



**HAL**  
open science

## Protéines animales et végétales : quels effets sur la santé cardio-métabolique ?

François Mariotti

► **To cite this version:**

François Mariotti. Protéines animales et végétales : quels effets sur la santé cardio-métabolique ?. Médecine des Maladies Métaboliques, 2019, 13 (3), pp.245-251. 10.1016/S1957-2557(19)30069-0 . hal-02295004

**HAL Id: hal-02295004**

**<https://hal.science/hal-02295004v1>**

Submitted on 22 Sep 2022

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

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

## **Protéines animales et végétales : quels effets sur la santé cardiométabolique ?**

Pr. François Mariotti

### **Affiliation**

UMR PNCA, AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, 75005, Paris, France.

**Correspondance à :** François Mariotti, UMR PNCA, AgroParisTech, 16 rue Claude Bernard, 75005, Paris, France. Courriel : francois.mariotti@agroparistech.fr

Sources de financement et liens d'intérêt : Ce travail n'a pas reçu de financement spécifique. F. Mariotti dirige actuellement un programme de recherche doctoral ayant reçu un financement de Terres Univia.

## Résumé

Les sources ou les types de protéines dans l'alimentation ont longtemps été négligés en ce qui concerne leur lien avec la santé cardiometabolique. Les « protéines animales » ou « végétales », sont consommées avec d'autres nutriments et substances si bien que la consommation de protéines provenant de différentes sources est associée, dans les aliments et dans les régimes, à des profils d'apport en nutriments. En raison des choix du consommateur, elle est aussi associée à des profils de consommation diététiques. Nous commencerons dans cet article par comprendre ces dernières relations, qui sont assez complexes, avant de résumer les données récentes qui ont associé la consommation de protéines animales et végétales au risque cardiovasculaire et diabétique. Nous verrons à ce titre les différences entre « protéines » animales et végétales, et les différences au sein des protéines animales (avec le cas assez particulier de la viande rouge transformée et de la viande rouge totale), et nous observerons qu'elles persistent même lorsqu'on tient compte des différences de mode de vie et des facteurs alimentaires/nutritionnels des consommateurs. Nous nous pencherons ensuite sur les essais cliniques randomisés, conduits avec des ingrédients protéiques purifiés ou avec des aliments riches en protéines, qui tendent à soutenir un bénéfice de certaines sources protéiques végétales, comme les légumineuses, vis-à-vis de facteurs de risque cardiometabolique. Nous finirons par évoquer la possibilité que les effets des protéines végétales/animales puissent être aussi dues à leur profil différent en acides aminés. Nous concluons qu'au total la littérature reste insuffisante mais qu'elle indique les effets différentiels des « protéines » animales et végétales sur le risque cardiometabolique pourraient provenir à la fois – et selon un niveau de preuve croissant (i) des apports différents en acides aminés, (ii) des nutriments et autres substances intimement associés à la fraction protéique dans les aliments qui les contiennent, et (iii) à une

modification des profils de consommation diététiques due aux arbitrages du consommateur entre les différents aliments vecteurs de ces protéines, eux même associés à d'autres aliments.

**Mots-clés** : protéines alimentaires ; sources protéiques ; acides aminés ; maladies cardiovasculaires ; diabète.

**Les points essentiels** : la consommation de protéines végétales est associée à des profils de consommation diététiques et des apports en nutriments qui sont favorables à la santé cardiometaboliques. Les données très récentes indiquent des relations entre la consommation de protéines animales et végétales et le risque cardiovasculaire et diabétiques qui ne semblent pas s'expliquer par des facteurs de confusion ayant trait au comportement global du consommateur. Il y a beaucoup d'hétérogénéité au sein des protéines animales, avec des associations fortes mis en évidence pour la viande (totale et la charcuterie). Les études cliniques rapportent des effets favorables de sources protéiques végétales, comme les légumineuses, vis-à-vis de facteurs de risque cardiometaboliques. Il est possible que les profils en acides aminés jouent un rôle.

**English title: Animal and plant proteins: which effects on cardiometabolic health?**

### **Abstract**

Sources or types of protein in the diet have long been neglected with regard to their link to cardiometabolic health. "Animal" or "plant" proteins are consumed with other nutrients and substances, so that the consumption of proteins, strictly speaking, from different sources is associated via foods and diets with patterns of nutrient intake. As a result of consumers' choices, it is also associated with dietary patterns. In this article, we will begin by

understanding these last complex relationships in western countries, before summarizing recent data that have associated animal and plant protein intakes with cardiovascular and diabetic risk. We will examine the differences between animal and vegetable "proteins" and those within animal proteins (with the rather particular case of processed red meat and total red meat), and how they persist even when differences in lifestyle and food/nutritional factors of consumers are taken into account. We will then consider the randomized clinical trials, conducted with purified protein ingredients or protein-rich foods, that tend to support a benefit of certain plant protein sources, such as legumes, with respect to cardiometabolic risk factors. Finally, we will discuss the possibility that the effects of vegetable/animal proteins may be mediated by their different amino acid profiles. We will conclude that, overall, the literature remains insufficient but indicates the differential effects of animal and plant "proteins" on cardiometabolic risk could come from both - and according to an increasing level of evidence - (i) different intakes of amino acids, (ii) nutrients and other substances intimately associated with the protein fraction in foods containing them, and (iii) a change in dietary consumption patterns due to the consumers' trade-offs among the foods which convey these proteins and the foods to which they are associated.

