effet, l'ingestion insuffisante de fer et la carence martiale entraînent une diminution de la sécrétion d'une hormone inhibant l'absorption intestinale du fer.

### 2.2.3 Mise en garde : les jus végétaux

Une attention toute particulière est à porter sur les boissons végétales qui au niveau de la quantité de protéine peuvent se rapprocher de celle du lait de vache mais concernant la qualité nutritionnelle des vitamines et minéraux ne l'est pas.

*Tableau 12 : Composition des boissons végétales pour 100 ml (sans calcium ajouté)*

Nutriment	Lait de ½ écrémé	Boissons végétales					
		Soja	Amande	Avoine	Riz	Noisette	Coco
Calorie (kcal)	51,6	54	44	51	58	58	176
Protéines (g)	3,4	3,3	0,8	1,5	0,2	0,5	1,7
Lipides (g)	1,9	1,8	1,9	1,8	1	2,7	1,8
Glucides (g)	4,9	6	1,9	6,8	9,4	6	1,7
Fibres (g)	0	0,6	0	1,4	1,3	0,3	0,2
Calcium (mg)	123	7,5	nd	nd	2,4	nd	16

Comme le montre le tableau 12, les jus végétaux sont presque équivalents en teneur en lipides que le lait demi-écrémé. Cependant, la teneur en calcium des jus végétaux est très faible par rapport au lait demi-écrémé. Le jus de soja en contient 7,5 mg et le jus de riz 2,4 mg tandis que le lait demi-écrémé plus de 100 mg.

## 2.3 Femmes enceintes

### 2.3.1 Besoins

Dès les premières semaines de grossesse, le corps s'adapte afin de mettre de côté ce qu'il faut pour le bébé. La quantité de protéines utilisées par le bébé augmente au fil des mois : 0.7g/jour au premier trimestre, 3 g/jour au deuxième trimestre et 6 g/jour au troisième trimestre. Chez la femme enceinte, quel que soit son poids, les apports journaliers recommandés pour les protéines sont de 60 g (32).

Le respect des recommandations peut être atteint avec une alimentation variée contenant des produits végétaux compensant la valeur nutritionnelle des produits animaux.

### 2.3.2 Etudes

Une revue a analysé plusieurs recherches sur les femmes enceintes végétariennes. La recherche montre que les nourrissons nés de mères végétariennes naissent à terme et ont un poids de naissance normal. Le régime végétarien n'est pas associé à la naissance prématurée ou un SGA ( nouveau-né dont le poids ou la taille est inférieure aux standards) si les exigences sont remplies. Cependant il y a un risque accru d'hypospadias chez les garçons (41).

Cette revue s'est basée sur une dizaine d'études après avoir analysé un très grand nombre d'articles. Cinq études ont montré un poids inférieur à la naissance chez les enfants de mères végétariennes qui était significatif dans une étude, non significatif dans deux études, n'a pas été rapportée dans deux études. Les différences vont de 20 à environ 200 g, mais la pertinence clinique de ces différences est incertaine. À l'inverse, le poids et la taille à la naissance étaient plus élevés chez les enfants de mères végétariennes dans deux études, mais pas significativement dans une. Aucune des deux études n'a été ajustée en fonction de l'âge gestationnel et du sexe, rendant ainsi la mise en commun significative des données presque impossible. L'absence de données sur les dommages potentiels ne signifie pas qu'il n'y a pas de risque de dommage. Actuellement, aucun des articles n'a rapporté un risque accru d'événements indésirables liés à la grossesse, sauf le risque accru d'hypospadias chez les garçons cité ci-dessus.

Malgré tout, les études et les preuves restent encore faibles, le manque de données préconisent d'avertir des risques liés aux régimes végétaliens et végétariens aux femmes enceintes.

## 2.4 Personnes âgées

### 2.4.1 Besoins

Chez les personnes âgées, l'apport nutritionnel en protéines conseillé se situe entre 1 et 1,2g/kg/j (44-46). (42) (43) (44)

En vieillissant, les besoins nutritionnels en protéines augmentent. Chez les personnes âgées plusieurs facteurs (perte d'autonomie, appétit, goût...) peuvent expliquer qu'il existe un risque qu'elles ne couvrent plus leurs besoins. Avec les années, le capital musculaire est érodé et une plus grande quantité de protéines est nécessaire pour le préserver. Les acides aminés apportés par l'alimentation sont de puissants stimulateurs de la synthèse protéique. Cet apport doit être défini aussi bien par sa quantité que par sa qualité, c'est-à-dire par sa composition en acides aminés. Sa répartition journalière joue également un rôle important. Un apport insuffisant de protéines peut être à l'origine d'une dénutrition, d'une perte d'autonomie ou d'une diminution du muscle squelettique. Les données de l'enquête continue de 1996 sur l'apport alimentaire des individus ont montré que  $\approx 40\%$  des hommes et des femmes âgés de 70 ans et plus consommaient  $< 100\%$  de l'apport alimentaire recommandé (ANC) en protéines. En plus de consommer des quantités inadéquates de protéines alimentaires totales, les personnes âgées peuvent courir le risque de consommer des protéines animales inadéquates, une source de protéines de haute valeur biologique, en raison de facteurs liés à l'âge, notamment le coût, la difficulté à mâcher, le goût, la peur de consommer des graisses, et l'intolérance perçue de certains aliments (45).

Le vieillissement a été associé à une baisse progressive de la masse musculaire squelettique et semble être en partie dû à une plus grande résistance anabolique du tissu musculaire squelettique à l'ingestion de protéines alimentaires. Étant donné l'importance de la masse musculaire squelettique pour la santé métabolique et le fonctionnement physique, les stratégies visant à améliorer la sensibilité du tissu musculaire squelettique aux propriétés anaboliques des protéines d'origine végétale pourraient être particulièrement intéressantes pour les populations vieillissantes.



Une plus grande proportion de l'apport quotidien en protéines provenant de sources animales ou végétales est associée à un meilleur maintien musculaire chez les individus plus âgés et plus cliniquement fragilisés (12).

Selon plusieurs études (48, 49), divers événements vont progressivement altérer la synthèse protéique musculaire post-prandiale au cours du vieillissement. Comme vu précédemment la diminution involontaire des apports en protéines dus à une diminution de l'appétit, de l'appétence pour les aliments riches en protéines, ou des troubles de la mastication, mais également la réduction de l'activité physique. et la réduction du flux sanguin capillaire au niveau des muscles. (46) (47)

Avec l'âge, l'extraction splanchnique des acides aminés ingérés est augmentée. C'est -à -dire qu'une grande partie des acides aminés sont utilisés par les tissus traversés lors de ce trajet et n'atteignent pas la périphérie. Les acides aminés issus de l'alimentation rejoignent la circulation générale en passant par la veine porte puis le foie (48).

Différentes stratégies sont évoquées pour pallier ces événements. Comme une augmentation de l'apport en protéines, compléter l'alimentation avec des acides aminés qui sont particulièrement impliqués dans la synthèse des protéines musculaires (par exemple: la leucine), et/ou modifier la chronologie de la consommation quotidienne de protéines. Une étude a montré que l'ingestion de 80% des apports protéiques quotidiens au cours du repas de midi conduit à une amélioration de la synthèse protéique, mais aucun effet sur la masse ou la fonction, par comparaison avec un apport réparti sur l'ensemble des repas. Certaines données montrent qu'une alimentation riche en leucine peut restaurer la stimulation de la synthèse des protéines musculaires chez les hommes âgés. La leucine joue un rôle majeur dans le contrôle de la synthèse protéique et elle est sujette à la

séquestration splanchnique. Mais également enrichir l'alimentation en protéines rapidement digestibles. En effet, ces protéines peuvent améliorer l'utilisation des acides aminés après les repas et stimuler la synthèse des protéines postprandiales (50).

#### 2.4.2 Etudes

Chez les personnes âgées, la stimulation maximale de la SPM postprandiale a tendance à être obtenue avec l'ingestion de plus grandes quantités de protéines d'origine animale de haute qualité (> 35–40 g). Étant donné la faible teneur en leucine des sources de protéines végétales, des quantités substantielles (> 40 g) d'une source de protéines végétales devraient théoriquement être ingérées pour maximiser les taux de SPM postprandiales chez les personnes âgées. Il est évident que consommer une si grande quantité de protéines en un seul repas est loin d'être pratique. Par conséquent, une simple augmentation de la quantité de protéines alimentaires consommée par repas n'est pas la solution la plus réaliste au problème, en particulier dans un contexte plus clinique où la prise alimentaire est compromise (12).

Une expérience réalisée sur 12 femmes âgées dans le but d'étudier l'effet de l'alimentation par repas et l'effet de la source et de la quantité de protéines sur le métabolisme des protéines du corps entier a été effectuée. Les femmes ont consommé 3 régimes différents en quantité et en source de protéines : régime A: 5,3% de l'apport énergétique fourni par les protéines animales et 5,0% par les protéines végétales; régime B: 14,5% de l'énergie apportée par les protéines animales et 5,1% par les protéines végétales; régime C: 5,0% de l'énergie apportée par les protéines animales et 15,1% par les protéines végétales. Les régimes ont été

consommés pendant 2 semaines avec un intervalle de 2 semaines entre les régimes. À la fin de chaque période alimentaire, le bilan azoté et le renouvellement des protéines ont été mesurés. Le renouvellement des protéines a été mesuré pendant 4 h de jeûne suivi de 4 h d'alimentation. Des comparaisons ont été faites entre les périodes de jeûne et d'alimentation (au sein d'un régime) et entre les régimes pour étudier l'effet de la source et de la quantité de protéines. Le bilan azoté moyen ne différait pas significativement de zéro pendant les régimes B et C et n'était pas affecté par la source de protéines. Les repas ont entraîné une augmentation du flux de protéines et de l'oxydation des protéines et une diminution de la dégradation des protéines par rapport aux valeurs post-absorbantes; il n'y avait aucun effet de l'alimentation sur la synthèse des protéines. Avec le régime riche en protéines végétales, la dégradation des protéines à l'état d'absorption n'a pas été inhibée dans la même mesure que pendant le régime riche en protéines animales, ce qui a entraîné une synthèse protéique nette moindre pendant le régime riche en protéines végétales que pendant le régime élevé (un régime à base de protéines animales) (49).

