



Biodisponibilité des vitamines et de la choline dans les produits animaux

Les produits animaux, des vecteurs de vitamines et de choline biodisponibles trop longtemps négligés

Mots clés : biodisponibilité des vitamines ; biodisponibilité de la choline ; sources de vitamines ; produits animaux et végétaux

Autrice : Anna Essex¹

¹ : Anna Essex, Consultante indépendante rédaction scientifique et vulgarisation, Ingénieure Agronome spécialisée en Nutrition et Santé, Saint-Jean-de-Luz, France..

E-mail : anna.sx.consult@gmail.com

Pour certaines vitamines et la choline (nutriment essentiel apparenté aux vitamines B), les aliments d'origine animale (en particulier les abats et la viande rouge) fournissent des formes nettement plus biodisponibles que les végétaux. Un régime diversifié combinant produits animaux et végétaux est nécessaire pour optimiser les apports en vitamines et en choline et tirer parti de la complémentarité de leurs sources et de leur biodisponibilité.

Résumé

La biodisponibilité - proportion d'un nutriment réellement absorbée et utilisée par l'organisme - varie considérablement selon l'origine animale ou végétale des aliments. Cette revue synthétise les données de Chungchunlam et Moughan (2024) sur la biodisponibilité des treize vitamines et de la choline, nutriment essentiel apparenté aux vitamines B, dans les principales sources alimentaires. Les aliments d'origine animale sont les sources quasi exclusives de vitamine A préformée (rétinol et esters de rétinyl, biodisponibles à 74%) et de vitamine B12 (65%), et fournissent l'ensemble des vitamines du groupe B avec une biodisponibilité élevée (biotine : 89% ; pyridoxine : 83% ; thiamine : 82% ; acide pantothénique : 80% ; folates et niacine : 67%). Les aliments végétaux sont les principales sources de vitamine C (76%) et de caroténoïdes provitaminiques A (β -carotène, 16%). Ces données montrent que les aliments d'origine animale - et notamment les abats et la viande rouge - apportent des vitamines ayant, pour la plupart, une biodisponibilité généralement élevée. Elles confirment également l'intérêt d'un régime alimentaire diversifié, du fait d'une complémentarité nutritionnelle déjà objectivée par modélisation : pour couvrir l'ensemble des recommandations nutritionnelles, la contribution des protéines d'origine animale aux apports protéiques totaux doit représenter au moins 45 à 60% selon l'âge et le sexe.

Abstract: Bioavailability of vitamins and choline in animal products

Bioavailability - the proportion of a nutrient that is absorbed and used by the body - varies considerably depending on whether foods are of animal or plant origin. This review summarises data from Chungchunlam and Moughan (2024) on the bioavailability of thirteen vitamins and choline, an essential nutrient related to the B vitamins, in major food sources. Animal-sourced foods are the almost exclusive sources of preformed vitamin A (retinol and retinyl esters, 74% bioavailable) and vitamin B12 (65%), and provide all B vitamins with high bioavailability (biotin: 89%; vitamin B6: 83%; thiamin: 82%; pantothenic acid: 80%; folate and niacin: 67%). Plant-based foods are the main sources of vitamin C (76%) and provitamin A carotenoids (β -carotene, 16%). These data show that animal-sourced foods - particularly offal and red meat - provide vitamins with, for the most part, generally high bioavailability. They also confirm the value of a diversified diet, supported by a nutritional complementarity already demonstrated by modelling: to meet all nutrient-based recommendations, the contribution of animal protein to total protein intake must represent at least 45 to 60% depending on age and sex.

INTRODUCTION

Les études travaillant sur des régimes modélisés révèlent que les nutriments les plus critiques sur le plan nutritionnel sont les vitamines et les minéraux, notamment la vitamine A, les vitamines du groupe B, le calcium, le fer, le potassium et le zinc (Chungchunlam *et al.*, 2020 et 2021). Ces carences touchent des populations très diverses, mais sont particulièrement prévalentes dans les pays à faibles et moyens revenus (Bailey *et al.*, 2015 ; Beal *et al.*, 2017).

Le statut nutritionnel en vitamines ne dépend pas uniquement de la quantité de micronutriments apportée par l'alimentation. Il est également conditionné par la forme sous laquelle ce micronutriment est apporté - dont dépend sa biodisponibilité - mais aussi par les quantités réellement consommées (certains aliments très riches, comme le persil ou les ris de veau, sont consommés en faibles quantités), et par des facteurs propres à l'individu, notamment son statut nutritionnel préalable (une carence pouvant parfois accroître l'absorption intestinale) (Baker, 1995 ; Gibson, 2007). Un cas bien connu pour illustrer le phénomène de biodisponibilité est celui du fer héminique, retrouvé dans les produits animaux et notamment la viande rouge, et qui est bien mieux absorbé par l'organisme que le fer non héminique,

retrouvé dans les végétaux (Murphy et Allen, 2003; Melse-Boonstra, 2020). C'est pourquoi le rôle de la viande rouge dans la couverture des besoins en minéraux (fer mais aussi zinc) est clairement établi (Adesogan *et al.*, 2020; Beal *et al.*, 2023). Mais qu'en est-il des vitamines ? L'origine exclusivement animale de la vitamine B12 est bien connue (Scott, 1997; Watanabe, 2007), mais les produits animaux, notamment la viande rouge et les abats, représentent aussi des sources non négligeables de nombreuses autres vitamines (WHO et FAO, 2004; Ball, 2006). En outre, comme pour les minéraux, la biodisponibilité des vitamines varie considérablement entre les sources alimentaires, sous l'influence de facteurs liés à l'hôte et à la matrice alimentaire (Gibson, 2007; Melse-Boonstra, 2020). Cet article synthétise les données et conclusions d'une revue systématique de la littérature scientifique récente ayant comparé les biodisponibilités des vitamines dans les aliments d'origine animale et végétale (Chungchunlam et Moughan, 2024). Ces informations ont en outre été complétées par des données de composition nutritionnelle afin de mieux refléter la contribution potentielle des différentes sources alimentaires aux apports en vitamines.

I. LES VITAMINES ET LEUR BIODISPONIBILITE

Les vitamines sont des composants impliqués dans de nombreux systèmes enzymatiques. Elles jouent donc un rôle crucial dans diverses fonctions physiologiques, notamment l'intégrité de la membrane cellulaire, les fonctions nerveuse et musculaire, la formation osseuse et la santé générale (WHO et FAO, 2004 ; Ball, 2006). Elles sont classées en vitamines liposolubles (A, D, E, K) et hydrosolubles (C et vitamines du groupe B), en fonction de leur solubilité respectivement dans les corps gras et dans l'eau (WHO et FAO, 2004 ; Ball, 2006).