**Keywords:** dietary protein ; protein sources ; amino acids ; cardiovascular diseases ; diabetes.

## **Introduction**

Il y a un débat de longue date sur les niveaux et les types de lipides et de glucides les plus favorables à la santé à long terme, mais la question des protéines est plus récente. Pour les protéines comme pour les lipides et les glucides, la question de la quantité totale peut sembler dépassée et quelque peu déplacée et la question la plus pertinente semble être celle de la nature, du type ou de la « qualité ». Ceci est particulièrement important étant donné l'importance et l'urgence de considérer les protéines alimentaires en termes de durabilité [1]. Il est maintenant nécessaire de considérer la relation entre le type de protéines dans l'alimentation (protéines animales ou protéines végétales, et différentes sources de protéines) et la santé à long terme. Dans cet article, je me concentrerai sur la relation avec les sources de protéines animales et végétales et le risque cardiometabolique, qui est un sujet qui fait l'objet d'un fort intérêt de la communauté scientifique [2].

Pour cela, il faudra préciser ce qu'on entend au juste par protéines, en termes de niveau d'échelle nutritionnelle : je devrai me référer aux "protéines" au sens strict, c'est-à-dire au sens des acides aminés qu'elles contiennent, et aux « protéines » au sens d'ingrédients riches en protéines ou d'aliments riches en protéines, qui se trouvent associés à d'autres nutriments et substances ; enfin, je devrai aussi tenir compte des associations entre les protéines dans le régime alimentaire et la qualité du régime dans sa globalité ou son « profil » diététique, qui influence largement le risque cardiometabolique.

### **Les protéines animales et végétales sont étroitement associées aux profils d'apports en nutriment et aux profils diététiques dans les pays industrialisés**

Il y a deux raisons aux associations entre les apports en protéines de différents types et les profils diététiques et nutritionnels globaux observés chez les individus. Cela tient tout d'abord aux caractéristiques nutritionnelles des aliments contenant des protéines. Pour prendre un exemple trivial, les protéines animales ont tendance à être accompagnées d'acides gras

saturés, tandis que les protéines végétales ont tendance à être accompagnées de fibres et de composés phénoliques. C'est ce que l'on appelle généralement le « whole food package » (c-à-d. l'environnement alimentaire, qu'on appelle parfois la matrice alimentaire) ou plus précisément le « protein package » (c-à-d. le lot protéique, ou l'environnement protéique alimentaire). La deuxième raison découle des facteurs comportementaux ou sociaux profonds qui régissent les choix alimentaires. Dans les pays occidentaux, des aliments protéiques spécifiques peuvent être choisis plutôt que d'autres aliments protéiques, qu'ils écartent donc, et seront accompagnés de différents aliments associés. Cela a été signalé de manière bien documenté pour ce qui concerne l'apport en viande dans différentes populations et différents pays. Dans l'étude EPIC (European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) d'Oxford [3], les mangeurs de viande avaient un apport énergétique plus élevé et un profil d'apport en nutriments différent, avec une contribution qualitative plus élevée en acides gras saturés (AGS) et moins de fibres et d'acides gras polyinsaturés (AGPI). Au sein de populations plus générales qui sont presque entièrement composées de consommateurs de produits carnés, la consommation de viande a également été associée à une mauvaise qualité de l'alimentation, telle qu'évaluée à partir du profil de consommation de certains groupes alimentaires importants : par exemple, une consommation plus élevée de viande totale a été associée à une consommation moindre de légumes, fruits et céréales en Europe [4] et une consommation moindre de viande rouge a été associée à des consommations inférieures de fruits, céréales complètes et noix en Finlande [5].