Une étude réalisée chez l'Homme dont l'objectif est d'examiner si la source prédominante de protéines consommée par les hommes plus âgés influençait les mesures de la taille et de la force musculaires, de la composition corporelle, de la dépense énergétique au repos et des concentrations de créatine musculaire squelettique en réponse à 12 semaines d'entraînement résistif. Après avoir consommé un régime lacto-végétarien pendant 2 semaines, 21 hommes âgés de  $65 \pm 5$  ans ont été randomisés pour soit consommer un régime contenant de la viande de bœuf, soit continuer le régime lacto-ovo-végétarien tout au long de l'entraînement résistif. Le régime alimentaire comprenait 0,6 g de protéines /kg/ j de bœuf et le

régime lacto-ovo-végétarien comprenait 0,6 g de protéines kg/j provenant de sources de protéines végétales texturées (soja). Les protéines restantes dans les régimes provenaient de sources lacto-ovo-végétariennes auto-sélectionnées. L'apport protéique total moyen pour les deux groupes variait de 1,03 à 1,17 g/kg/j pendant l'intervention. Les hommes des deux groupes ont eu des améliorations (14 à 38%) de la force dynamique maximale de tous les groupes musculaires entraînés sans différence significative entre les groupes. Avec un entraînement résistant, la surface musculaire transversale du vastus lateralis a augmenté dans les deux groupes ( $4,2 \pm 3,0\%$  et  $6,0 \pm 2,6\%$  pour les groupes LOV et BC, respectivement) sans différence significative entre les groupes. La composition corporelle, la dépense énergétique au repos et les concentrations de créatine musculaire, de phosphocréatine et de créatine totale ne différaient pas de manière significative entre les groupes ou ne changeaient pas avec le temps. Ces données suggèrent que l'augmentation de la force musculaire et de la taille n'a pas été influencée par la principale source de protéines consommée par les hommes plus âgés avec un apport total adéquat en protéines (51).

## 2.5 Sportifs

### 2.5.1 Besoins

Selon le rapport de l'Anses en 2007, pour les athlètes confirmés dans les disciplines de force, les apports nutritionnels conseillés en protéines peuvent être estimés entre 1,3 et 1,5 g/kg/j de protéines de bonne qualité. Pour les sportifs dont le but est de développer la masse musculaire, les apports ne devraient pas dépasser 2 à 3 g/kg/j pendant des périodes ne dépassant pas 6 mois et sous contrôle médical et diététique. Pour les athlètes d'endurance les besoins en protéines peuvent être

évalués entre 1,5-1,7 g/kg/jour. Pour les sportifs de force (ex. haltérophiles), si le but est le maintien de la masse musculaire, l'objectif est l'obtention d'un bilan azoté équilibré avec des apports de sécurité estimés à 1-1,2 g/kg/j (52).

La Société internationale de nutrition sportive (ISSN) recommande que les besoins énergétiques soient ajustés en fonction du niveau d'activité, de la masse corporelle et du mode d'exercice pour satisfaire les besoins de l'individu (53).

*Tableau 13 : Besoin en protéines en fonction de l'activité sportive selon l'expertise du Pr Xavier Bigard (54)*

Pratique sportif	Besoin en g/kg/j
Sport de loisir (1 à 3 séances de sport par semaine)	0,83 g (similaire à un adulte sédentaire)
Endurance (4 ou 5 séances d'au moins 1 heure par semaine)	1,1 g
Endurance de très haut niveau	1,6 g
Force (entretien de la masse musculaire)	1,3 à 1,5 g
Force (augmentation de la masse musculaire)	2 à 2,5 g

Sur le tableau 13 nous pouvons remarquer qu'en fonction de l'activité sportive les besoins en protéines par jour varient, allant de 1,1g/kg/j pour un sport d'endurance à 2,5g/kg/j pour un travail de force.

L'académie de nutrition et diététique américaine, les diététiciens du Canada et la société américaine de médecine du sport recommandent pour tous les sportifs un apport en protéines compris entre 1,2 et 2,0 g/kg/jour (55).

La recommandation de combiner des sources de protéines à chaque repas pour obtenir un profil complet d'acides aminés essentiels n'est plus considérée comme nécessaire.

### 2.5.2 Etudes

Actuellement peu d'études existent sur les sportifs et la consommation de protéines végétales.

Une étude (13) a montré que les graines de soja ont un score PDCAAS élevé de 0,91 et sont à égalité avec la viande de bœuf, qui obtient un score de 0,92. Cependant, l'étude a démontré que la viande de bœuf est supérieure pour stimuler la MPS postprandiale par rapport à une quantité isoazoté d'un substitut de viande de bœuf à base de soja malgré un PDCAAS très proche. Il en est de même pour la comparaison entre les protéines de soja isolées aux protéines laitières qui malgré un PDCAAS similaire diffèrent dans leur capacité à stimuler les MPS à la fois au repos et après l'exercice.

Une revue de 2018 (20) a examiné la littérature sur les différences entre les régimes à base de plantes et à base de viande en ce qui concerne les performances. Dans cette revue, toutes les études examinant un régime végétarien et la performance des exercices de force, anaérobie et aérobie n'ont montré aucune différence de force, de performance anaérobie ou aérobie avec un régime à base de viande. Une autre étude réalisée sur des athlètes (masculins) d'endurance, a examiné l'impact sur les performances de suivre un régime végétarien pendant 6 semaines. Les régimes mixtes comprenaient 58% des calories provenant des glucides, 27% des lipides et 15% des protéines quant aux régimes végétariens : 58% d'énergie provenant des

glucides, 28% des lipides et 14% des protéines. Le pourcentage de l'apport énergétique total en protéines, glucides, lipides est exprimé en pourcentage par rapport à l'apport énergétique total était exprimé en kcal/jour. La composition en acides aminés du régime n'était pas significativement différente entre les groupes. Pour évaluer l'endurance à l'effort, les participants ont été testés soit sur un vélo ergomètre, soit un tapis roulant à une charge de travail correspondant à 100 à 120 battements de fréquence cardiaque par minute. Toutes les 15 minutes, la charge de travail augmentait, correspondant à 10 à 15 bpm supplémentaires. Cela s'est poursuivi jusqu'à l'épuisement et le temps jusqu'à l'épuisement a été utilisé comme indicateur de la capacité d'endurance à l'exercice. La contraction volontaire maximale et l'endurance isométrique à 35% de la contraction volontaire maximale pour les fléchisseurs du coude et les quadriceps ont été déterminées par une jauge de contrainte lorsque le participant était assis debout. Lors d'un régime végétarien, il n'y avait aucune différence significative dans la consommation maximale d'oxygène, le temps d'épuisement du test d'endurance, la contractilité volontaire maximale ou l'endurance isométrique entre les deux groupes.

D'autres chercheurs ont rapporté qu'un régime végétalien pourrait offrir des avantages potentiels pour les performances sportives. Les végétaux sont riches en antioxydants (polyphénols), micronutriments (vitamine C, E) et glucides. Ces protéines végétales aideraient à l'entraînement et amélioreraient la récupération. L'exercice produit des radicaux libres, or les antioxydants présents dans les fruits et légumes aident à neutraliser les radicaux libres. Ainsi, il a été émis l'hypothèse qu'un régime à base de plantes riche en fruits et légumes pourrait aider à lutter contre la production de radicaux libres générée pendant l'exercice. Pour explorer cette affirmation, des chercheurs ont réalisé une revue de la littérature sur ce sujet. Bien

que les végétariens et les végétaliens consomment généralement plus d'antioxydants tels que les vitamines C, E et le bêta-carotène, cela ne s'est pas définitivement traduit par un statut antioxydant plus élevé et une réduction des niveaux de stress oxydatif en réponse à l'exercice. La plupart des études ont simplement examiné l'apport en nutriments et n'ont pas pris en compte l'effet sur le stress oxydatif induit par l'exercice, qui est un domaine clé pour de futures recherches (19).



## Partie 3 : Mise en application à la pharmacie : les denrées alimentaires destinées à des fins spéciales

### 3.1 Denrées alimentaires destinées à des fins spéciales : lait infantile avec protéine végétale

Actuellement sur le marché il existe plusieurs laits infantiles à base de protéines végétales. Nous pouvons citer bébé Mandorle® riz, Prémiriz®, Novalac® riz, Novalac® riz AR, Picot pepti-junior®, Modilac® riz.

Nous allons étudier la composition du lait infantile NOVALAC® riz. NOVALAC® riz est un aliment diététique à base de protéines de riz hydrolysées, défini comme une DADFMS. Ce lait a été créé pour les enfants en bas âge allergiques aux protéines de lait de vache (APLV) et/ou d'intolérants au lactose. La formule du lait NOVALAC® riz est adaptée aux nourrissons dès leur naissance. Jusqu'à 6 mois il peut être utilisé comme seule source d'alimentation, par contre au-delà de 6 mois jusqu'à l'âge de 3 ans il doit être associé à alimentation diversifiée. Il s'agit d'une composition 100 % végétale contenant les nutriments nécessaires à une croissance optimale. A savoir que ce lait convient à tous les bébés, allergiques ou non, en leur assurant une croissance complètement normale.

Au niveau des ingrédients nous retrouvons zéro lactose. Celui-ci est remplacé par un autre sucre, le maltodextrine, issu de végétaux. De même pour les protéines du lait de vache qui sont remplacées par un hydrolysate de protéines de riz. La protéine de riz est choisie pour sa bonne digestibilité (environ 88%), sa forte teneur en protéine, et son hypoallergénicité. Il est fabriqué à partir de concentré de protéines de riz traité par hydrolyse enzymatique des protéines. Cette technique repose sur

une enzyme venant couper la protéine de riz en molécules de plus petites tailles dans le but de diminuer son allergénicité. Cependant cette méthode ne modifie pas les propriétés nutritionnelles de la protéine. Les enzymes utilisées sont ensuite dénaturées par traitement thermique pour ne pas apparaître dans le produit fini. Les protéines de riz sont déficitaires en lysine, tryptophane et cystéine, ces acides aminés sont donc rajoutés dans la composition du lait. Le reste des ingrédients est semblable au lait infantile à base de protéine lait de vache. Depuis février 2020, l'Autorité européenne de sécurité des aliments impose que les laits infantiles 1er et 2ème âge doivent être obligatoirement supplémentés en DHA (acide docosahexaénoïque). L'apport doit être de 20 à 50 mg/ 100 Kcal. Cette nouvelle réglementation s'appuie sur des études scientifiques qui ont démontré qu'une supplémentation est associée à de meilleures capacités cognitives à 18 mois (56). Quant à l'ARA (acide arachidonique) il n'existe pas de réglementation mais beaucoup de fabricants supplémentent leurs laits infantiles. L'ARA a également un rôle dans le développement cérébral du nourrisson et du petit enfant.