La biodisponibilité des vitamines varie considérablement entre aliments d'origine animale et végétale. Cette variabilité est influencée par plusieurs facteurs, dont la matrice alimentaire, le degré de transformation des aliments et la présence d'autres composants alimentaires susceptibles d'affecter l'absorption des composés nutritionnels au niveau intestinal (Gibson, 2007; Melse-Boonstra, 2020). Il convient de souligner que cette variabilité existe également au sein d'une même catégorie : les sources végétales peuvent présenter des profils de biodisponibilité très hétérogènes selon le type d'aliment (ex. : huile végétale versus légume à feuille pour la vitamine K1).

Des déficiences d'apports associées à de faibles biodisponibilités expliquent que des carences en vitamines persistent à l'échelle mondiale, notamment en vitamine A, vitamine B12 et folates (Bailey *et al.*, 2015 ; Beal *et al.*, 2017). Cependant, il convient de ne pas généraliser : une faible biodisponibilité n'entraîne pas nécessairement de carence, dès lors que les apports quantitatifs sont suffisants. C'est le cas de la vitamine K1, dont la biodisponibilité est estimée à 16,5% dans les légumes verts, sans que des carences cliniques soient couramment observées dans les pays industrialisés (Chungchunlam et Moughan, 2024).). À l'heure où les recommandations sont en faveur d'une végétalisation généralisée de l'alimentation, comparer la biodisponibilité des vitamines dans les différents aliments destinés à l'Homme présente donc un fort intérêt, afin d'anticiper d'éventuels déficits micro-nutritionnels (Beal et Ortenzi, 2022 ; Beal *et al.*, 2023).

La Figure 1 ci-après présente les biodisponibilités estimées des différentes vitamines dans les aliments d'origine animale (en rouge) et végétale (en vert).

Afin de donner une vision juste de la contribution des aliments animaux versus végétaux aux apports

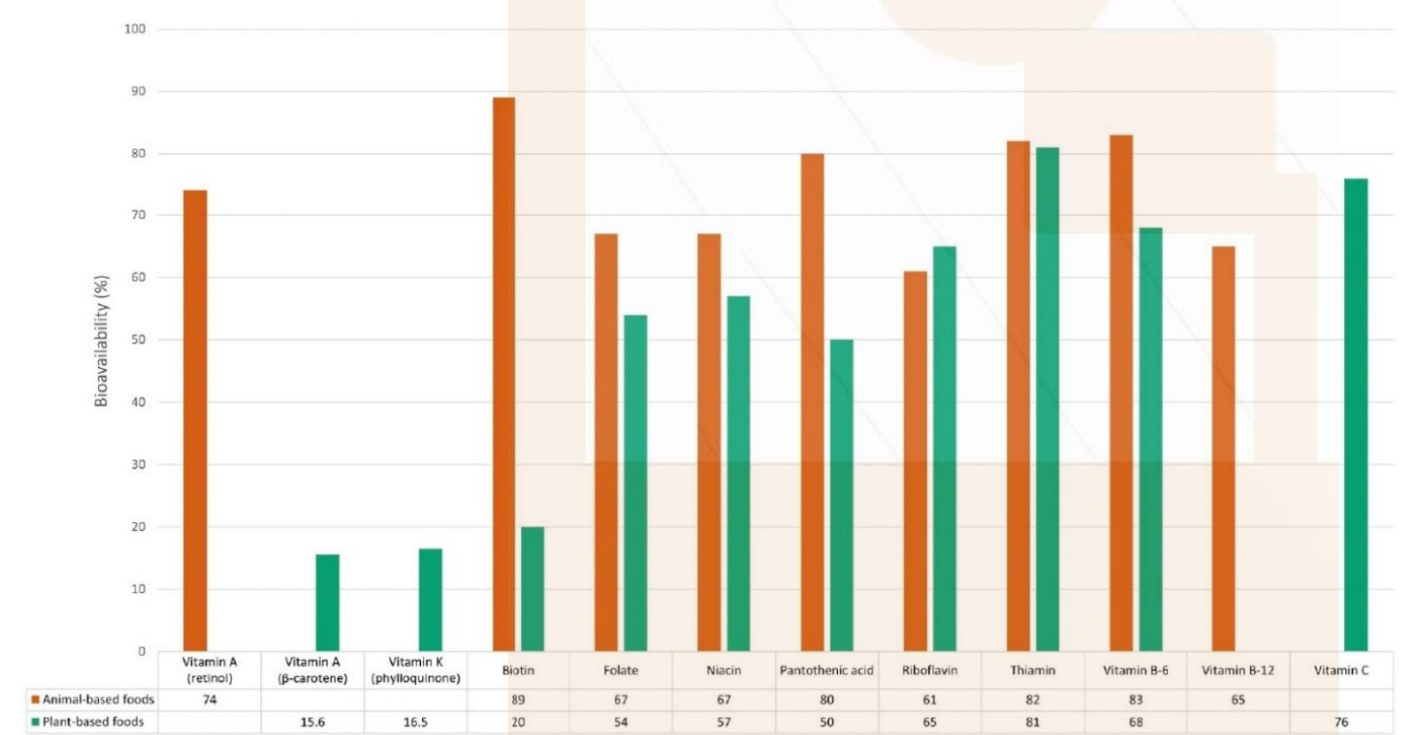
vitaminiques chez l'Homme, ces résultats sont à mettre en perspective des teneurs en vitamines présentes dans ces deux catégories d'aliments, et issues principalement de la table de composition ANSES/Ciqual (sauf mention particulière, les teneurs en vitamines indiquées dans cet article sont des teneurs moyennes extraites de cette table et exprimées pour 100 g d'aliment comestible cuit).

Les paragraphes suivants font donc le point, pour chaque vitamine, sur leur rôle physiologique, leur spécificité éventuelle (liée à leur forme) pouvant influencer leur biodisponibilité, les besoins physiologiques et les principales sources alimentaires avec quelques exemples de teneurs, avant de comparer leur biodisponibilité dans les aliments d'origine animale et végétale en fonction des données disponibles (Chungchunlam et Moughan, 2024).

Figure 1 : Biodisponibilités estimées des différentes vitamines dans les aliments d'origine animale (en rouge) et végétale (en vert).

Les caroténoïdes provitaminiques A sont représentés par le β -carotène ; la vitamine K par la phylloquinone (K1). Les appellations chiffrées correspondent aux dénominations suivantes : B1 = thiamine ; B2 = riboflavine ; B3 = niacine ; B5 = acide pantothénique ; B6 = pyridoxine ; B8 = biotine ; B9 = folates ; B12 = cobalamine.

Source : Chungchunlam et Moughan, 2024.