Pour mieux comprendre le profil nutritionnel associé à l'apport en protéines animales par rapport à l'apport en protéines végétales, nous avons analysé les apports en protéines végétales et animales et l'adéquation nutritionnelle globale du régime alimentaire des adultes français. Nous avons montré qu'en règle générale, la consommation totale de protéines végétales et celle de chaque type de protéines végétales (céréales, légumineuses, noix et

céréales, etc.) étaient fortement associés au niveau d'adéquation des apports en nutriments [6, 7]. L'association entre l'apport en protéines végétales/animales et l'adéquation nutritionnelle globale s'explique par un large éventail de nutriments, dont les AGS, les sucres, le potassium, le sodium, le folate, la vitamine C, le manganèse, le cholestérol et les fibres [6]. Il est important de noter que cette liste comprend de nombreux nutriments jugés particulièrement importants pour la santé cardiométabolique, en particulier les fibres, les AGS, le magnésium, le potassium et le sucre. Certains nutriments de cette liste proviennent clairement du "lot protéique" (comme les fibres, le magnésium, le potassium et les AGS) alors que d'autres (notamment le sucre) proviennent d'une association beaucoup plus complexe et indirecte entre la nature de l'apport en protéines et les choix alimentaires. Contrairement à l'association robuste avec l'apport en protéines végétales, nous avons constaté dans cette population qu'il y avait une hétérogénéité marquée au sein de l'apport en protéines animales pour ce qui concerne l'apport en nutriments et l'adéquation nutritionnelle. Le résultat était attendu dans la mesure où la consommation de viande n'est pas associée au même lot de nutriments et aux mêmes comportements alimentaires que la consommation de poisson ou de produits laitiers. Lors de l'analyse des profils d'apport en protéines dans la population française générale, nous avons récemment rapporté que les personnes ayant un profil protéique avec la plus grande contribution de la consommation de porc avaient de faibles scores globaux pour l'adéquation nutritionnelle alors que la population ayant une consommation protéique davantage contribué par les protéines de poisson avait les scores les plus élevés [8]. Cela illustre une fois de plus la grande hétérogénéité entre protéines animales pour ce qui concerne les ensembles de nutriments qui leur sont associées. En revanche, notre analyse a montré que les protéines végétales, quelle que soit leur source (produits céréaliers, légumineuses, graines et fruits à coques) et leur sexe, étaient constamment associées à l'adéquation nutritionnelle.



Enfin, en raison d'une association complexe entre les apports en diverses sources de protéines [7, 9], le régime alimentaire global et le profil de l'apport en nutriments, il convient d'être très prudents dans l'analyse et l'interprétation des données des études d'observation.

### **Protéines végétales et animales et risque cardiométabolique dans les études observationnelles**

Récemment, d'importantes études de cohortes ont rapporté des résultats positifs concernant les protéines végétales – par rapport aux protéines animales – et le risque cardiovasculaire. Après avoir combiné les grandes cohortes de Harvard, Song et coll. [10] ont signalé des associations significatives entre l'apport en protéines végétales et animales et la mortalité due aux MCV. Dans les modèles ajustés pour tenir compte des facteurs de risque liés au mode de vie et des nombreux apports alimentaires et en acides gras, les auteurs ont constaté qu'une augmentation de 10 % de l'apport énergétique provenant des protéines animales se traduirait par une augmentation de 8 % de la mortalité due aux MCV. Inversement, une augmentation de 3 % de l'énergie provenant des protéines végétales réduirait ce risque de 12 %. Ces associations se limitaient aux groupes de participants ayant au moins un facteur de mode de vie défavorable à la santé (tabagisme, consommation excessive d'alcool, surpoids ou l'obésité et inactivité physique) et n'étaient pas évidentes chez ceux qui n'avaient aucun de ces facteurs de risque. Dans une population méditerranéenne à risque cardiovasculaire élevé, les protéines animales (et non les végétales) étaient également associées à un risque plus élevé de MCV et de mortalité [11]. Dans la vaste cohorte de l'Adventist Health Study 2, selon des modèles d'ajustement nutritionnels très complets, nous avons trouvé une association entre la mortalité due aux MCV et l'apport en protéines animales, mais pas l'apport total en protéines végétales [12].

Des études récentes [par ex. 13] ont également confirmé une association entre les protéines animales et végétales et le diabète de type 2. Une méta-analyse récente [14] a confirmé une association claire entre l'apport en protéines totales et animales et le risque de

diabète, mais n'a pas mis en évidence l'association avec les protéines végétales, qui avait été rapportée précédemment [15]. Dans l'ensemble, ces résultats sur le risque de diabète et la mortalité due aux MCV sont généralement conformes aux résultats concernant les critères intermédiaires de la santé cardiometabolique, comme l'incidence du syndrome métabolique [16].