La Société française de pédiatrie (57) et le DRACMA (*Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy*) recommandent l'utilisation des hydrolysats de protéines de riz uniquement en cas de refus des hydrolysats poussés de PLV (58). L'Anses (59) reconnaît d'ailleurs les laits végétaux infantiles comme parfaitement adaptés aux bébés.

Tout comme les laits infantiles à base de lait de vache, les laits végétaux sont enrichis en acides aminés, minéraux et vitamines. En termes de qualité et d'apport nutritionnel, les laits infantiles végétaux sont comparables aux laits infantiles à base

de lait de vache. Les laits infantiles pour une même valeur énergétique, doivent contenir une quantité disponible de chacun des acides aminés indispensables au moins égale à celle contenue dans la protéine de référence, celle du lait maternel.

Tableau 14 : Comparaison de la composition nutritionnelle du lait NOVALAC® riz avec le lait NOVALAC®1 et le lait maternel

	Réglementation (100kcal)	Lait novalac riz (100kcal)	Novalac® 1 (100kcal)	Lait maternel (100ml)
Apport énergétique (kcal/100ml)	60-70	68,1	66	60 - 70
Apport protéique (g/100kcal)	1,8 - 3	2,7	2,2	0,9 – 1,2
Apport lipidique (g/100kcal)	4,4 - 6	5,1	5	3 – 4
Apport glucidique (g/100kcal)	9 - 14	10,9	11,4	6,8 – 7,5
Sel/sodium g/mg	/ 20-60	0,1/39,7	0,07/ 29,7	/10 - 20
Vitamines				
A (µg ER)	60 - 180	89,2	89	203
B1 (µg)		79,3	79,1	180
B2 (µg)		158,7	158,1	30
B6 (µg)	35 - 175	59,5	59,3	60
B12 (µg)	0,1 – 0,5	0,3	0,3	0,1
C (mg)	10 - 30	11,9	11,9	3,8
D3 (µg)	1-2,5	1,5	1,5	2-3 (UI)
E (mg α-ET)	0,5 – 5	2,2	1,7	0,35
K1 (µg)	4 – 25	5,9	5,9	0,2
Niacine (mg)	0,3 – 1,5	0,9	0,9	0,23
Acide pantothénique (mg)	0,4 - 2	0,5	0,5	0,26
Acide folique (µg)	10 - 50	11,9	11,9	5,2
Biotine (µg)	1,5 – 7,5	3	3	0,8
Minéraux				
Potassium (mg)	60 - 160	99,2	92,9	55
Chlore (mg)	50 - 160	69,4	59,3	45
Calcium (mg)	50-140	89,2	75,1	25 - 50
Phosphore (mg)	25 - 90	49,6	45,5	15
Magnésium (mg)	5 - 15	8,9	8,9	3,5
Fer (mg)	0,6 – 2	1,1	1,2	0,05
Zinc (mg)	0,5 – 1,5	1	0,9	1,1
Iode (µg)	10 – 50	12,9	12,8	
Cuivre (µg)	35 – 100	69,4	69,2	
Manganèse (µg)	1 – 100	19,8	6,9	
Sélénium (µg)	1 – 9	2,2	2	
Fluor (µg)	- 100	<90	<67	
Chrome (µg)	-	4,6	-	
Molybdène (µg)		4,6	-	
Autres nutriments (mg)				
Choline	7 - 50	11,9	11,9	
Inositol	4 - 40	5	4,9	
Taurine	<12	8,7	8,7	
L-carnitine	Au moins 1,2	1,6	1,6	
Nucléotides	<5	4,7	-	

## 3.2 Compléments nutritionnels oraux

### 3.2.1 Définition

Les CNO sont des produits alimentaires ayant pour but d'apporter à l'alimentation normale un complément protéino-énergétique. Ils sont classés parmi les denrées alimentaires destinées à des fins médicales spéciales (DADFMS).

Les CNO sont composés de protéines, lipides, glucides, oligo-éléments, vitamines et minéraux. Cette composition est variable en fonction de l'indication. La densité énergétique varie de 1 à 2 kcal/unité. La teneur en protéine par portion se situe entre 6 et 20 grammes. D'autres composants peuvent varier comme la teneur en gluten, lactose ou fibres (59, 60). (60) (61)

Les fabricants commercialisent ces produits sous différentes gammes. Les compléments se différencient par leur texture. Le choix de la texture doit être adapté aux éventuelles difficultés de déglutition identifiées chez le patient. Nous retrouvons les potages, boissons lactées, jus de fruits, plats mixés, bouillies, compotes, crèmes, biscuits, des plats des poudres concentrées en protéines destinées à enrichir les repas du quotidien. Leur goût : sucré, salé, neutre, pour chaque catégorie, une large palette d'arômes est généralement disponible. Le choix du goût par le patient est un facteur essentiel pour l'observance. Le conditionnement aussi s'expose sous différentes formes, allant des bouteilles possédant une paille pour faciliter l'administration aux briquettes ou poudres à diluer.

La HAS (62) a déterminé sept groupes, en fonction des apports en calories et en protéines, pour classer la centaine de produits existant à ce jour.

Le premier groupe concerne les compléments les plus utilisés, les moins coûteux et qui conviennent à la majorité des malades, ce sont les mélanges isocaloriques normoprotéinés. Ils apportent 100 à 125 kcal/100 mL ou /100g, et contiennent, pour la plupart, des électrolytes, des vitamines et des oligo-éléments.

Le second groupe : les mélanges isocaloriques hyperprotéinés, apportent entre 100 et 141 kcal/100 mL ou /100g. Un produit hyperprotéiné signifie que sa concentration en protéines est supérieure ou égale à 7 g/100 mL ou /100 g, ou que les protéines représentent 20 % ou plus des apports énergétiques totaux.

Le troisième groupe correspond aux mélanges hypercaloriques normoprotéinés, destinés aux patients hypercataboliques, contenant au moins 150 kcal/100 mL ou /100 g. Ils ont des apports azotés et une osmolarité un peu supérieurs aux produits standards.

Le quatrième groupe, le plus utilisé en pharmacie d'officine, comporte les mélanges hypercaloriques hyperprotéinés. Ils ont les mêmes caractéristiques que les précédents sauf en ce qui concerne l'apport azoté qui est nettement supérieur à celui des produits standard.

Les deux groupes cités précédemment sont dit hypercalorique, c'est-à-dire que leur densité énergétique est supérieure ou égale à 1,5 kcal/mL ou /g.

Le cinquième groupe comprend les lipides seuls et hydrolysats glucidiques.

Les protéines seules font partie du sixième groupe.

Quant au septième groupe, il s'agit de celui des produits divers.

Tableau 15 : Exemples de DADFMS

Isocalorique normoprotéiné	MODULEN IBD ® , FRESUBIN original ® poche, SONDALIS ® standard
Isocalorique hyperprotéiné	IMPACT ® enteral
Hypercalorique normoprotéiné	CLINUTREN ® fruit, FRESUBIN ® juicy, FORTIMEL ® jucy
Hypercalorique hyperprotéiné	CLINUTREN ® hp/hc, FORTIMEL ® extra, RENUTRYL ® concentré, RENUTRYL ® booster, CLINUTREN ® dessert gourmand
Lipide seul et hydrolysats glucidique	CLINUTREN ® preload
Protéine seule	CLINUTREN ® instant protein , PROTIFAR ® , FRESUBIN ® protein

### 3.2.2 Réglementation

#### 3.2.2.1 Règles de prescription

Les CNO peuvent être remboursés, dans ce cas ils doivent apparaître sur la prescription du patient et faire partie du traitement médical. Les CNO ne sont pas indiqués ni pris en charge dans le cadre d'un régime amaigrissant, ni dans le cadre d'une alimentation hyperprotéinée du sportif. Les conditions de prise en charge des CNO concernent les adultes de moins de 70 ans ayant une perte de poids égale ou supérieure à 5 % en 1 mois ou supérieure ou égale à 10 % en 6 mois , ou indice de masse corporelle (IMC) inférieur à 18,5. Pour les adultes de plus de 70 ans, une perte de poids supérieure ou égale 5 % en 1 mois ou supérieure ou égale à 10 % en 6 mois, ou IMC inférieur 21. ou *mini nutritional assessment* (MNA) de 17 /30.

Un patient se présentant à l'officine avec une ordonnance concernant la première délivrance recevra maximum 10 jours de traitement. A la fin de la période de 10 jours, le pharmacien évaluera l'observance du patient. En cas de mauvaise observance, le pharmacien cherchera la raison, pour trouver la forme du CNO la mieux adaptée au patient. Une fois le complément choisi, la prescription se poursuit normalement. L'ordonnance peut être rédigée pour 3 mois maximum, la primo prescription pour 1 mois seulement. Une visite de réévaluation chez le médecin est nécessaire après ce délai. Lors de cette visite, le prescripteur contrôle l'évolution de la pathologie, le poids, l'état nutritionnel, le niveau des apports spontanés par voie orale, la tolérance et l'observance du CNO par le patient. La HAS (50) recommande aux professionnels de santé de surveiller le poids une fois par semaine, les apports alimentaires soit au moyen d'un questionnaire ou d'un calcul précis des ingesta des personnes âgées dénutries. L'efficacité de la renutrition peut aussi être évaluée avec le dosage de la transthyrétine.

*Tableau 16 : Recommandations des apports alimentaires en fonction du statut nutritionnel selon la HAS*

		Statut nutritionnel		
		Normal	Dénutrition	Dénutrition sévère
Apports alimentaires spontanés	Normaux	Surveillance	Conseils diététiques Alimentation enrichie Réévaluation <sup>1</sup> à 1 mois	Conseils diététiques Alimentation enrichie et CNO Réévaluation <sup>1</sup> à 15 jours
	Diminués mais supérieurs à la moitié de l'apport habituel	Conseils diététiques Alimentation enrichie Réévaluation <sup>1</sup> à 1 mois	Conseils diététiques Alimentation enrichie Réévaluation <sup>1</sup> à 15 jours et si échec : CNO	Conseils diététiques Alimentation enrichie et CNO Réévaluation <sup>1</sup> à 1 semaine et si échec : NE
	Très diminués, inférieurs à la moitié de l'apport habituel	Conseils diététiques Alimentation enrichie Réévaluation <sup>1</sup> à 1 semaine, et si échec : CNO	Conseils diététiques Alimentation enrichie et CNO Réévaluation <sup>1</sup> à 1 semaine et si échec : NE	Conseils diététiques Alimentation enrichie et NE d'emblée Réévaluation <sup>1</sup> à 1 semaine

**1. La réévaluation comporte :**

- le poids et le statut nutritionnel ;
- la tolérance et l'observance du traitement ;
- l'évolution de la (des) pathologie(s) sous-jacente ;
- l'estimation des apports alimentaires spontanés (ingesta).