Les valeurs de biodisponibilité sont issues d'études in vivo conduites chez l'humain ou le porc comme modèle animal de l'adulte humain. Source unique : Chungchunlam & Moughan (2024).

Tableau 1 : Sources, teneurs et biodisponibilité des vitamines et de la choline selon l'origine animale ou végétale

Vitamine	Rôles principaux	Besoins adulte*	Sources animales (<i>Chungchunlam & Moughan, 2024</i>)	Sources végétales (<i>Chungchunlam & Moughan, 2024</i>)	Teneurs indicatives (<i>Ciqual 2025</i> sauf mention)	Biodisponibilité selon source* (<i>Chungchunlam & Moughan, 2024</i>)
Vitamine A	Vision, croissance, immunité, intégrité cellulaire (<i>Biesalski 1997</i>)	RNP : 750 µg ER/j	Rétinol (vitamine A préformée) : présent quasi exclusivement dans les aliments animaux : viande, foie, lait, œufs, poisson (<i>Biesalski 1997</i>) <i>Études de biodisponibilité : foie de bœuf cuit et pâté de foie (Buss et al. 1994 ; van Vliet et al. 2001)</i>	β-carotène et α-carotène (provitamine A) : légumes et fruits colorés (orange, jaune, rouge, vert, violet) (<i>Castenmiller & West 1998 ; van Het Hof et al. 2000</i>) <i>Études de biodisponibilité : carottes, épinards, patates douces (Brown et al. 1989 ; Livny et al. 2003 ; Huang et al. 2000)</i>	Animales (rétinol) : Huile de foie de morue : 30 mg/100 g Foie de veau : 13,8 mg/100 g Crème fraîche 20% MG : 448 µg/100 g Œuf à la coque : 132 µg/100 g Côte de veau : 68 µg/100 g <i>Source : ANSES/Ciqual (2025)</i> Végétales (β-carotène en ER) : Carottes : 8,9 mg RE/100 g Épinards : 7,2 mg RE/100 g <i>Source : Castenmiller & West (1998) ; van Het Hof et al. (2000)</i>	Animales (rétinol) : 74% en moyenne (43–98% selon dose et matrice) Végétales (β-carotène) : 16% en moyenne (2–65%) <i>La comparaison intègre absorption + conversion β-carotène → rétinol (rendement 1:6)</i>
Vitamine D	Santé osseuse, immunité, homéostasie du calcium et du phosphore (<i>IOM 2011</i>)	AS : 15 µg/j	Vitamine D3 (cholécalférol) : principalement dans les aliments animaux : poissons gras, viande, produits laitiers, œufs (<i>Borel et al. 2015 ; Cashman 2012 ; Jäpelt & Jakobsen 2013</i>) <i>Teneur dans le lait et les œufs dépend de l'alimentation animale (Jakobsen & Saxholt 2009 ; Mattila et al. 1999, 2011)</i> <i>Les sources alimentaires naturelles</i>	Vitamine D2 (ergocalciférol) : céréales, légumes, champignons et fruits contiennent de l'ergostérol, converti en D2 sous UV (<i>Borel et al. 2015 ; Jäpelt & Jakobsen 2013</i>) <i>Étude de biodisponibilité : champignons de Paris exposés aux UV (Urbain et al. 2011)</i>	Animales : Fourchette : 1–250 µg/100 g selon aliment <i>Source : Holick (2007) ; Calvo & Whiting (2013)</i> Végétales : Champignons de Paris irradiés : jusqu'à 10 µg/100 g <i>Source : Outila et al. (1999) ; Urbain et al. (2011)</i>	Animales (D3, porc) : 46% — données limitées (<i>van den Berg 1997d</i>) Végétales (D2, champignons UV) : 66% (<i>Urbain et al. 2011</i>) <i>Données insuffisantes pour comparaison robuste (Chungchunlam & Moughan 2024)</i>

Vitamine	Rôles principaux	Besoins adulte*	Sources animales (<i>Chungchunlam & Moughan, 2024</i>)	Sources végétales (<i>Chungchunlam & Moughan, 2024</i>)	Teneurs indicatives (<i>Ciquál 2025</i> sauf mention)	Biodisponibilité selon source* (<i>Chungchunlam & Moughan, 2024</i>)
			fournissent moins de 1 µg/j (<i>Cashman 2012 ; IOM 2011</i>)			
Vitamine E	Antioxydant liposoluble, protection des acides gras polyinsaturés (<i>Cohn 1997 ; Jiang 2014</i>)	AS : 10 mg/j	Faibles quantités : viande, beurre, œufs, produits laitiers (<i>Bauernfeind 1977 ; McLaughlin & Weihrauch 1979</i>) <i>Teneur dépend de la quantité de vitamine E dans l'alimentation de l'animal</i> (<i>Bauernfeind 1977 ; Piironen et al. 1985</i>) <i>Aucune étude de biodisponibilité publiée sur les aliments animaux</i>	Sources naturellement riches : huiles végétales, oléagineux, céréales, certains légumes et fruits (<i>Bauernfeind 1977 ; Chun et al. 2006 ; McLaughlin & Weihrauch 1979</i>) <i>Étude de biodisponibilité : amandes</i> (<i>Mandalari et al. 2008</i>)	Animales : Viande, beurre, œufs : 0,5–3,5 mg/100 g <i>Source : WHO & FAO (2004) ; Chungchunlam & Moughan (2024)</i> Végétales : Amandes : 22,3 mg/100 g Huiles végétales riches : 60–65 mg/100 g Céréales petit-déjeuner : 6,4 mg/100 g <i>Source : Ball (2006) ; ANSES/Ciquál (2025)</i>	ND pour les aliments animaux (aucune étude publiée) Végétales (amandes) : 54% — pilote n=2, à confirmer (<i>Mandalari et al. 2008</i>) <i>Comparaison impossible en l'état des connaissances</i> (<i>Chungchunlam & Moughan 2024</i>)
Vitamine K	Coagulation sanguine, métabolisme osseux nerveux (<i>Booth 2012 ; Shearer et al. 2012</i>)	AS (K1) : 79 µg/j AS (K2) : ND	Phylloquinone (K1) + ménaquinones (K2) : les aliments animaux contiennent les deux formes (<i>Beulens et al. 2013 ; Booth 2012</i>) <i>Le foie peut fournir d'importantes quantités de ménaquinones K2</i> (<i>Chungchunlam & Moughan 2024</i>) <i>Aucune mesure de biodisponibilité de la vitamine K dans les aliments animaux publiée</i>	Phylloquinone (K1) : principalement dans les légumes à feuilles vertes et les huiles végétales (<i>Booth 1997 ; Olson 1987b</i>) <i>Bactéries du côlon humain peuvent synthétiser des ménaquinones</i> (<i>Yoshii et al. 2019</i>) <i>Études de biodisponibilité : chou kale, épinards, brocoli</i> (<i>Novotny et al. 2010 ; Gijsbers et al. 1996 ; Garber et al. 1999 ; Booth et al. 2002</i>)	Animales : ND dans les tables de composition usuelles <i>Source : Chungchunlam & Moughan (2024)</i> Végétales (K1) : Épinards cuits : 400–500 µg/100 g Huile d'olive : 58 µg/100 g <i>Source : Booth (1997) ; ANSES/Ciquál (2025)</i>	ND pour les aliments animaux Végétales (K1) : 3,3–50% selon matrice et présence de matières grasses <i>Comparaison impossible</i> (<i>Chungchunlam & Moughan 2024</i>)
Thiamine (B1)	Métabolisme des glucides et des acides aminés, fonctionnement nerveux (<i>Gregory 1997b</i>)	RNP : 1,1 mg/MJ	Répandue en quantités élevées : viande (notamment porc), lait, œufs, levure, céréales	Répandue dans les végétaux : légumes, levure, céréales naturelles (<i>Gregory 1997b</i>)	Animales : 0,2–0,9 mg/100 g <i>Source : Chungchunlam & Moughan (2024)</i>	Animales : 82% en moyenne (73–96%)