Il est devenu évident au cours de la dernière décennie que la partition des protéines entre « protéines végétales » et « protéines animales » était trop grossière nutritionnellement. Des études épidémiologiques ont rapportées des différences très importantes entre les sources de protéines spécifiques au sein du type "protéines animales". Ainsi, dans une méta-analyse récente du risque de diabète, l'apport de protéines provenant de la viande rouge et de la viande transformée était associé à un risque plus élevé, tandis que l'apport provenant des produits laitiers était associé à un risque plus faible [14]. Dans la cohorte de Melbourne, Shang et coll. [16] ont attribué à la viande rouge et au poulet l'association positive entre les protéines animales et l'incidence du syndrome métabolique et ils ont attribué aux légumineuses et aux noix l'association négative des protéines végétales. Comme ces études ont été ajustées en fonction de l'IMC, il pourrait y avoir d'autres effets de la viande sur le risque de diabète que ceux entraînés par les changements de l'IMC [17]. Le rôle causal de la consommation de viande rouge « transformée » (correspondant pour nous à la charcuterie) et de la viande rouge totale dans l'augmentation du risque de diabète de type 2 est appuyé par de nombreuses données concernant les mécanismes sous-jacents qui seraient mis en jeu. Ces mécanismes possibles pourraient impliquer un rôle des acides gras saturés, du sodium, des produits de glycation avancée, des nitrates/nitrites pour la transformation, de fer héminique, de N-oxyde de triméthylamine, des acides aminés ramifiés et des perturbateurs endocriniens [18].

En ce qui concerne la mortalité cardiovasculaire, et selon des modèles de substitution des sources de protéines dans les cohortes de Harvard, il a été constaté que le remplacement de la

viande transformée par des protéines végétales était le plus bénéfique (39 % de réduction du risque), tandis que le remplacement de la viande non transformée (17 % de réduction du risque) ou du lait (11 % de réduction) présentait des avantages plus modestes [10]. Par ailleurs, nous avons analysé le profil de l'apport en protéines dans l'étude *Adventist Health Study 2* et avons identifié cinq facteurs de consommation protéique (indépendants les uns des autres), que nous avons ensuite utilisés dans des modèles pour analyser la mortalité cardiovasculaire [12]. En comparant les quintiles les plus élevés et les plus bas des scores de facteurs, nous avons trouvé un risque plus élevé de 61 % pour le facteur protéique "Viande" et un risque plus faible de 40 % pour le facteur protéine "Noix et graines". Ces estimations étaient peu influencées par d'autres caractéristiques du régime alimentaire, comme les habitudes alimentaires végétariennes ou les nutriments liés à la santé des MCV. Ces associations étaient encore plus fortes chez les jeunes adultes âgés de 25 à 44 ans (avec un risque 100% plus élevé pour le facteur protéique "Viande" et 60% plus faible pour le facteur protéique "Noix & Graines").

### **Essais cliniques portant sur les « protéines » végétales et animales**

Les essais cliniques offrent une autre source de données sur les effets spécifiques de certaines protéines végétales et animales. La littérature propose un grand nombre d'études qui ont examiné les effets de la manipulation spécifique des protéines végétales sur des paramètres intermédiaires liés à la santé cardiométabolique. Elles offrent la possibilité de l'inférence causale directe, même si le résultat reste difficile à extrapoler étant données les caractéristiques souvent très spécifiques des études. Ces études peuvent être divisées en deux types différents. Le premier correspond aux études qui manipulent les protéines d'une manière bien précise en utilisant des ingrédients protéiques purifiés qui peuvent être inclus dans des aliments expérimentaux dont la composition est étroitement contrôlée. Le deuxième type concerne les études qui testent l'utilisation des aliments protéiques tels quel, inclus dans les régimes

alimentaires individuels, généralement en contrôlant la teneur en macronutriments énergétiques des régimes.

En ce qui concerne les ingrédients protéiques purifiés, la plupart ont été publiés sur les protéines de soja, et le lecteur est invité à consulter quelques revues de la littérature intéressantes [19]. Il faut noter que les effets des protéines de soja sur les lipides sanguins et la pression artérielle ont surtout été observés pour des apports élevés en protéines, généralement autour de ~35g/jour [20], alors que les effets des protéines de soja à des apports inférieurs à 25g/jour sont soit faibles soit non significatifs sur le plan statistique. De tels niveaux sont extrêmement difficiles à atteindre dans la vie réelle. D'autres protéines végétales, moins étudiées, peuvent avoir des effets sur la cholestérolémie ou la pression artérielle, comme cela a été suggéré pour la protéine de lupin [par ex., 21, 22, 23], mais les données restent rares. Il reste donc difficile d'apprécier si une combinaison de protéines végétales purifiées en grandes quantités (~50g/jour) pourrait reproduire certains des effets obtenus avec des protéines de soja à des doses élevées, tels que montrés dans les ECR.