Tableau 17 : Suivi de la dénutrition chez la personne âgée selon la HAS

SUIVI EN CAS DE DÉNUTRITION CHEZ LA PERSONNE ÂGÉE

	Outils	Fréquence
<b>Poids</b>	Pèse-personne adapté à la mobilité du malade	1 fois/semaine
<b>Apports alimentaires</b>	Méthode simplifiée « semi-quantitative » ou calcul précis des ingesta sur 3 jours ou au moins sur 24 heures	Lors de chaque évaluation (voir « Stratégie de prise en charge nutritionnelle d'une personne âgée »)
<b>Albumine</b>	Dosage de l'albuminémie (sauf si albuminémie initiale normale)	Au plus 1 fois/mois

Tableau 18 : Modalité de la prise en charge nutritionnelle chez la personne âgée selon la HAS

MODALITÉS DE LA PRISE EN CHARGE NUTRITIONNELLE

<b>Les conseils nutritionnels</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respecter les repères du Programme national nutrition santé (PNNS)</li> <li>• Augmenter la fréquence des prises alimentaires dans la journée</li> <li>• Éviter une période de jeûne nocturne trop longue (&gt; 12 heures)</li> <li>• Privilégier des produits riches en énergie et/ou en protéines et adaptés aux goûts du patient</li> <li>• Organiser une aide au repas (technique et/ou humaine) et favoriser un environnement agréable</li> </ul>
<b>L'enrichissement de l'alimentation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il consiste à enrichir l'alimentation traditionnelle avec différents produits de base (poudre de lait, lait concentré entier, fromage râpé, œufs, crème fraîche, beurre fondu, huile ou poudres de protéines industrielles, pâtes ou semoule enrichies en protéines...).</li> <li>• Il a pour but d'augmenter l'apport énergétique et protéique d'une ration sans en augmenter le volume.</li> </ul>
<b>Les compléments nutritionnels oraux</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ce sont des mélanges nutritifs complets administrables par voie orale, hyperénergétiques et/ou hyperprotidiqes, de goûts et de textures variés.</li> <li>• Les produits hyperénergétiques (<math>\geq 1,5</math> kcal/ml ou g) et/ou hyperprotidiqes (protéines <math>\geq 7,0</math> g/ 100 ml ou 100 g, ou protéines <math>\geq 20</math> % de l'AET) sont conseillés.</li> <li>• Ils doivent être consommés lors de collations (à distance d'au moins 2 h d'un repas) ou pendant les repas (en plus des repas).</li> <li>• L'objectif est d'atteindre un apport alimentaire supplémentaire de 400 kcal/jour et/ou de 30 g/jour de protéines (le plus souvent avec 2 unités/jour).</li> <li>• Les CNO doivent être adaptés aux goûts du malade, à ses éventuels handicaps.</li> <li>• Il est nécessaire de veiller à respecter les conditions de conservation (une fois ouvert, 2 h à température ambiante et 24 h au réfrigérateur).</li> </ul>

Les compléments nutritionnels oraux sont prescrits dans le but de compléter une alimentation trop faible en apport nutritionnel. Ils doivent être pris de façon temporaire. L'objectif est avant tout de lutter contre la perte de poids ou les apports

alimentaires insuffisants. Par ailleurs, les CNO ne doivent, le plus souvent, pas se substituer à l'alimentation orale. Celle-ci doit être maintenue et favorisée.

L'objectif de supplémentation d'apport alimentaire pour les personnes âgées (sauf exceptions) est de 400 kcals par jour (exemple : une à deux unités/jour de liquides ou deux unités/jour de crèmes) et/ou de 30 g de protéines par jour (soit deux unités/jour de liquides ou trois unités de crèmes).

### 3.2.2.2 Personnes concernées

Les personnes ciblées par ces compléments sont des personnes dont le tube digestif est fonctionnel et que la déglutition est possible. Les CNO doivent être proposés rapidement au patient, en prévention du risque de dénutrition. Mais ils sont aussi prescrits et conseillés lorsque le patient est déjà dénutri. Une personne est considérée dénutrie lorsque ses apports alimentaires sont  $\leq 1\ 500$  kcal/jour ou  $\leq 20$  kcal/kg/jour ou  $\leq 2/3$  des besoins journaliers.

Selon les recommandations de la HAS (62) , une prise en charge nutritionnelle par des CNO doit débuter en cas de dénutrition. Chez l'adulte de moins de 70 ans, la dénutrition est diagnostiquée soit par une perte de poids  $\geq 5\ %$  en 1 mois, une perte de poids  $\geq 10\ %$  en 6 mois, soit un indice de masse corporelle (IMC)  $\leq 18,5$  kg/m<sup>2</sup>. Pour les adultes âgées de plus de 70 ans nous retrouvons le même critère concernant la perte de poids, un indice de masse corporelle  $\leq 21$  kg/m<sup>2</sup>, un *Mini Nutritional Assessment* (MNA)  $\leq 17$  (sur 30), ou une albuminémie  $< 35$  g/L.

### 3.3 Compléments nutritionnels oraux à base de protéines végétales

#### 3.3.1 Compléments nutritionnels oraux commercialisés

Actuellement il existe qu'une seule spécialité de complément alimentaire hyperprotéiné par voie orale, le Fresubin® provideXtra (63) . Ce CNO est fabriqué à base d'hydrolysats de protéine de pois. Il se présente sous forme de petite bouteille de 200ml. Il est indiqué chez les patients souffrant d'une intolérance aux protéines de lait et/aux protéines de soja ou au lactose, ayant des besoins énergétiques accrus et/ou en cas de malabsorption. Un deuxième complément constitué de protéines végétales de riz, mais aussi d'œufs et des protéines de lait est commercialisé. Il s'agit du pain G-NUTRITION®.

Les compléments alimentaires vendus en pharmacie sont composés soit de protéines de pois, soit de soja ou de protéines de riz.

#### 3.3.2 Choix de la protéine végétale

Ci-dessous un tableau exposant les avantages et inconvénients des quatre protéines les plus utilisées. Les protéines ne sont pas utilisées à l'état pur, elles sont transformées en isolat ou hydrolysats. En effet, elles subissent des traitements pour améliorer leurs propriétés et leur digestibilité. La protéine de chanvre est peu utilisée puisque peu d'études sont réalisées à son sujet. La protéine de soja est celle qui possède la meilleure teneur en protéine et le meilleur profil d'acide aminé cependant son risque d'allergie contraint son utilisation. Quant à l'isolat de pois et l'hydrolysats de riz, leur hypoallergénicité est un atout dans leur utilisation pour les CNO pour adultes ou nourrissons. Ils contiennent tous les acides aminés essentiels mais sont déficitaires en méthionine et cystéine pour le pois et lysine pour le riz.

Tableau 19 : Avantages et inconvénients des protéines de riz, pois, soja et chanvre

Protéine	Avantages	Inconvénients	Teneur en protéines (%)
Isolat de pois	digestibilité (0,69), hypoallergénique riche en lys, fibre, glucose, vitamines (A,D,E,K), satiété durable , excellent score PDCAAS 0,8	déficient en met et cys, anutriment (saponine), goût	80 - 85
Hydrolysats de riz	riche en leucine bonne absorption digestibilité 0,5 peu coûteuse riche en nutriments (Fe, Mg, Ca) hypoallergénique excellent PDCAAS	goût amer, anutriment , déficit en lysine	80
Soja	digestibilité 0,91 contient tous les AA pauvre en lipide et fibre la + forte concentration de protéines goût neutre	anutriment phyto oestrogene isoflavone allergies goût noisette texture granuleuse	90
Chanvre	digestibilité (0,46) riche en tyr et arg absorption	goût noisette anutriment déficit en lys et leu granuleuse riche en fibre allergie (rare) THC (très faible)	50

### 3.3.3 Comparaison protéine végétale/protéine animale

Nous allons comparer la valeur nutritionnelle du Fresubin® provideXtra avec un CNO de la même famille et fonction, le Fresubin® juicy. Nous comparons deux

compléments du même laboratoire pour plus de justesse. En effet, chaque laboratoire possède un intervalle libre pour les teneurs en minéraux et vitamines.

*Tableau 20 : Comparaison nutritionnelle de FRESUBIN®provid extra et FRESUBIN®juicy*

	Fresubin® providExtra (200mL)	Fresubin® juicy (200ml)	Comparaison
Energie (kcal)	300	300	=
Lipides (Kcal)	0	0	=
Glucides (kcal)	67	67	=
Fibres (kcal)	0	0	=
Protéines (kcal)	8	8	=
Sel	0,5	0,04	+
Sodium (mg)	194	12	+
Potassium (mg)	110	14	+
Chlorure (mg)	100	380	-
Calcium (mg)	80	100	-
Phosphore (mg)	86	22	+
Magnésium (mg)	60	2	+
Iode (mg)	0,075	0,075	=
Fer (mg)	5	5	=
Zinc (mg)	3,76	3,76	=
Cuivre (µg)	750	750	=
Manganèse (mg)	1	1	=
Molybdène (µg)	37,6	37,6	=
Chrome (µg)	25	25	=
Fluor (mg)	0,5	0,5	=
Selenium (µg)	25	25	=
A (µg)	300	300	=
D (µg)	5	5	=
E (mg)	7,5	7,5	=
K (µg)	50	50	=
C (mg)	37,6	37,6	=
Thiamine (B1) (mg)	0,6	0,6	=
Riboflavine (B2) (mg)	0,8	0,8	=
Niacine (mg)	7,5 / 8,16	3,6/5,24	+
B6 (mg)	0,86	0,86	=
Acide folique (µg)	125	125	=
B12 (µg)	1,5	1,5	=
Biotine (µg)	18,8	18,8	=
Acide pantothénique (mg)	3	3	=
Osmolarité (mOsm/l)	680-700	680	=
Contenu en eau (g/100ml)	150	152	-

## 3.4 Complément alimentaire du sportif

### 3.4.1 Réglementation

La pharmacie d'officine peut être un lieu de vente de compléments alimentaires pour les sportifs, c'est-à-dire les produits destinés au développement de la masse musculaire ou de la diminution de la masse grasse. Comment pouvons-nous conseiller et orienter nos clients ?