Vitamine	Rôles principaux	Besoins adulte*	Sources animales (<i>Chungchunlam & Moughan, 2024</i>)	Sources végétales (<i>Chungchunlam & Moughan, 2024</i>)	Teneurs indicatives (<i>Ciquel 2025</i> sauf mention)	Biodisponibilité selon source* (<i>Chungchunlam & Moughan, 2024</i>)
			naturelles (<i>Gregory 1997b</i>) Études de biodisponibilité : bœuf rôti, porc rôti, lait écrémé en poudre, œufs bouillis, poisson (<i>Roth-Maier et al. 1998, 1999</i>)	Le raffinage des céréales en retire la majorité (<i>Gregory 1997b</i>) Études de biodisponibilité : soja, pommes de terre, chou blanc, levure, bananes, blé, son de blé, orge, seigle, maïs, riz (<i>Roth-Maier et al. 1998, 1999</i>)	; ANSES/Ciquel (2025) Végétales : 0,3–0,9 mg/100 g Source : <i>Chungchunlam & Moughan (2024)</i> ; ANSES/Ciquel (2025)	Végétales : 81% en moyenne (75–94%) Biodisponibilité élevée et comparable entre les deux catégories
Riboflavine (B2)	Précurseur des coenzymes FMN et FAD, métabolisme énergétique (<i>Bates 1997b</i>)	RNP : 1,6 mg/j	Sources majeures : lait, viande, foie, légumes verts, levure (<i>Bates 1997b</i>) Présente liée aux protéines dans le lait et les œufs (<i>Bates 1997b</i>) Études de biodisponibilité : bœuf rôti, porc rôti, lait écrémé en poudre (<i>Roth-Maier & Kirchgessner 1996 ; Roth-Maier et al. 1998</i>)	Sources associées : légumes verts, levure, amandes, champignons, céréales complètes (<i>Bates 1997b</i>) Études de biodisponibilité : son de blé, maïs (<i>Roth-Maier & Kirchgessner 1996</i>)	Animales : Foie d'agneau : 4,3 mg/100 g Levure alimentaire : 1,0 mg/100 g Fromage de chèvre : 0,4 mg/100 g Œufs : 0,4 mg/100 g Rôti de veau : 0,3 mg/100 g Fourchette : 0,3–4,3 mg/100 g Source : ANSES/Ciquel (2025) Végétales : Amandes : 1,1 mg/100 g Champignons : 0,4 mg/100 g Épinards : 0,2 mg/100 g Fourchette : 0,2–1,1 mg/100 g Source : ANSES/Ciquel (2025)	Animales : 61% en moyenne (31–94% — lait écrémé : 94% ; bœuf/porc rôtis : 31–71%) Végétales : 65% en moyenne (son de blé : 62% ; maïs : 67%) Variabilité marquée entre matrices laitières, carnées et céréalières
Niacine (B3)	Coenzyme NAD/NADP, métabolisme du glucose, des acides aminés et des acides gras (<i>van den Berg 1997b</i>)	RNP : 1,6 mg EN/MJ	Sources majeures : viande, poisson (<i>van den Berg 1997b</i>) Sources secondaires : lait	Sources majeures : céréales complètes, graines (<i>van den Berg 1997b</i>) Sources secondaires : légumes verts à	Animales : Épaule d'agneau : 7,2 mg/100 g Cabillaud : 2,4 mg/100 g Fourchette : 2–20 mg/100 g	Animales : 67% (bœuf et porc cuits) Végétales : 57% en moyenne (pommes de terre : 69% ; blé : 59–

Vitamine	Rôles principaux	Besoins adulte*	Sources animales (Chungchunlam & Moughan, 2024)	Sources végétales (Chungchunlam & Moughan, 2024)	Teneurs indicatives (Ciquel 2025 sauf mention)	Biodisponibilité selon source* (Chungchunlam & Moughan, 2024)
			(van den Berg 1997b) Dans les aliments animaux, niacine sous forme de nucléotides (NAD) (van den Berg 1997b) Études de biodisponibilité : bœuf cuit, porc cuit (Roth-Maier et al. 2000)	feuilles, grains de café (van den Berg 1997b) Dans les céréales, niacine parfois liée (protéines, glycosides) ; dans le maïs, forme estérifiée non utilisable sans traitement alcalin (van den Berg 1997b) Études de biodisponibilité : pommes de terre bouillies, blé, pain complet (Roth-Maier et al. 2000 ; Wauer et al. 1999)	Source : ANSES/Ciquel (2025) Végétales : Pain (baguette) : ~1 mg/100 g Fourchette : 1–15 mg/100 g Source : ANSES/Ciquel (2025)	61% ; pain complet : 40%)
Acide pantothénique (B5)	Constituant du coenzyme A, métabolisme des glucides, lipides, protéines (van den Berg 1997c)	AS : 6 mg/j	Largement distribuée : produits carnés, lait, œufs (van den Berg 1997c) Études de biodisponibilité : bœuf cuit, porc cuit, lait écrémé en poudre (Roth-Maier & Kirchgessner 1996 ; Roth-Maier et al. 2000)	Largement distribuée : céréales complètes, légumes, oléagineux (van den Berg 1997c) Études de biodisponibilité : pommes de terre, blé, pain complet, son de blé, maïs (Roth-Maier & Kirchgessner 1996 ; Roth-Maier et al. 2000 ; Wauer et al. 1999)	Animales : Foie d'agneau : 12,6 mg/100 g Rosbif : 1,8 mg/100 g Fourchette : 1–13 mg/100 g Source : ANSES/Ciquel (2025) Végétales : Pain (baguette) : 0,5 mg/100 g Fourchette : 1–7 mg/100 g Source : ANSES/Ciquel (2025)	Animales : 80% en moyenne (bœuf : 65% ; porc : 74% ; lait écrémé : 90%) Végétales : 50% en moyenne (pommes de terre : 70–81% ; pain complet : 28% ; maïs : 20%)
Pyridoxine (B6)	Métabolisme des acides aminés, du glycogène et des glucides, synthèse de niacine (Gregory 1997c)	RNP : 1,7 mg/j	Sources riches : céréales, riz, légumineuses, pommes de terre, cacahuètes, viande, lait, œufs, poisson (Reynolds 1988 ; Sauberlich 1964) Forme prédominante dans les aliments animaux : pyridoxal	Sources riches : céréales, riz, légumineuses, pommes de terre (Reynolds 1988) Forme prédominante dans les végétaux : pyridoxine ; fraction parfois glucosidiquement liée (PN-glucoside) — moins	Animales : Foie de génisse : 1,4 mg/100 g Escalope de veau : 0,72 mg/100 g Saumon d'élevage : 0,58 mg/100 g Fourchette : 0,6–1,4 mg/100 g Source : ANSES/Ciquel (2025)	Animales : 83% en moyenne (bœuf/porc : 89% ; poisson : 85% ; lait : 84% ; œufs : 67%) Végétales : 68% en moyenne (soja : 76% ; chou blanc : 91% ; blé : 69% ; riz brun : 16%)