Il apparaît plus probable que les protéines végétales pourraient avoir un effet bénéfique sur facteurs de risque cardiométaboliques lorsqu'elles sont consommées sous la forme d'aliments protéiques. En effet, comme le montre la littérature, en comparant les résultats obtenus avec des produits à base de soja à ceux obtenus avec des ingrédients à base de protéines de soja, les preuves semblent généralement beaucoup plus solides lorsque l'on étudie les aliments végétaux entiers ou les matières premières protéiques que les protéines purifiées [24]. Dans l'ensemble, une analyse récente a révélé que les données probantes provenant d'essais contrôlés randomisés suggèrent qu'une ou deux portions d'aliments à base de protéines végétales au lieu d'aliments à base de protéines animales diminuent le cholestérol des lipoprotéines de basse densité et l'apolipoprotéine B de ~4% chez les adultes avec et sans hyperlipidémie [25]. On considère de plus en plus que les légumineuses, de façon générale,

améliorent les facteurs de risque cardiométabolique (comparativement à divers régimes alimentaires contrôlés pour les nutriments énergétiques) [par ex. 26, 27]. Ceci est en accord avec les associations épidémiologiques négatives entre consommation de légumineuse et risque cardiovasculaire et diabétique [28].

### **Les acides aminés pourraient-ils jouer un rôle ?**

Comme je l'ai mentionné au début du présent document, on pourrait considérer qu'une grande partie de la relation entre les apports en protéines végétales et animales et le risque cardiométabolique pourrait être attribuée au large ensemble de nutriments et autres substances (par ex. les produits phytochimiques) qu'ils transportent, directement ou indirectement [29]. Cependant, de nombreuses études ont fait état d'une association significative avec les critères de jugement cardiométaboliques, même lorsque des modèles entièrement ajustés ont été utilisés, c.-à-d. des modèles incluant les apports alimentaires/nutritionnels et les facteurs de confusion classiques liés aux comportements et au statut socioéconomique [10, 12, 13]. Par conséquent, il faut également tenir compte du fait que le type de protéines en soi (c.-à-d. les quantités relatives d'acides aminés qu'elle fournit) peut affecter le risque cardiométabolique. Cette proposition est appuyée par les résultats des études chez l'Homme et l'animal qui ont manipulé les apports en acides aminés, et dans une moindre mesure par l'analyse qu'on peut faire des études d'observation.

En plus de leur utilisation pour la synthèse ou l'oxydation des protéines, les acides aminés entrent dans des voies métaboliques spécifiques qui conduisent à la synthèse de métabolites qui jouent un rôle clé en physiologie et en physiopathologie. Pour cet article, pour des raisons de concision, je n'en mentionnerai brièvement que quelques-uns qui sont présentes à différents niveaux dans les protéines végétales et animales et qui ont fait l'objet de nombreuses études pour leurs impacts probables sur la physiologie : l'arginine, la cystéine et les acides aminés à chaîne ramifiée.

L'arginine est le substrat pour la synthèse de monoxyde d'azote, le principal médiateur de l'homéostasie vasculaire. En effet, on considère qu'une altération de la production de monoxyde d'azote et/ou de la bioactivité est une caractéristique centrale du risque cardiométabolique, notamment la coronaropathie, l'accident vasculaire cérébral et le diabète. Comme le montre une méta-analyse, la supplémentation en arginine améliore la fonction endothéliale lorsqu'elle est faible initialement [30]. Les effets bénéfiques de la supplémentation en arginine sur la fonction endothéliale peuvent être obtenus avec de faibles apports (correspondant à une modification de la quantité ou de la nature des protéines dans le régime alimentaire). En effet, la supplémentation à de faibles doses atténue la dysfonction endothéliale postprandiale qui suit un repas riche en graisses saturées [31 , 32].

Les acides aminés soufrés, et en particulier la cystéine, ont également été étudiés pour leurs effets potentiels sur le risque cardiométabolique, en raison de leurs liens avec l'homocystéine (un facteur de risque probable de MCV) et le glutathion (une molécule pivot de l'homéostasie redox). La relation entre l'apport en cystéine, le métabolisme du glutathion et la santé cardiométabolique a été largement étudiée et le lecteur pourra se reporter à des revues de la littérature [comme 33]. Par exemple, la supplémentation alimentaire en cystéine réduit le stress oxydatif et la résistance à l'insuline chez le rat [34]. Cet effet protecteur s'est notamment accompagné d'une altération du statut redox du glutathion, qui a été signalé comme étant un marqueur précoce de l'athérosclérose chez les humains en santé [35]. Chez l'humain, les variations de l'apport en acides aminés soufrés affectent les concentrations plasmatiques de cystéine à jeun et le statut redox, comme le montre le potentiel redox cystéine/cystéine extracellulaire [36]. L'apport en cystéine a également été inversement associé à l'incidence de l'AVC [37].