L'AFNOR (association française de normalisation) en 2012 a publié une norme de qualité, nommée la NF V 94-001 (64) . Cette norme n'est pas obligatoire, il s'agit d'un repère, une aide pour les industriels et les consommateurs. La norme NF V 94-001 référence les pratiques de fabrication garantissant l'absence de substances dopantes dans les compléments et denrées alimentaires destinés aux sportifs. Pour identifier les compléments alimentaires respectant la norme il suffit que la mention « Produit conforme à la date de libération du lot, à la norme AFNOR NF V 94-001 » apparaissent sur l'étiquette. Un autre logo peut apparaître également sur l'étiquetage, le logo Sport Protect®, qui certifie le respect des pratiques de fabrications et l'absence de substances dopantes. Ce logo est attribué par un organisme certificateur qui réalise des contrôles sur les produits en France.



En pharmacie nous pouvons retrouver ce logo dans la gamme NUTERGIA®, le complément alimentaire végénutril par exemple. Il est composé de protéines de pois ou de soja. Cette préparation en poudre permet un apport de protéine tant aux

sportifs qu'aux personnes âgées ou végétariennes. Dans ce produit sont ajoutés des vitamines du groupe B (B1, B6, B12) qui contribuent au métabolisme protéique et énergétique (65).

### 3.4.2 Composition

Plusieurs protéines végétales sont utilisées dans les compléments alimentaires du sportif. Nous retrouvons le chanvre, le riz, le soja, le pois, les graines de tournesols, le potiron, etc. Mais comme vu précédemment ces protéines sont incomplètes en acides aminés essentiels et peuvent parfois contenir des éléments anti nutritionnels dangereux pour la santé. Les types les plus connus de protéines en poudre végétarienne sont les suivants : protéine de soja, de pois, de riz et de chanvre. A noter que certaines poudres sont enrichies en acides aminés.

Les études réalisées comparant les poudres de protéines végétales de riz, soja et pois montrent que la protéine de soja est celle qui possède la meilleure valeur biologique, le meilleur profil d'acides aminés, une bonne capacité d'absorption et le taux de digestibilité le plus élevé. Elle serait donc la meilleure option pour les compléments du sportif (1).

### 3.4.3 Efficacité

#### Protéines de riz, de pois et de soja

Certaines recherches montrent l'efficacité des protéines de riz (66), de pois (67), ou de soja (68) durant l'effort sportif.

Une étude (66) a été réalisée dans le but était de déterminer si la consommation d'isolat de protéines de riz après l'exercice pouvait augmenter la récupération et

provoquer des changements dans la composition corporelle par rapport à l'isolat de protéines de lactosérum. Cette expérience a été réalisée sur 24 hommes, randomisés en deux groupes. Le premier recevait des protéines de riz et le second de l'isolat de protéine de lactosérum, dans les deux groupes la dose de protéine était de 48g. Les sujets se sont entraînés 3 jours par semaine pendant 8 semaines. La consommation de protéines se faisait immédiatement après l'effort physique les jours de leur entraînement sportif. Les évaluations de la récupération perçue, de la douleur et de la disposition à s'entraîner ont été enregistrées avant et après la première séance d'entraînement. L'échographie a déterminé l'épaisseur musculaire, la composition corporelle était déterminée par absorptiométrie à double émission, le développé couché et la presse pour les jambes pour la force du haut et du bas du corps ont été enregistrés au cours des semaines 0, 4 et 8. Les résultats ont montré aucune différence détectable dans les scores psychométriques de récupération perçue, de douleur ou de disposition à s'entraîner. Des effets temporels significatifs ont été observés dans lesquels la masse maigre, la masse musculaire, la force et la puissance ont augmenté et la masse grasse a diminué dans les deux groupes. L'administration d'isolats de protéines de lactosérum et de riz après un exercice de résistance à améliorer les indices de composition corporelle et de performance à l'exercice; cependant, il n'y avait aucune différence entre les deux groupes. Cette étude a quelques limites, étant donné qu'aucun effet significatif n'a été observé entre les groupes. Il aurait fallu une durée d'étude plus longue ou un groupe témoin non supplémenté. De ce fait, nous ne pouvons pas conclure à quel point la supplémentation en protéines a été bénéfique pour l'entraînement en résistance dans cette étude.



L'étude concernant les protéines de pois (67) a été réalisée sur 161 hommes âgés de 18 à 35 ans. Durant 12 semaines d'entraînement en résistance sur les muscles des membres supérieurs, tous ont dû prendre 25 g de protéines ou un placebo deux fois par jour. Séparé en trois groupes : protéine de pois, protéine de lactosérum ou placebo. Des tests ont été réalisés sur les muscles biceps à l'inclusion, à mi-parcours et après l'entraînement. L'épaisseur musculaire (ultrasonographie) et la force (dynamomètre isocinétique) ont été évaluées. Les résultats ont montré un effet temporel significatif pour l'épaisseur du muscle biceps. Les augmentations d'épaisseur étaient significativement plus importantes dans le groupe pois par rapport au placebo alors qu'il n'y avait pas de différence entre le lactosérum et les deux autres conditions. La force musculaire a également augmenté avec le temps sans différence statistique entre les groupes. En plus d'un entraînement adapté, la supplémentation en protéines de pois a favorisé une augmentation plus importante de l'épaisseur musculaire par rapport au placebo et surtout pour les personnes débutant ou revenant à un renforcement musculaire.

Une étude (68) cette fois-ci comparant les protéines de soja avec celles du lactosérum. Cette étude a été réalisée sur 56 jeunes hommes en bonne santé qui s'entraînaient à des exercices de résistance 5 jours / semaine pendant 12 semaines. Ces jeunes hommes ont été randomisés en 3 groupes : lait écrémé, protéines de soja sans matières grasses dont le rapport isoénergétique, isoazoté et macronutriments correspond au lait ou maltodextrine isoénergétique avec le lait et le soja. Ils devaient consommer leur boisson immédiatement puis 1h après l'exercice. Les résultats montrent qu'aucune différence entre les groupes n'a été observée en termes de force. La surface des fibres musculaires de type II a augmenté dans tous les groupes avec entraînement, mais avec des augmentations plus importantes dans

le groupe lait que dans les groupes soja et témoins. La surface de fibres musculaires de type I a augmenté après l'entraînement uniquement dans les groupes lait et soja, l'augmentation dans le groupe lait étant supérieure à celle du groupe témoin . La masse maigre mesurée par DXA a augmenté dans tous les groupes, avec une augmentation plus importante dans le groupe lait que dans les groupes soja et témoins. Pour conclure, il n'y a donc pas d'effet particulier.

### *végétal vs animal*

Une revue (69), a analysé plusieurs études comparant les protéines animales et les protéines végétales pour stimuler la SPM (synthèse des protéines musculaires) postprandiale. Dans ce travail, il a été démontré que la consommation de protéines de soja entraînait des taux de MPS inférieurs à l'ingestion de protéines de lactosérum, de lait ou de bœuf, à la fois au repos et pendant la récupération après l'exercice.

### *quantité dépendant*

L'étude de Joy et al, (66), , sur les effets de 8 semaines de supplémentation en protéines de lactosérum ou de riz sur la composition corporelle et les performances physiques vu plus haut, montre que l'ingestion de 48 g de protéines de riz ou d'une quantité isoazoté et isoénergétique de protéines de lactosérum, immédiatement après un exercice de résistance, favorisait des augmentations similaires de la LBM (2,5 vs 3,2 kg) au cours d'une intervention d'entraînement de 8 semaines chez des jeunes hommes.

Les études qui ont fourni de plus grandes quantités de protéines d'origine végétale ont montré des différences minimisées de gain de masse maigre avec des exercices

de résistance par rapport à l'ingestion de protéines d'origine animale. Ces résultats supposent que l'ingestion de quantités plus élevées de protéines peut réduire les différences proposées dans la capacité des différentes sources de protéines (végétales ou animales) à moduler les gains de masse musculaire squelettique lors d'interventions d'exercice prolongées

Selon van Vliet et al (70), , qui ont étudié la réponse anabolique du muscle squelettique suite à la consommation de protéines d'origine végétale ou animale, leurs résultats montrent que les études ayant fourni de plus grandes quantités de protéines d'origine végétale ont montré des différences minimisées de gain de masse maigre avec des exercices de résistance par rapport à l'ingestion de protéines d'origine animale. La supplémentation en protéines végétales peut être utilisée pour soutenir l'augmentation de la masse musculaire pendant un exercice de résistance prolongé, à condition que de plus grandes quantités de protéines végétales (> 30 g / repas) soient consommées.

L'hypothèse pour améliorer l'efficacité des protéines végétales et améliorer la réponse MPS après leur ingestion serait d'enrichir les protéines végétales avec des AA libres, mélanger diverses sources de protéines végétales pour créer un profil AA plus complet, consommer de plus grandes quantités de protéines végétales (69). Il s'agit simplement d'une hypothèse comme actuellement rien ne prouve l'efficacité.

#### 3.4.4 Apport en leucine

L'apport en leucine par jour chez l'adulte est variable selon son activité physique, elle se situe entre 1 et 20 g, ces valeurs sont basées sur des données scientifiques étant donné qu'il n'existe pas de recommandation officielle. Cet acide aminé est

principalement retrouvé dans les œufs, les produits laitiers, la viande et le poisson mais également dans les protéines végétales comme le soja, les amandes ou les arachides. La teneur en leucine d'une source de protéines est un prédicteur important et indépendant de sa capacité à stimuler la MPS postprandiale (12, 71).

Dans une série d'études (72), la réponse synthétique des protéines musculaires après l'exercice chez des jeunes et des personnes âgées a été évaluée après une consommation de leucine associée à de grandes quantités de protéines lactières. Les résultats montrent que l'ingestion supplémentaire de leucine pendant la récupération après l'exercice n'a pas augmenté davantage les taux de synthèse des protéines musculaires après l'exercice. Malgré ses propriétés anabolisantes proposées, la co-ingestion de leucine après l'exercice ne semble pas augmenter davantage la synthèse des protéines musculaires après l'exercice lorsque suffisamment de protéines alimentaires sont déjà fournies. Par conséquent, la supplémentation en leucine n'est pas susceptible d'être bénéfique pour l'athlète.