Vitamine	Rôles principaux	Besoins adulte*	Sources animales (Chungchunlam & Moughan, 2024)	Sources végétales (Chungchunlam & Moughan, 2024)	Teneurs indicatives (Ciquel 2025 sauf mention)	Biodisponibilité selon source* (Chungchunlam & Moughan, 2024)
			(Gregory 1997c ; Reynolds 1988) Études de biodisponibilité : bœuf, porc, lait en poudre, œufs bouillis, poisson (Roth-Maier et al. 1998, 2002)	biodisponible (Gregory 1997c) Études de biodisponibilité : soja, pommes de terre, chou blanc, levure, bananes, blé, orge, seigle, maïs, riz brun (Roth-Maier et al. 1998, 2002)	Végétales : Céréales petit-déjeuner : 1,14 mg/100 g Frites de pomme de terre : 0,52 mg/100 g Banane : 0,44 mg/100 g Fourchette : 0,4–1,1 mg/100 g Source : ANSES/Ciquel (2025)	
Biotine (B8)	Coenzyme pour la synthèse des acides gras, catabolisme des acides aminés, gluconéogenèse (IOM 1998 ; van den Berg 1997a)	AS : 40 µg/j	Répandue : viande, céréales, levure, légumineuses, oléagineux — sous forme liée aux protéines (Bonjour 1977 ; van den Berg 1997a ; Zemleni & Mock 1999) Avidine du blanc d'œuf cru inhibe l'absorption ; inactivée par la cuisson (Bonjour 1977) Études de biodisponibilité : farine de viande (meat meal), caséine de lait (Kopinski et al. 1989b)	Répandue : céréales, levure, légumineuses, oléagineux — sous forme liée aux protéines (Bonjour 1977 ; van den Berg 1997a) Biotine des légumes, fruits, son de riz et lait : forme libre (Bonjour 1977 ; van den Berg 1997a) Études de biodisponibilité : farine de soja, blé, orge, maïs, colza (Sauer et al. 1988 ; Kopinski et al. 1989b)	Animales : Jaune d'œuf : ~46 µg/100 g Foie de bœuf : ~36 µg/100 g Fourchette : 10–50 µg/100 g Source : NIH (2022) ; USDA (2022) Végétales : Fourchette : 1–90 µg/100 g Source : NIH (2022) ; USDA (2022)	Animales : 89% en moyenne (farine de viande : 82% ; caséine de lait : 95%) Végétales : 20% en moyenne (soja : 25–55% ; blé : 18–22% ; orge : 5–27% ; maïs : 4% ; colza : 4%) Biotine nettement plus biodisponible dans les aliments animaux
Folates (B9)	Métabolisme des nucléotides et des acides aminés, formation des globules rouges, développement fœtal (Gregory 1997a, 2001)	RNP : 330 µg EFA/j	Présents dans de nombreux aliments : viande, foie, lait, légumes et fruits (Gregory 1989, 1997a, 2001) Certains folates perdus lors du traitement thermique (Gregory 1989 ; Withöft et al. 1999)	Présents dans de nombreux aliments : légumes, fruits, légumineuses, levure, céréales (Gregory 1989, 1997a, 2001) Études de biodisponibilité : pois chiche, haricot mungo, épinards, laitue romaine, chou vert, tomates, levure, bananes, jus	Animales : Foie de génisse : ~1 300 µg/100 g Blanquette de veau : ~23 µg/100 g Lait entier : ~11 µg/100 g Fourchette : 20–1 300 µg EFA/100 g Source : ANSES/Ciquel (2025)	Animales (foie, œufs) : 67% en moyenne (50–82%) Végétales : 54% en moyenne — forte variabilité (10–96%) Variabilité élevée dans les deux catégories (Chungchunlam & Moughan 2024)