Les acides aminés à chaîne latérale ramifiées (BCAA) ont eu un regain d'intérêt depuis dix ans. En effet, les concentrations de BCAA sont élevées chez les sujets obèses présentant

une résistance à l'insuline et/ou un syndrome métabolique [38] et elles sont prédictives du diabète et des MCV [par ex. 39]. La consommation de BCAAs a été associée à l'incidence de la résistance à l'insuline et du diabète, bien que cette consommation pourrait simplement être un marqueur de la consommation totale de protéines animales [40]. La supplémentation en BCAAs modulerait également la sensibilité à l'insuline, notamment dans le contexte de l'obésité selon des modèles d'induction diététique [41-43]. Il est important de noter que les BCAA alimentaires interagissent largement avec l'oxydation des acides gras, et nous avons récemment montré que cela pourrait expliquer pourquoi le type de protéine dans un repas riche en lipides module le degré de surcharge mitochondriale postprandiale [44]. Cependant, il demeure difficile de déterminer si les BCAA alimentaires et plasmatiques favorisent l'apparition des dysrégulations contribuant au risque cardiométabolique, ou si une concentration plasmatique élevée de BCAA est un témoin d'un métabolisme dérégulé [45].

Cette recherche sur l'effet des acides aminés sur la santé cardiométabolique à long terme nous amène à revoir notre vision nutritionnelle classique des acides aminés, qui se concentre sur leur rôle nutritionnel de base lié au renouvellement des protéines.

## **Conclusion**

La consommation de protéines végétales dans les pays occidentaux est fortement associée à la qualité de l'alimentation, alors que la contribution des protéines animales est plus hétérogène, variant largement selon la source. Les protéines végétales et animales sont en effet consommées avec d'autres nutriments et substances qui constituent l'environnement protéique, ce qui peut expliquer leur relation avec la santé cardiométabolique selon les habitudes alimentaires actuelles. Pourtant, des données récentes provenant d'importantes cohortes ont confirmé que les protéines totales et animales sont associées au risque de MCV et de diabète, même dans les modèles qui tiennent compte des modes de vie et des facteurs alimentaires/nutritionnels associés. Là encore, la variabilité est marquée selon le type de protéine animale. Selon cette

littérature, on retrouve à une extrémité de la gamme des associations les protéines provenant de la viande rouge transformée et de la viande rouge totale, et à l'autre extrémité les légumineuses, fruits à coques et graines. Les ECR utilisant des protéines purifiées n'ont guère permis d'apporter des conclusions claires jusqu'à présent, dans la mesure où les résultats ne peuvent être facilement extrapolés aux régimes alimentaires actuels ou à venir, mais les ECR étudiant les aliments protéiques entiers ont montré un effet bénéfique des légumineuses, notamment. Bien que bon nombre des bienfaits des protéines végétales rapportés dans les études d'observation ou d'intervention puissent provenir de l'ensemble de l'environnement protéique auxquelles elles sont liées et des apports en nutriments qu'elles modifient, il existe également d'importantes indications que les protéines en *soi* pourraient affecter la santé cardiometabolique par le biais des nombreux acides aminés qui sont présents à des niveaux généralement contrastés dans les protéines végétales et animales.

### **Remerciements.**

Je tiens à remercier le professeur Jean-François Huneau pour les discussions intéressantes sur ce sujet.

### **Littérature citée**

1. Cleveland DA et Gee Q. Plant-Based Diets for Mitigating Climate Change. Edition ed. In: Mariotti F, ed. Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention: Academic Press, 2017:135-56.
2. Mariotti F. Animal and Plant Protein Sources and Cardiometabolic Health. Adv Nutr in press.
3. Sobiecki JG, Appleby PN, Bradbury KE, *et al.* High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford study. Nutr Res 2016;36(5):464-77. doi: 10.1016/j.nutres.2015.12.016.
4. Vergnaud AC, Norat T, Romaguera D, *et al.* Meat consumption and prospective weight change in participants of the EPIC-PANACEA study. Am J Clin Nutr 2010;92(2):398-407. doi: 10.3945/ajcn.2009.28713.