Une de ces études a été réalisée chez le rat (73). Elle consistait à examiner les changements post-prandiaux de la synthèse des protéines musculaires et du taux de leucine plasmatique chez des rats nourris avec des sources de protéines différentes: blé, soja, œuf, ou protéine de lactosérum. Les résultats montrent que l'ajout de leucine libre à la protéine de blé, pour correspondre à la teneur en leucine présente dans une quantité isoazoté de protéines de lactosérum, conduisent à des taux de MPS postprandiaux similaires. Cependant ce n'était pas le cas pour l'isolat de protéine de soja. La pertinence clinique de la supplémentation en leucine en tant que

stratégie alimentaire pour gagner de la masse musculaire reste discutable, il n'existe aucune étude positive à ce jour.

Tableau 18 : Teneur en leucine de certains aliments

<b>Aliment pour 100g</b>	<b>Leucine en g</b>
Pois chiches	0,63g
Lentilles	0,65g
Œufs	1,40g
Poulet	1,48g
Amandes	1,49g
Arachides	1,67g
Bœuf	1,76g
Soja	2.87g
Protéines de soja en poudre	7,5-8,5g
Protéine de lactosérum en poudre	10,0-12,0

### 3.5 Conseils à l'officine

#### 3.5.1 Nourrissons

Nous allons apporter quelques conseils à donner à l'officine concernant les nourrissons et les laits végétaux. Tout d'abord rappeler que le lait maternel est l'aliment le mieux adapté aux besoins du nourrisson.

En cas d'allaitement au lait infantile classique, le choix se fait en fonction des besoins du bébé. Si le bébé présente une intolérance ou une allergie au lait de vache, nous pouvons l'orienter vers un lait végétal ou des préparations pour nourrissons formulées à partir de protéines végétales. Seules les préparations pour nourrissons autorisées par la réglementation peuvent couvrir les besoins nutritionnels de l'enfant (NOVALAC®riz, allernova®, PEPTICATE®). Il est important d'évoquer que tous les jus végétaux (lait de soja, d'amande, de coco...) ou les laits d'origine animale (vache, chèvre...) ne sont pas adaptés aux enfants en bas âge. Ils ne doivent pas remplacer le lait maternel ou le lait infantile (74). En effet, l'Anses a reçu plusieurs signalements de cas graves d'enfants de moins d'un an nourris avec des boissons végétales dites jus végétaux (59). Une analyse sur la composition nutritionnelle de ces produits a montré qu'ils ne sont pas adaptés aux besoins des nourrissons.

Si un nourrisson n'a pas une alimentation lui apportant le nécessaire pour couvrir ses besoins nutritionnels optimaux, sa vie est mise en danger. Avec pour conséquences une mauvaise prise de poids, un retard de croissance ou du développement cérébral. Une telle conduite peut entraîner de la malnutrition, des désordres métaboliques ou même aller jusqu'à un décès de l'enfant (58).

### 3.5.2 Adultes

Pour conseiller les adultes en bonne santé et sans traitement nous pouvons les orienter vers le site internet CiquaL.

Il s'agit d'une base de données internationale. Les teneurs en lipides, glucides, protéines, minéraux et autres de plus de 3000 aliments y sont référencées. Les aliments concernés sont ceux les plus consommés par les français.

Consommer des protéines végétales doit se faire dans les mêmes règles qu'une alimentation classique, c'est-à-dire privilégier une alimentation variée et équilibrée. Les 3 repas doivent être conservés et les fringales compensées par une collation à base d'oléagineux par exemple.



Figure 4 : Collation de 30g avec apport en protéines

### 3.5.3 Les sportifs

Avant tout conseil nous devons connaître les antécédents de notre patient. L'Anses a publié un rapport relatif aux risques liés à la consommation des compléments alimentaires destinés aux sportifs. Dans ce rapport sont répertoriés les effets indésirables rapportés, les substances interdites et autorisées, ainsi que leurs risques sur la santé (75).

*Contre-indication :*

Les compléments alimentaires hyperprotéinés à base de protéines végétales sont déconseillés chez les sujets présentant des facteurs de risque cardiovasculaire, souffrant d'une cardiopathie ou ayant une altération de la fonction rénale ou hépatique, des troubles neuropsychiatriques, les enfants, les adolescents, les femmes enceintes ou allaitantes (76). L'Anses a publié un rapport relatif aux risques liés à la consommation de compléments alimentaires hyperprotéinés. Les effets indésirables ne sont pas dus aux protéines végétales mais aux autres substances. La caféine par exemple possède des effets adrénérgiques et potentialise probablement les effets d'autres stimulants en augmentant les niveaux d' adénosine monophosphate cyclique. Elle peut ainsi provoquer une agitation, des tremblements et une arythmie. La tachycardie est un symptôme classique de l'intoxication caféinique. C'est pourquoi, l'utilisation de produits contenant de la caféine est contre-indiqué chez les personnes y étant sensibles (hypertension, trouble cardiaque) (77).

Des contre-indications plus précises concernant les personnes prenant des médicaments jouant sur la natrémie. En effet, certains suppléments à base de protéines végétales contiennent de grandes quantités de sodium, ce qui peut avoir un impact négatif sur l'hypertension par exemple. Vous pouvez orienter votre client vers des compléments faiblement supplémentés en sodium.

Quant aux produits à base de protéines de soja, d'autres contre-indications s'y ajoutent du fait de sa teneur en isoflavones. Ses contre-indications concernent une consommation régulière de protéines de soja. Les femmes ayant des antécédents personnels ou familiaux de cancers du sein, de l'utérus ou de l'ovaire ne doivent pas en consommer. L'activité estrogénique des isoflavones pourrait favoriser l'apparition



ou le développement de cancers sensibles aux estrogènes. Les hommes ne sont pas épargnés, ceux présentant des troubles de la prostate doivent éviter d'en consommer. Les protéines de soja pourraient également avoir un effet négatif sur la fertilité masculine, le soja ferait baisser la concentration de sperme. Un autre lien entre la consommation de protéine de soja et des antécédents de cancer de la vessie a été mis en évidence (78).

#### *Interaction médicamenteuses :*

Notre métier de pharmacien implique aussi de vérifier qu'il n'y a pas d'interactions médicamenteuses. Les interactions médicamenteuses les plus citées concernent essentiellement le soja. En effet, celle-ci peuvent interagir avec les anticoagulants, les traitements de l'ostéoporose, les hormones thyroïdiennes, les contraceptifs, les anti-œstrogènes, les chimiothérapies des cancers du sein, de l'utérus ou de l'ovaire (76).

#### *Effets indésirables :*

Quelques effets indésirables ont été rapportés concernant la consommation de protéines végétales. En particulier sur la protéine de soja, comme vu précédemment, le soja est un aliment riche en phytoestrogènes. Des saignements en dehors des règles ou chez la femme ménopausée peuvent apparaître mais uniquement lors de consommation élevée de soja. La consommation de soja en lui-même peut provoquer des réactions allergiques ou des troubles digestifs comme constipation, nausées ou ballonnements. Si votre patient vous rapporte des symptômes tels que des vomissements, de la diarrhée, des douleurs abdominales, une irritation de la peau ou un gonflement du visage, il doit immédiatement arrêter son complément et consulter son médecin (76, 79). (76) (79)

La protéine de chanvre, principalement retrouvée en association dans les aliments pour sportifs peut dans de rare cas entraîner des résultats faux positifs suite au dépistage de drogue dans les urines malgré ses quantités négligeables de THC.

Ses effets secondaires disparaissent souvent après l'arrêt de l'apport de protéines.

*Conseils :*

Tous les sportifs n'ont pas besoin de compléments alimentaires, les besoins protéiques sont couverts dans la plupart des cas. L'utilisation des compléments est une solution pour compléter l'apport protéique et la prise de masse musculaire.

Les compléments doivent être pris en cure courte et ne doivent pas être additionnés ou se substituer à une alimentation équilibrée. Comme tout complément, les posologies doivent être respectées. Il est important que minimum deux tiers de l'apport en protéines proviennent de l'alimentation.

Précédemment nous évoquions la norme AFNOR NF V 94-001, ainsi que le logo sport protect, orientez vos patients vers des produits respectant ces normes. Les consommateurs doivent faire attention à la composition des produits et privilégier les produits conformes à la norme. En tant que pharmacien nous devons informer le client que lors du choix de ces protéines végétales en poudre ou dans les aliments, ils ne négligent pas la présence d'allergènes, de sucre ajouté, la qualité et l'origine du produit.

En cas de douleur ou d'effet indésirable, le complément doit être arrêté et orienter votre client chez le médecin.

*Recommandations :*

Le groupe de travail « Nutrivigilance » et le comité d'experts spécialisé « Nutrition humaine » a publié les recommandations suivantes concernant la consommation de compléments alimentaires chez le sportif : la consommation de compléments alimentaires contenant de la caféine est déconseillée avant et pendant une activité sportive, la consommation de compléments alimentaires contenant de la caféine est déconseillée aux sujets sensibles aux effets de cette substance, la consommation concomitante de plusieurs compléments alimentaires ou leur association avec des médicaments est déconseillée. Les cadres sportifs doivent être capables, par leur formation, d'informer les sportifs sur les risques associés à la consommation de certains compléments alimentaires, la consommation de compléments alimentaires doit être signalée à son médecin et son pharmacien.

**THÈSE SOUTENUE PAR :** Claire BOTELLA

**TITRE :** LES PROTÉINES VÉGÉTALES : intérêts et limites

**CONCLUSION :**

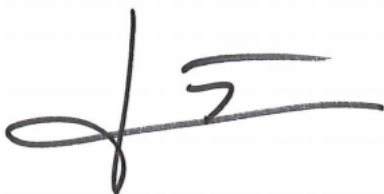
Dans l'ensemble collectif, les protéines végétales sont considérées comme bonnes pour la santé et pour l'environnement, tendance, et une bonne alternative aux protéines animales. L'intérêt pour les protéines végétales est clairement grandissant. Dans cette thèse, un résumé des propriétés nutritionnelles des protéines végétales a été établi pour en analyser les avantages et inconvénients. Plusieurs méthodes et systèmes de notations ont été mis au point pour évaluer la qualité des protéines. Soit en fonction de leur biodisponibilité, leur profil d'acides aminés ou leur digestibilité par exemple. Malgré leurs atouts incontestables en termes nutritionnels et leurs sources très variées, les protéines végétales sont considérées de moins bonne qualité que les protéines animales, en termes de digestibilité et de teneur en acide aminés essentiels. Les protéines végétales sont généralement moins bien équilibrées dans leur apport d'acides aminés que les protéines animales. Moins bonne qualité ne veut pas dire de mauvaise qualité ! Cependant l'homme a su créer des stratégies pour pallier aux limites des protéines végétales et ainsi les valoriser. Ces stratégies permettent la consommation des protéines végétales durant toute la vie, de la naissance à la vieillesse. Le pharmacien joue un rôle clé dans le choix des produits consommés par les nourrissons, en effet sur le marché de plus en plus d'offres concernant les laits végétaux apparaissent. Le pharmacien est en première ligne pour guider les parents vers des laits adaptés à leurs enfants sans qu'ils encourrent un risque pour leur santé. De même chez les sportifs en conseillant des protéines réglementées. Il n'existe pas de recommandation officielle concernant la consommation de protéines végétales et leurs risques, parfois même avec des avis

contradictoires. Le pharmacien doit être vigilant et savoir repérer les limites des affirmations. Actuellement de nombreuses études sur les protéines végétales existent et des recherches sur les risques commencent à apparaître. Notamment sur l'impact de la consommation de protéines végétales sur le développement musculaire, la santé des os, le risque d'allergies ou d'intolérance. Est-ce que la meilleure connaissance de ces protéines à long terme et l'apparition de nouvelles technologies permettrait le développement de plus grande gamme chez les sportifs, les personnes dénutries et les enfants ?

#### VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Grenoble, le : *11/03/2021*

**LE DOYEN**



**Michel SEVE**

**LE DIRECTEUR DE THESE :**

Pr Christophe MOINARD  
LBFA – U1035  
UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES  
CS 40700  
F - 38058 Grenoble Cedex 9  
[christophe.moinard@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:christophe.moinard@univ-grenoble-alpes.fr)



**Christophe MOINARD**

Pour la Présidence  
et par délégation  
Le Doyen de l'Université  
Dr. MICHEL SEVE

# Références bibliographiques

1. Guéguen J, Walrand S, Bourgeois O. Les protéines végétales : contexte et potentiels en alimentation humaine. *Cah Nutr Diététique*. sept 2016;51(4):177-85.
2. en.pdf [Internet]. [cité 3 déc 2020]. Disponible sur: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B4-1989%252FCXG\\_004f.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B4-1989%252FCXG_004f.pdf)
3. Mariotti F, Gardner CD. Dietary Protein and Amino Acids in Vegetarian Diets—A Review. *Nutrients* [Internet]. 4 nov 2019 [cité 7 déc 2020];11(11). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6893534/>
4. RÉRAT A, DEPUCCIO F. LA VALEUR BIOLOGIQUE DES PROTÉINES : QUELQUES ACQUISITIONS RÉCENTES. *Ann Zootech*. 1971;20(2):193-246.
5. Hoffman JR, Falvo MJ. Protein – Which is Best? *J Sports Sci Med*. 1 sept 2004;3(3):118-30.
6. Barré T, Perignon M, Gazan R, Vieux F, Micard V, Amiot M-J, et al. Integrating nutrient bioavailability and co-production links when identifying sustainable diets: How low should we reduce meat consumption? *PLoS ONE* [Internet]. 14 févr 2018 [cité 4 déc 2020];13(2). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5812584/>
7. Aggett PJ. Population reference intakes and micronutrient bioavailability: a European perspective. *Am J Clin Nutr*. 1 mai 2010;91(5):1433S-1437S.
8. Citation2049.pdf [Internet]. [cité 4 déc 2020]. Disponible sur: <https://faunalytics.org/wp-content/uploads/2015/05/Citation2049.pdf>
9. Gibson RS. The Role of Diet- and Host-Related Factors in Nutrient Bioavailability and Thus in Nutrient-Based Dietary Requirement Estimates. *Food Nutr Bull*. 1 mars 2007;28(1\_suppl1):S77-100.
10. EdL\_Proteines\_Vdef.pdf [Internet]. [cité 4 déc 2020]. Disponible sur: [https://alimentation-sante.org/wp-content/uploads/2019/10/EdL\\_Proteines\\_Vdef.pdf](https://alimentation-sante.org/wp-content/uploads/2019/10/EdL_Proteines_Vdef.pdf)
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations, éditeur. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: report of an FAO expert consultation, 31 March-2 April, 2011, Auckland, New Zealand. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013. 66 p. (FAO food and nutrition paper).
12. Millward DJ, Layman DK, Tomé D, Schaafsma G. Protein quality assessment: impact of expanding understanding of protein and amino acid needs for optimal health. *Am J Clin Nutr*. 1 mai 2008;87(5):1576S-1581S.
13. Elsevier. Les critères de qualité des protéines ont-ils évolué ? [Internet]. Elsevier Connect. [cité 22 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/nutrition/les-criteres-de-qualite-des-proteines-ont-ils-evolue->
14. Llorente A. Prédiction de la digestibilité iléale azotée par méthodes in vitro. 2007;4.
15. Landman C, Quévrain E. Le microbiote intestinal : description, rôle et implication physiopathologique. *Rev Médecine Interne*. juin 2016;37(6):418-23.
16. Bouchenak M, Lamri-Senhadj M. Nutritional quality of legumes, and their role in cardiometabolic risk prevention: a review. *J Med Food*. mars 2013;16(3):185-98.
17. K.E A, U.D D, Agu H, H.M A. Major Antinutrients Found in Plant Protein Sources: Their Effect on Nutrition. *Pak J Nutr*. 1 août 2010;9.
18. Petroski W, Minich DM. Is There Such a Thing as “Anti-Nutrients”? A Narrative Review of Perceived Problematic Plant Compounds. *Nutrients*. oct 2020;12(10):2929.
19. Rizzo G, Baroni L. Soy, Soy Foods and Their Role in Vegetarian Diets. *Nutrients* [Internet]. 5 janv 2018 [cité 22 nov 2020];10(1). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5793271/>
20. Lynch H, Johnston C, Wharton C. Plant-Based Diets: Considerations for Environmental Impact, Protein Quality, and Exercise Performance. *Nutrients*. déc 2018;10(12):1841.

21. Orczyk M, Wojciechowski K, Brezesinski G. The influence of steroidal and triterpenoid saponins on monolayer models of the outer leaflets of human erythrocytes, *E. coli* and *S. cerevisiae* cell membranes. *J Colloid Interface Sci.* 15 mars 2020;563:207-17.
22. Site | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 13 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/search/site/phytoestrogene?searchphrase=1&mm=100&iso1=fr&iso2=en>
23. Munro IC, Harwood M, Hlywka JJ, Stephen AM, Doull J, Flamm WG, et al. Soy isoflavones: a safety review. *Nutr Rev.* janv 2003;61(1):1-33.
24. Directive Européenne n°2003-89 du 10 novembre 2003 2003/89/CE DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL du 10 novembre 2003 modifiant la directive 2000/13/CE en ce qui concerne l'indication des ingrédients présents dans les denrées alimentaires (texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) - Légifrance [Internet]. [cité 4 déc 2020]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000523478>
25. Les principaux allergènes alimentaires chez l'enfant - AFPRAL [Internet]. [cité 22 nov 2020]. Disponible sur: <https://allergies.afpral.fr/allergie/en-savoir-plus-sur-les-allergies/alimentaires/88-les-principaux-allergenes-alimentaires-chez-l-enfant>
26. Balakireva AV, Zamyatnin AA. Properties of Gluten Intolerance: Gluten Structure, Evolution, Pathogenicity and Detoxification Capabilities. *Nutrients.* oct 2016;8(10):644.
27. Cianferoni A. Wheat allergy: diagnosis and management. *J Asthma Allergy.* 29 janv 2016;9:13-25.
28. 16 fiches pour mieux appréhender les comportements alimentaires de 2025 [Internet]. [cité 8 nov 2020]. Disponible sur: <https://agriculture.gouv.fr/16-fiches-pour-mieux-apprehender-les-comportements-alimentaires-de-2025>
29. 06 - Présentation consommation oléo-protéagineux.pdf [Internet]. [cité 4 déc 2020]. Disponible sur: <https://www.franceagrimer.fr/content/download/58851/document/06%20-%20Pr%C3%A9sentation%20consommation%20ol%C3%A9o-prot%C3%A9agineux.pdf>
30. Alimentation. Consommation alimentaire (quantité)|Agreste, la statistique agricole [Internet]. [cité 13 févr 2021]. Disponible sur: <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/GraFra2020Chap10.2/detail/>
31. Richter Ma, Boeing H, Deutsche Gesellschaft für Ernährungs e.V. (DGE). Vegan Diet. Position of the German Nutrition Society (DGE). *Ernahrungs Umsch.* 15 avr 2016;(63(4)):92-102.
32. NUT2017SA0141.pdf [Internet]. [cité 5 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2017SA0141.pdf>
33. Elango R, Humayun MA, Ball RO, Pencharz PB. Protein requirement of healthy school-age children determined by the indicator amino acid oxidation method. *Am J Clin Nutr.* 1 déc 2011;94(6):1545-52.
34. Baroni L, Goggi S, Battaglino R, Berveglieri M, Fasan I, Filippin D, et al. Vegan Nutrition for Mothers and Children: Practical Tools for Healthcare Providers. *Nutrients.* janv 2019;11(1):5.
35. Amit M. Les régimes végétariens chez les enfants et les adolescents. *Paediatr Child Health.* 2010;15(5):309-14.
36. Lemale J, Mas E, Jung C, Bellaiche M, Tounian P. Vegan diet in children and adolescents. Recommendations from the French-speaking Pediatric Hepatology, Gastroenterology and Nutrition Group (GFHGNP). *Arch Pédiatrie.* oct 2019;26(7):442-50.
37. Menal-Puey S, Martínez-Biarge M, Marques-Lopes I. Developing a Food Exchange System for Meal Planning in Vegan Children and Adolescents. *Nutrients* [Internet]. 25 déc 2018 [cité 5 oct 2020];11(1). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6356333/>
38. Ambroszkiewicz J, Klemarczyk W, Gajewska J, Chelchowska M, Franek E,