Vitamine	Rôles principaux	Besoins adulte*	Sources animales (Chungchunlam & Moughan, 2024)	Sources végétales (Chungchunlam & Moughan, 2024)	Teneurs indicatives (Ciqua 2025 sauf mention)	Biodisponibilité selon source* (Chungchunlam & Moughan, 2024)
			Études de biodisponibilité : foie de bœuf cuit, foie de chèvre, jaune d'œuf dur (Tamura & Stokstad 1973 ; Babu & Srikanthia 1976)	d'orange, germe de blé, millet, seigle (Tamura & Stokstad 1973 ; Babu & Srikanthia 1976 ; Devadas et al. 1979)	Végétales : Farine de soja : ~573 µg/100 g Épinards crus : ~183 µg/100 g Banane : ~19 µg/100 g Fourchette : 20–600 µg EFA/100 g Source : ANSES/Ciqua (2025)	
Cobalamine (B12)	Synthèse de l'ADN, formation des globules rouges, fonction neurologique (Allen 2010 ; Watanabe 2007)	AS : 4 µg/j	Source quasi exclusive : aliments d'origine animale (Allen 2010 ; Scott 1997 ; Watanabe 2007) Études de biodisponibilité : viande de poulet, mouton, œufs, poisson, foie (Doscherholmen et al. 1975, 1978, 1981 ; Heyssel et al. 1966)	Sources végétales très limitées : lavers verte et pourpre (Nori) contiennent de la B12 ; autres algues et cyanobactéries n'ont que des traces biologiquement actives (Watanabe 2007 ; Watanabe et al. 2002)	Animales : Foie d'agneau : 60 µg/100 g Onglet de bœuf : 3,9 µg/100 g Thon au naturel : 2,5 µg/100 g Jaune d'œuf : 2,4 µg/100 g Mozzarella : 2,3 µg/100 g Fourchette : 2–60 µg/100 g Source : ANSES/Ciqua (2025) Végétales : ND	Animales : 65% en moyenne (poulet : 61–65% ; mouton : 65% ; œufs : 64–76%) Végétales : ND
Vitamine C	Antioxydant, synthèse du collagène, immunité (Bates 1997a ; Levine et al. 1995, 1999)	RNP : 110 mg/j	Les aliments d'origine animale ne sont généralement pas des sources importantes de vitamine C (Chungchunlam & Moughan 2024) Aucune étude de biodisponibilité de la vitamine C dans des aliments animaux publiée Teneurs résiduelles (abats) : ris de veau : 39 mg/100 g ; brochettes	Source principale : légumes et fruits (Bates 1997a ; Olson & Hodges 1987) Études de biodisponibilité : moutarde, brocoli, chou vert, pommes de terre, jus de tomate, oranges, kiwi gold, fraises, framboises, papayes, jus de goyave (Mangels et al. 1993 ; Clayton & Borden 1940, 1943 ; Kondo et al. 2012 ; Carr et al. 2013)	Animales : Ris de veau : 39 mg/100 g Brochettes bœuf/agneau : 10–12 mg/100 g Source : ANSES/Ciqua (2025) Végétales : Persil frais : 177 mg/100 g Poivron : 121 mg/100 g Fruits rouges : ~87 mg/100 g Agrumes : 45–60 mg/100 g	Animales : ND — aucune étude publiée Végétales : 76% en moyenne (légumes : 73% ; fruits : 80%) Vitamine C sensible à la chaleur et au lessivage lors de la cuisson (Bates 1997a)

Vitamine	Rôles principaux	Besoins adulte*	Sources animales (Chungchunlam & Moughan, 2024)	Sources végétales (Chungchunlam & Moughan, 2024)	Teneurs indicatives (Ciquat 2025 sauf mention)	Biodisponibilité selon source* (Chungchunlam & Moughan, 2024)
			bœuf/agneau : 10–12 mg/100 g Source : ANSES/Ciquat (2025)		Source : ANSES/Ciquat (2025)	
Choline (nutriment essentiel apparenté aux vitamines B)	Membranes cellulaires (phosphatidylcholine), neurotransmission (acétylcholine), transport lipidique (IOM 1998 ; Zeisel et al. 2003)	AS : 400 mg/j	Sources majeures : œufs, foie, viande, lait, poisson (Arias et al. 2020 ; Zeisel et al. 2003 ; Zeisel & da Costa 2009) <i>Les aliments animaux fournissent plus de choline par unité de poids que les végétaux (Zeisel et al. 2003)</i> <i>Études de biodisponibilité : jaune d'œuf, œufs entiers (Smolders et al. 2019 ; Lemos et al. 2018 ; Böckmann et al. 2022)</i>	Sources appréciables : légumes crucifères (genre Brassica), légumineuses, certaines céréales (Arias et al. 2020 ; Zeisel et al. 2003 ; Zeisel & Blusztajn 1994) <i>Pas d'étude de biodisponibilité publiée sur aliments végétaux</i>	Animales : Foie de bœuf : 418 mg/100 g Œufs entiers : 251 mg/100 g Poisson blanc : 71 mg/100 g Fourchette : 70–420 mg/100 g Source : USDA FoodData Central (2022) ; NIH (2022) Végétales : Graines de soja : 116 mg/100 g Quinoa (1 tasse) : 21 mg Fourchette : 20–150 mg/100 g Source : USDA FoodData Central (2022) ; NIH (2022)	<i>Données insuffisantes pour estimation robuste dans les aliments naturels</i> Données limitées (œufs) : choline de l'œuf aussi biodisponible que la choline synthétique (Smolders et al. 2019 ; Lemos et al. 2018 ; Böckmann et al. 2022) <i>Des études supplémentaires sont nécessaires (Chungchunlam & Moughan 2024)</i>

Notes

* Les besoins peuvent varier selon l'âge, le sexe et l'état physiologique (grossesse, allaitement).

**RNP : références nutritionnelles pour la population ; AS : apport satisfaisant ; ND : non déterminé ; EFA : équivalents folates alimentaires ; EN/MJ : équivalents niacine par mégajoule ; ER : équivalents rétinol.

II. ROLE, FORME, BESOIN, SOURCES, TENEURS ET BIODISPONIBILITES DES VITAMINES

II.1 La vitamine A

Rôle et forme

La vitamine A est une vitamine liposoluble qui joue un rôle essentiel dans diverses fonctions physiologiques, notamment la vision, la réponse immunitaire et l'intégrité cellulaire (Biesalski, 1997). Elle existe sous deux formes principales : la vitamine A préformée (rétinol) et les caroténoïdes provitaminiques A (principalement le β -carotène) (Bates et Hesecker, 1994 ; WHO et FAO, 2004).

Besoin

Les références nutritionnelles pour la population (RNP) en vitamine A sont de 250 à 750 μ g d'équivalents rétinol (RE) par jour, selon l'âge et le sexe (ANSES, 2021 ; WHO et FAO, 2004). La présence de lipides alimentaires améliore l'absorption du rétinol et des caroténoïdes, car elle contribue à la formation de micelles nécessaires à leur absorption dans les intestins (Blomhoff et al., 1991 ; Reboul, 2013).

Sources et teneurs

La vitamine A préformée (rétinol et esters de rétinyl)) est présente quasi exclusivement dans les aliments d'origine animale, notamment dans l'huile de foie de morue, les abats, les produits laitiers et les œufs (Biesalski, 1997 ; WHO et FAO, 2004). Les produits animaux les plus riches en rétinol sont l'huile de foie de morue (30 mg/100g), les abats (13,8 mg/100g de foie de veau, 253 µg/100g de rognons de bœuf), les produits laitiers (448 µg/100g de crème fraîche à 20% MG) et les œufs (132 µg/100g d'œuf à la coque), d'après les tables de composition Anses/Ciquel (2025). Certaines viandes rouges en contiennent également en moindre quantité (68 µg/100g de côte de veau et 18 µg/100g de viande de cheval). Les teneurs en caroténoïdes provitaminiques A, principalement le β-carotène, exprimées en équivalents rétinol (RE), sont variables dans les fruits et légumes, et de l'ordre de 8,9 et 7,2 mg RE/100g respectivement dans les carottes et les épinards (Castenmiller et West, 1998 ; van Het Hof *et al.*, 2000).