5. Fogelholm M, Kanerva Net Mannisto S. Association between red and processed meat consumption and chronic diseases: the confounding role of other dietary factors. *Eur J Clin Nutr* 2015;69(9):1060-5. doi: 10.1038/ejcn.2015.63.
6. Camilleri GM, Verger EO, Huneau JF, *et al.* Plant and animal protein intakes are differently associated with nutrient adequacy of the diet of French adults. *J Nutr* 2013;143(9):1466-73. doi: 10.3945/jn.113.177113.
7. Bianchi CM, Egnell M, Huneau JF, *et al.* Plant Protein Intake and Dietary Diversity Are Independently Associated with Nutrient Adequacy in French Adults. *J Nutr* 2016;146(11):2351-60. doi: 10.3945/jn.116.236869.
8. Gavelle E, Huneau JF, Mariotti F. Patterns of Protein Food Intake Are Associated with Nutrient Adequacy in the General French Adult Population. *Nutrients* 2018;10(2). doi: 10.3390/nu10020226.
9. Satija A, Bhupathiraju SN, Rimm EB, *et al.* Plant-Based Dietary Patterns and Incidence of Type 2 Diabetes in US Men and Women: Results from Three Prospective Cohort Studies. *PLoS Med* 2016;13(6):e1002039. doi: 10.1371/journal.pmed.1002039.
10. Song M, Fung TT, Hu FB, *et al.* Association of Animal and Plant Protein Intake With All-Cause and Cause-Specific Mortality. *JAMA Intern Med* 2016. doi: 10.1001/jamainternmed.2016.4182.
11. Hernandez-Alonso P, Salas-Salvado J, Ruiz-Canela M, *et al.* High dietary protein intake is associated with an increased body weight and total death risk. *Clin Nutr* 2016;35(2):496-506. doi: 10.1016/j.clnu.2015.03.016.
12. Tharrey M, Mariotti F, Mashchak A, *et al.* Patterns of plant and animal protein intake are strongly associated with cardiovascular mortality: the Adventist Health Study-2 cohort. *Int J Epidemiol* 2018. doi: 10.1093/ije/dyy030.
13. Malik VS, Li Y, Tobias DK, *et al.* Dietary Protein Intake and Risk of Type 2 Diabetes in US Men and Women. *Am J Epidemiol* 2016;183(8):715-28. doi: 10.1093/aje/kwv268.
14. Tian S, Xu Q, Jiang R, *et al.* Dietary Protein Consumption and the Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies. *Nutrients* 2017;9(9). doi: 10.3390/nu9090982.
15. Shang X, Scott D, Hodge AM, *et al.* Dietary protein intake and risk of type 2 diabetes: results from the Melbourne Collaborative Cohort Study and a meta-analysis of prospective studies. *Am J Clin Nutr* 2016;104(5):1352-65. doi: 10.3945/ajcn.116.140954.
16. Shang X, Scott D, Hodge A, *et al.* Dietary protein from different food sources, incident metabolic syndrome and changes in its components: An 11-year longitudinal study in healthy community-dwelling adults. *Clin Nutr* 2017;36(6):1540-8. doi: 10.1016/j.clnu.2016.09.024.
17. Smith JD, Hou T, Ludwig DS, *et al.* Changes in intake of protein foods, carbohydrate amount and quality, and long-term weight change: results from 3 prospective cohorts. *Am J Clin Nutr* 2015;101(6):1216-24. doi: 10.3945/ajcn.114.100867.
18. Tonstad Set Clifton P. Vegetarian Diets and the Risk of Type 2 Diabetes. Edtion ed. In: Mariotti F, ed. *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention*: Academic Press, 2017:355-67.
19. Ramdath DD, Padhi EM, Sarfaraz S, *et al.* Beyond the Cholesterol-Lowering Effect of Soy Protein: A Review of the Effects of Dietary Soy and Its Constituents on Risk Factors for Cardiovascular Disease. *Nutrients* 2017;9(4). doi: 10.3390/nu9040324.
20. Dong JY, Tong X, Wu ZW, *et al.* Effect of soya protein on blood pressure: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Nutr* 2011;106(3):317-26. doi: 10.1017/S0007114511000262.
21. Bahr M, Fechner A, Kiehntopf M, *et al.* Consuming a mixed diet enriched with lupin protein beneficially affects plasma lipids in hypercholesterolemic subjects: a randomized controlled trial. *Clin Nutr* 2015;34(1):7-14. doi: 10.1016/j.clnu.2014.03.008.