- Laskowska-Klita T. The influence of vegan diet on bone mineral density and biochemical bone turnover markers. *Pediatr Endocrinol Diabetes Metab.* 1 janv 2010;16:201-4.
39. Ambroszkiewicz J, Chełchowska M, Szamotulska K, Rowicka G, Klemarczyk W, Strucińska M, et al. Bone status and adipokine levels in children on vegetarian and omnivorous diets. *Clin Nutr.* 1 avr 2019;38(2):730-7.
  40. Tounian P, Chouraqui J-P. Fer et nutrition. *Arch Pédiatrie.* 1 mai 2017;24(5, Supplement):5S23-31.
  41. Piccoli GB, Clari R, Vigotti FN, Leone F, Attini R, Cabiddu G, et al. Vegan–vegetarian diets in pregnancy: danger or panacea? A systematic narrative review. *BJOG Int J Obstet Gynaecol.* 2015;122(5):623-33.
  42. NUT2012SA0103Ra-2.pdf [Internet]. [cité 5 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0103Ra-2.pdf>
  43. Courtney-Martin G, Ball RO, Pencharz PB, Elango R. Protein Requirements during Aging. *Nutrients* [Internet]. 11 août 2016 [cité 7 déc 2020];8(8). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4997405/>
  44. Baum JI, Kim I-Y, Wolfe RR. Protein Consumption and the Elderly: What Is the Optimal Level of Intake? *Nutrients* [Internet]. 8 juin 2016 [cité 7 déc 2020];8(6). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4924200/>
  45. Bender O. Secrétariat administratif. :461.
  46. Paddon-Jones D, Rasmussen BB. Dietary protein recommendations and the prevention of sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* janv 2009;12(1):86-90.
  47. Beasley JM, Shikany JM, Thomson CA. The role of dietary protein intake in the prevention of sarcopenia of aging. *Nutr Clin Pract Off Publ Am Soc Parenter Enter Nutr.* déc 2013;28(6):684-90.
  48. Cours [Internet]. [cité 15 avr 2021]. Disponible sur: [http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition\\_8/site/html/5.html](http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_8/site/html/5.html)
  49. Pannemans DL, Wagenmakers AJ, Westerterp KR, Schaafsma G, Halliday D. Effect of protein source and quantity on protein metabolism in elderly women. *Am J Clin Nutr.* 1 déc 1998;68(6):1228-35.
  50. Stratégie de prise en charge en cas de dénutrition protéino-énergétique chez la personne âgée [Internet]. Haute Autorité de Santé. [cité 4 oct 2020]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_546549/fr/strategie-de-prise-en-charge-en-cas-de-denu-trition-proteino-energetique-chez-la-personne-agee](https://www.has-sante.fr/jcms/c_546549/fr/strategie-de-prise-en-charge-en-cas-de-denu-trition-proteino-energetique-chez-la-personne-agee)
  51. Haub MD, Wells AM, Tarnopolsky MA, Campbell WW. Effect of protein source on resistive-training-induced changes in body composition and muscle size in older men. *Am J Clin Nutr.* 1 sept 2002;76(3):511-7.
  52. Apport en protéines : consommation, qualité, besoins et recommandations | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 9 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/apport-en-prot%C3%A9ines-consommation-qualit%C3%A9-besoins-et-recommandations-2>
  53. 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.* 20 juin 2017;14(1):20.
  54. Bigard PX. Besoins protéiques du sportif de loisir et de compétition. :4.
  55. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet.* mars 2016;116(3):501-28.
  56. Drover JR, Hoffman DR, Castañeda YS, Morale SE, Garfield S, Wheaton DH, et al. Cognitive function in 18-month-old term infants of the DIAMOND study: A randomized, controlled clinical trial with multiple dietary levels of docosahexaenoic acid. *Early Hum Dev.* 1 mars 2011;87(3):223-30.
  57. Alimentation\_Enfant\_0-3ans.pdf [Internet]. [cité 4 oct 2020]. Disponible sur: [https://www.sfpediatrie.com/sites/www.sfpediatrie.com/files/documents/BrochurePatients/Alimentation\\_Enfant\\_0-3ans.pdf](https://www.sfpediatrie.com/sites/www.sfpediatrie.com/files/documents/BrochurePatients/Alimentation_Enfant_0-3ans.pdf)



58. Fiocchi A, Schunemann H, Ansotegui I, Assa'ad A, Bahna S, Canani RB, et al. The global impact of the DRACMA guidelines cow's milk allergy clinical practice. *World Allergy Organ J* [Internet]. 4 janv 2018 [cité 4 oct 2020];11(1). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5753480/>
59. L'Anses pointe les risques liés à l'alimentation des nourrissons avec des boissons autres que le lait maternel et substituts | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 16 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/l%E2%80%99anses-pointe-les-risques-li%C3%A9s-%C3%A0-l%E2%80%99alimentation-des-nourrissons-avec-des-boissons-autres-0>
60. Règlement (UE) n ° 609/2013 du Parlement européen et du Conseil du 12 juin 2013 concernant les denrées alimentaires destinées aux nourrissons et aux enfants en bas âge, les denrées alimentaires destinées à des fins médicales spéciales et les substituts de la ration journalière totale pour contrôle du poids et abrogeant la directive 92/52/CEE du Conseil, les directives 96/8/CE, 1999/21/CE, 2006/125/CE et 2006/141/CE de la Commission, la directive 2009/39/CE du Parlement européen et du Conseil et les règlements (CE) n ° 41/2009 et (CE) n ° 953/2009 de la Commission Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE [Internet]. OJ L, 32013R0609 juin 29, 2013. Disponible sur: <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/609/oj/fra>
61. Arrêté du 20 septembre 2000 relatif aux aliments diététiques destinés à des fins médicales spéciales - Légifrance [Internet]. [cité 4 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000766798/>
62. Arrêté du 7 mai 2019 portant modification de la procédure d'inscription et des conditions de prise en charge des produits pour complémentation nutritionnelle orale destinés aux adultes inscrits sur la liste des produits et prestations remboursables prévue à l'article L. 165-1 du code de la sécurité sociale - Légifrance [Internet]. [cité 5 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038456507/>
63. ProvideXtra DRINK | Fresubin [Internet]. [cité 4 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.fresubin.be/fr-be/produits/providextra-drink>
64. Prévention du dopage et alimentation - Une norme AFNOR pour apporter de la confiance aux sportifs [Internet]. AFNOR Normalisation. 2012 [cité 4 oct 2020]. Disponible sur: <https://normalisation.afnor.org/actualites/prevention-du-dopage-et-alimentation-une-norme-afnor-pour-apporter-de-la-confiance-aux-sportifs/>
65. Elsevier. Sport et pertes en vitamines, minéraux, oligoéléments [Internet]. Elsevier Connect. [cité 1 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/medecine/sport-et-pertes-en-vitamines,-mineraux,-oligoelements>
66. Joy JM, Lowery RP, Wilson JM, Purpura M, De Souza EO, Wilson SM, et al. The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutr J*. 20 juin 2013;12(1):86.
67. Babault N, Païzis C, Deley G, Guérin-Deremaux L, Saniez M-H, Lefranc-Millot C, et al. Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 21 janv 2015 [cité 4 oct 2020];12. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4307635/>
68. 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*. 1 août 2007;86(2):373-81.
69. Phillips SM. Nutrient-rich meat proteins in offsetting age-related muscle loss. *Meat Sci*. 1 nov 2012;92(3):174-8.
70. van Vliet S, Burd NA, van Loon LJ. The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. *J Nutr*. 1 sept 2015;145(9):1981-91.
71. Garlick PJ. The Role of Leucine in the Regulation of Protein Metabolism. *J Nutr*. 1 juin

- 2005;135(6):1553S-1556S.
72. Leucine as a pharmacnutrient in health and disease : Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care [Internet]. [cité 15 nov 2020]. Disponible sur: [https://journals.lww.com/co-clinicalnutrition/Fulltext/2012/01000/Leucine\\_as\\_a\\_pharmacnutrient\\_in\\_health\\_and.12.aspx](https://journals.lww.com/co-clinicalnutrition/Fulltext/2012/01000/Leucine_as_a_pharmacnutrient_in_health_and.12.aspx)
  73. Norton LE, Wilson GJ, Layman DK, Moulton CJ, Garlick PJ. Leucine content of dietary proteins is a determinant of postprandial skeletal muscle protein synthesis in adult rats. *Nutr Metab.* 20 juill 2012;9(1):67.
  74. Quels laits pour l'alimentation des moins d'un an? | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 16 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/quels-laits-pour-l%E2%80%99alimentation-des-moins-d%E2%80%99un>
  75. NUT2014SA0008Ra.pdf [Internet]. [cité 1 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014SA0008Ra.pdf>
  76. Netgen. Risques rénaux des compléments alimentaires : une cause ignorée [Internet]. *Revue Médicale Suisse.* [cité 4 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/RMS/2014/RMS-N-419/Risques-renaux-des-complements-alimentaires-une-cause-ignoree>
  77. NUT2014SA0008Ra.pdf [Internet]. [cité 14 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014SA0008Ra.pdf>
  78. Protéines de soja - EurekaSanté par VIDAL [Internet]. EurekaSanté. [cité 16 oct 2020]. Disponible sur: <https://eurekasante.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/proteines-soja.html>
  79. Chevalier D, Debeuf C, Joubrel G, Kocken M, Planchenault N. Les aliments au soja : consommation en France, qualités nutritionnelles et données scientifiques récentes sur la santé. *OCL.* 1 juill 2016;23(4):D405.



# **Serment de Galien**



« Je jure en présence des Maîtres de la Faculté, des Conseillers de l'Ordre des Pharmaciens et de mes condisciples :

**D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.**

**D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.**

**De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.**

**Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque ».**

Thèse soutenue par : Claire BOTELLA

*Titre* : LES PROTÉINES VÉGÉTALES : intérêts et limites

## *RÉSUMÉ* :

Depuis quelques années, l'intérêt des protéines végétales dans l'alimentation humaine se développe. Le PNNS (Programme national nutrition santé) recommande de rééquilibrer dans notre régime le ratio protéines végétales/protéines animales, soit en quantité équivalente des deux sources avec un rapport de 1:1. Il est donc important de connaître les propriétés nutritionnelles de ces protéines mais également leurs limites. Dans cette thèse sont abordés les différents paramètres de mesures nutritionnelles des protéines végétales.

L'impact des protéines végétales sur les périodes clés de la vie est discuté. Plusieurs avis divergent et sont exposés dans cette thèse. Les risques et les effets sur les populations particulières ainsi que leurs besoins en protéines.

Mais également l'implication du pharmacien d'officine en tant que conseiller, possédant des connaissances scientifiques, sa capacité à informer ses clients/patients dans la supplémentation des protéines. Les avis des sociétés savantes sur les effets des protéines végétales lors de périodes clés de la vie sont abordés, de la grossesse aux personnes âgées. Également, l'impact des protéines végétales chez le sportif, où plusieurs études sont répertoriés ainsi que les compléments alimentaires disponibles.

**MOTS CLÉS** : protéine végétale, nutrition, sportif, alimentation humaine, acide aminé, conseil à l'officine, végétarien

**FILIÈRE** : Officine