Biodisponibilité

La biodisponibilité moyenne du rétinol estimée dans des aliments d'origine animale riches en rétinol (foie de

bœuf cuit et pâté de foie) est d'environ 74%, avec des valeurs allant de 43% à 98% selon la dose et la matrice (Buss *et al.*, 1994 ; van Vliet *et al.*, 2001). Cette valeur élevée s'explique par le fait que le rétinol n'a pas à subir de conversion métabolique préalable, contrairement au β-carotène. La différence de biodisponibilité reflète donc non seulement l'efficacité d'absorption mais aussi l'étape de conversion du β-carotène en rétinol (rendement 1 :6 en conditions optimales), ce qui rend la comparaison directe entre les deux formes difficiles. En pratique, ce chiffre correspond à une moyenne pondérée des études disponibles, ce qui justifie l'utilisation d'une valeur de 74% comme ordre de grandeur pour le rétinol alimentaire d'origine animale (Chungchunlam et Moughan, 2024).

La biodisponibilité du β-carotène d'origine végétale (carottes, épinards) se situe en moyenne autour de 15–16%, avec une plage de variation observée de 2,0% à 65% selon les matrices alimentaires et les méthodes de préparation (Brown *et al.*, 1989 ; Livny *et al.*, 2003). Les caroténoïdes provitaminiques A provenant des végétaux, comme le β-carotène, sont donc nettement moins biodisponibles que le rétinol provenant des produits animaux à teneur équivalente en équivalents rétinol (RE) (Chungchunlam et Moughan, 2024).

II.2 La vitamine D

Rôle et forme

La vitamine D est une vitamine liposoluble essentielle à diverses fonctions physiologiques, notamment la santé osseuse, la fonction musculaire, l'immunité et la régulation de l'homéostasie du calcium et du phosphore (IOM, 2011 ; WHO et FAO, 2004). Elle existe principalement sous deux formes : la vitamine D3 (cholécalférol), d'origine animale, et la vitamine D2 (ergocalciférol), d'origine végétale ou fongique (Vieth, 1999 ; Holick, 2007).

Spécificité et besoin

La vitamine D est naturellement synthétisée par la peau lors de l'exposition aux rayons UVB, ce qui explique que l'alimentation contribue habituellement à une part limitée de l'apport total (Holick, 2007). Dans des conditions d'exposition limitée aux rayons UV, les recommandations internationales proposent un apport quotidien d'environ 15 µg de vitamine D chez l'adulte, ce qui correspond à un apport satisfaisant plutôt qu'à une RNP stricto sensu (IOM, 2011 ; ANSES, 2021). Cependant, les apports alimentaires spontanés dans les pays occidentaux contribuent souvent à moins de 1–2 µg/j, ce qui suggère une dépendance aux aliments

enrichis ou aux suppléments pour couvrir les besoins (Calvo et Whiting, 2013).

Sources et teneurs

La forme prédominante de vitamine D alimentaire est la vitamine D3, provenant principalement d'aliments d'origine animale (WHO et FAO, 2004 ; Holick, 2007). Les principales sources alimentaires animales sont l'huile de foie de morue, les poissons gras (saumon, maquereau, hareng), ainsi que, dans une moindre mesure, la viande et les œufs, avec des teneurs de l'ordre de 1 à 250 µg/100 g selon l'aliment (Holick, 2007 ; Calvo et Whiting, 2013).

Du côté végétal, seules quelques sources naturelles existent, notamment certains champignons exposés aux UV qui contiennent de la vitamine D2, avec des teneurs pouvant atteindre 10 µg/100 g pour des champignons de Paris irradiés (Outila *et al.*, 1999 ; Urbain *et al.*, 2011). Le débat sur l'efficacité relative de la vitamine D2 par rapport à la vitamine D3 dans le maintien des concentrations circulantes de 25(OH)D reste ouvert, plusieurs études suggérant une moindre efficacité de la D2 à doses équivalentes, tandis que d'autres observent des effets comparables (Vieth, 1999 ; Heaney *et al.*, 2011 ; Trang *et al.*, 1998).

Biodisponibilité

Du fait de la faible contribution de la vitamine D alimentaire à la couverture des besoins, les recherches concernant la biodisponibilité de la vitamine D dans les aliments restent limitées, et les études comparatives entre aliments d'origine animale et végétale sont rares (Chungchunlam et Moughan, 2024). Une étude a estimé à 46% la biodisponibilité apparente de la vitamine D3

II.3 La vitamine E

Rôle et forme

La vitamine E est un antioxydant liposoluble qui joue un rôle essentiel dans la protection des membranes cellulaires contre les dommages oxydatifs (Brigelius-Flohé et Traber, 1999 ; Ball, 2006). Elle comprend huit composés distincts, dont quatre tocophérols (α , β , γ , δ) et quatre tocotriénols (α , β , γ , δ), l' α -tocophérol étant la forme la plus active biologiquement chez l'Homme (IOM, 2000 ; Ball, 2006).

Spécificité et besoin

Compte tenu de sa nature liposoluble, l'absorption et l'utilisation de la vitamine E sont étroitement liées à la présence de lipides dans l'alimentation et au fonctionnement normal de l'absorption intestinale des lipides alimentaires, (Brigelius-Flohé et Traber, 1999 ; Reboul, 2013). De même que pour la vitamine D, il n'existe pas de RNP au sens strict pour la vitamine E ; les apports satisfaisants chez l'adulte sont généralement estimés autour de 7–10 mg/j d' α -tocophérol ou équivalents, selon l'âge et le sexe (IOM, 2000; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

Les principales sources alimentaires de vitamine E sont les aliments d'origine végétale, en particulier les huiles végétales, les oléagineux et certaines céréales (WHO et FAO, 2004 ; Ball, 2006). On retrouve par exemple des teneurs de l'ordre de 22,3 mg/100 g dans les amandes, 6,4 mg/100 g dans certaines céréales pour petit-déjeuner et jusqu'à environ 60–65 mg/100 g dans

II.4 La vitamine K

Rôle et forme

La vitamine K est une vitamine liposoluble qui joue un rôle crucial dans le processus de coagulation sanguine et le métabolisme osseux, via la carboxylation de protéines dépendantes de la vitamine K (Booth, 1997 ; WHO et FAO, 2004). Elle existe sous plusieurs formes, la phylloquinone (vitamine K1) et les ménaquinones (vitamine K2) étant les plus connues et toutes deux

provenant de viande de porc, tandis qu'une autre a rapporté une biodisponibilité d'environ 66% pour la vitamine D2 issue de champignons de Paris exposés aux UV (Outila *et al.*, 1999 ; Urbain *et al.*, 2011). Ce manque de données homogènes, obtenues avec des protocoles comparables, ne permet pas à ce stade de conclure de façon robuste sur une différence de biodisponibilité entre vitamine D d'origine animale et végétale dans les aliments (Chungchunlam et Moughan, 2024).

certaines huiles végétales riches en vitamine E, selon les données de composition disponibles (Ball, 2006 ; ANSES/Ciquel, 2025).