22. Bahr M, Fechner A, Kramer J, *et al.* Lupin protein positively affects plasma LDL cholesterol and LDL:HDL cholesterol ratio in hypercholesterolemic adults after four weeks of supplementation: a randomized, controlled crossover study. *Nutr J* 2013;12:107. doi: 10.1186/1475-2891-12-107.
23. Weisse K, Brandsch C, Zernsdorf B, *et al.* Lupin protein compared to casein lowers the LDL cholesterol:HDL cholesterol-ratio of hypercholesterolemic adults. *Eur J Nutr* 2010;49(2):65-71. doi: 10.1007/s00394-009-0049-3.
24. Liu ZM, Chen Y, Met Ho SC. Effects of soy intake on glycemic control: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2011;93(5):1092-101. doi: 10.3945/ajcn.110.007187.
25. Li SS, Blanco Mejia S, Lytvyn L, *et al.* Effect of Plant Protein on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Am Heart Assoc* 2017;6(12). doi: 10.1161/JAHA.117.006659.
26. Mollard RC, Luhovyy BL, Panahi S, *et al.* Regular consumption of pulses for 8 weeks reduces metabolic syndrome risk factors in overweight and obese adults. *Br J Nutr* 2012;108 Suppl 1:S111-22. doi: 10.1017/S0007114512000712.
27. Bazzano LA, Thompson AM, Tees MT, *et al.* Non-soy legume consumption lowers cholesterol levels: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2011;21(2):94-103. doi: 10.1016/j.numecd.2009.08.012.
28. Becerra-Tomas N, Diaz-Lopez A, Rosique-Esteban N, *et al.* Legume consumption is inversely associated with type 2 diabetes incidence in adults: A prospective assessment from the PREDIMED study. *Clin Nutr* 2018;37(3):906-13. doi: 10.1016/j.clnu.2017.03.015.
29. Mariotti F, Huneau JF. Plant and Animal Protein Intakes Are Differentially Associated with Large Clusters of Nutrient Intake that May Explain Part of Their Complex Relation with CVD Risk. *Adv Nutr* 2016;7(3):559-60. doi: 10.3945/an.115.011932.
30. Bai Y, Sun L, Yang T, *et al.* Increase in fasting vascular endothelial function after short-term oral L-arginine is effective when baseline flow-mediated dilation is low: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2009;89(1):77-84.
31. Borucki K, Aronica S, Starke I, *et al.* Addition of 2.5 g L-arginine in a fatty meal prevents the lipemia-induced endothelial dysfunction in healthy volunteers. *Atheroscler Suppl* 2009;205(1):251-4.
32. Deveaux A, Pham I, West SG, *et al.* L-Arginine Supplementation Alleviates Postprandial Endothelial Dysfunction When Baseline Fasting Plasma Arginine Concentration Is Low: A Randomized Controlled Trial in Healthy Overweight Adults with Cardiometabolic Risk Factors. *J Nutr* 2016;146(7):1330-40. doi: 10.3945/jn.115.227959.
33. Yin J, Ren W, Yang G, *et al.* L-Cysteine metabolism and its nutritional implications. *Mol Nutr Food Res* 2016;60(1):134-46. doi: 10.1002/mnfr.201500031.
34. Blouet C, Mariotti F, Azzout-Marniche D, *et al.* Dietary cysteine alleviates sucrose-induced oxidative stress and insulin resistance. *Free Radic Biol Med* 2007;42(7):1089-97. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.01.006.
35. Ashfaq S, Abramson JL, Jones DP, *et al.* The relationship between plasma levels of oxidized and reduced thiols and early atherosclerosis in healthy adults. *J Am Coll Cardiol* 2006;47(5):1005-11. doi: 10.1016/j.jacc.2005.09.063.
36. Jones DP, Park Y, Gletsu-Miller N, *et al.* Dietary sulfur amino acid effects on fasting plasma cysteine/cystine redox potential in humans. *Nutrition* 2011;27(2):199-205. doi: 10.1016/j.nut.2010.01.014.
37. Larsson SC, Hakansson Net Wolk A. Dietary cysteine and other amino acids and stroke incidence in women. *Stroke* 2015;46(4):922-6. doi: 10.1161/STROKEAHA.114.008022.
38. Newgard CB, An J, Bain JR, *et al.* A branched-chain amino acid-related metabolic signature that differentiates obese and lean humans and contributes to insulin resistance. *Cell Metab* 2009;9(4):311-26.

39. Guasch-Ferre M, Hruby A, Toledo E, *et al.* Metabolomics in Prediabetes and Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Diabetes Care* 2016;39(5):833-46. doi: 10.2337/dc15-2251.
40. Isanejad M, LaCroix AZ, Thomson CA, *et al.* Branched-chain amino acid, meat intake and risk of type 2 diabetes in the Women's Health Initiative. *Br J Nutr* 2017;117(11):1523-30. doi: 10.1017/S0007114517001568.
41. Balage M, Dupont J, Mothe-Satney I, *et al.* Leucine supplementation in rats induced a delay in muscle IR/PI3K signaling pathway associated with overall impaired glucose tolerance. *J Nutr Biochem* 2011;22(3):219-26. doi: 10.1016/j.jnutbio.2010.02.001.
42. Cummings NE, Williams EM, Kasza I, *et al.* Restoration of metabolic health by decreased consumption of branched-chain amino acids. *J Physiol* 2018;596(4):623-45. doi: 10.1113/JP275075.
43. Newgard CB. Interplay between lipids and branched-chain amino acids in development of insulin resistance. *Cell Metab* 2012;15(5):606-14. doi: 10.1016/j.cmet.2012.01.024.
44. Pujos-Guillot E, Brandolini-Bunlon M, Fouillet H, *et al.* Metabolomics Reveals that the Type of Protein in a High-Fat Meal Modulates Postprandial Mitochondrial Overload and Incomplete Substrate Oxidation in Healthy Overweight Men. *J Nutr* 2018;148(6):876-84. doi: 10.1093/jn/nxy049.
45. Gannon NP, Schnuck J, Ket Vaughan RA. BCAA Metabolism and Insulin Sensitivity - Dysregulated by Metabolic Status? *Mol Nutr Food Res* 2018;62(6):e1700756. doi: 10.1002/mnfr.201700756.