Les produits d'origine animale contiennent généralement moins de vitamine E, avec des teneurs de l'ordre de 0,5 à 3,5 mg/100 g dans la viande, le beurre ou les œufs, des niveaux qui reflètent en partie la teneur en vitamine E de l'alimentation des animaux (WHO et FAO, 2004 ; Chungchunlam et Moughan, 2024). Comme pour les acides gras oméga-3, il serait donc possible d'augmenter la teneur en vitamine E de certains produits animaux (par exemple la viande) en apportant davantage de matières premières riches en vitamine E (germes de blé, légumineuses, oléagineux) dans la ration des animaux (Wood *et al.*, 2003).

Biodisponibilité

Il existe une absence notable d'études *in vivo* et d'essais cliniques comparant directement la biodisponibilité de la vitamine E naturellement présente dans les aliments d'origine animale et végétale (Chungchunlam et Moughan, 2024). Les travaux disponibles portent surtout sur la biodisponibilité de formes purifiées ou de compléments d' α -tocophérol, ce qui ne permet pas d'établir de différences robustes entre matrices animales et végétales dans les conditions de consommation courante (Brigelius-Flohé et Traber, 1999 ; IOM, 2000). En l'état actuel des connaissances, il n'est donc pas possible de comparer de façon fiable la biodisponibilité de la vitamine E dans les aliments animaux versus végétaux.

essentiels à la santé humaine (Shearer, 1997 ; Vermeer et Braam, 2001).

Spécificité et besoin

L'absorption de la vitamine K implique sa solubilisation dans les graisses alimentaires et la formation de micelles, ce qui la rend dépendante d'un apport suffisant en lipides et d'une fonction biliaire normale (Gijssbers *et al.*, 1996 ; Reboul, 2013). Pour la

vitamine K1, il n'existe pas de RNP strictes mais des apports satisfaisants sont généralement situés entre 29 et 79 µg/j selon l'âge et le sexe, tandis qu'aucune référence chiffrée n'est proposée pour la vitamine K2 (WHO et FAO, 2004 ; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

La phylloquinone (K1) se trouve principalement dans les légumes à feuilles vertes (épinards, chou kale, brocoli) et certaines huiles végétales (huile de soja, huile de colza, huile d'olive) (Booth, 1997; WHO et FAO, 2004). Par exemple, des épinards cuits peuvent contenir de l'ordre de 400–500 µg de K1/100 g, tandis que l'huile d'olive en fournit 58 µg/100g (Booth, 1997 ; ANSES/Ciqual, 2025).

Bien qu'ils en contiennent globalement moins que les produits végétaux, les produits animaux fourniraient à la fois de la phylloquinone (K1) et des formes de ménaquinone (K2), notamment dans le foie, certaines viandes et les produits fermentés (fromages en particulier), mais les données de composition restent

II.5 La thiamine (vitamine B1)

Rôle et forme

La thiamine, ou vitamine B1, est une vitamine hydrosoluble intervenant comme cofacteur (thiamine pyrophosphate) dans le métabolisme des glucides et de certains acides aminés, notamment au niveau du cycle de Krebs et de la décarboxylation oxydative (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004). Elle joue également un rôle important dans le fonctionnement du système nerveux, en participant au métabolisme énergétique neuronal (Ball, 1998). C'est un précurseur essentiel de la coenzyme thiamine pyrophosphate (TPP), qui fait partie intégrante des réactions énergétiques et du métabolisme des glucides et des acides aminés (Ball, 2004).

Spécificité et besoin

En raison de ce lien étroit avec le métabolisme énergétique, les besoins en thiamine sont souvent exprimés par unité d'énergie, par exemple en mg par mégajoule (mg/MJ) (WHO et FAO, 2004 ; IOM, 1998). Les RNP chez l'adulte sont d'environ 1,1 mg/MJ ou, en pratique, de l'ordre de 1,1–1,3 mg/j selon l'apport énergétique, l'âge et le sexe (IOM, 1998 ; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

Les principales sources alimentaires de thiamine sont les viandes (en particulier le porc), le foie, les céréales complètes, certaines légumineuses, les oléagineux et,

fragmentaires et souvent absentes des tables usuelles (Vermeer et Braam, 2001 ; Chungchunlam et Moughan, 2024). Par ailleurs, certaines bactéries intestinales ont la capacité de synthétiser certaines ménaquinones, même si la contribution de cette production endogène aux apports effectifs reste encore mal quantifiée (Yoshii *et al.*, 2019).

Biodisponibilité

Les données actuelles suggèrent que la biodisponibilité de la phylloquinone dans les légumes verts varie fortement selon la matrice et la préparation, avec des estimations allant d'environ 3,3% à 50% dans des études humaines (Garber *et al.*, 1999 ; Novotny *et al.*, 2010). Cette variabilité rend difficile la généralisation d'une valeur unique de biodisponibilité pour la vitamine K1 d'origine végétale. En outre, il n'existe à ce jour pratiquement pas de données publiées sur la biodisponibilité de la vitamine K (K1 ou K2) dans les aliments d'origine animale, ce qui ne permet pas de comparer de manière fiable les sources animales et végétales sur ce critère (Chungchunlam et Moughan, 2024).

dans une moindre mesure, certains fruits et légumes (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004). Les aliments d'origine animale apportent typiquement 0,2 à 0,9 mg/100 g de thiamine, tandis que les principales sources végétales (céréales complètes, oléagineux) se situent dans une gamme similaire de 0,3 à 0,9 mg/100 g (Chungchunlam et Moughan, 2024 ; ANSES/Ciqual, 2025).

Biodisponibilité

Dans des études à nouveau conduites chez le porc, la digestibilité iléale de la thiamine a été estimée à environ 73–96% pour la viande (porc, bœuf, poisson), les œufs et le lait en poudre, avec des valeurs particulièrement élevées (jusqu'à 96%) pour le lait écrémé et certaines préparations de porc. Pour les aliments d'origine végétale, les coefficients de digestibilité iléale se situent majoritairement entre 75 et 94%, avec des valeurs d'environ 81–84% pour le chou blanc et la pomme de terre, 87–94% pour les céréales (blé, orge, riz, maïs), et 90–92% pour le son de blé ou la levure de brasserie (Roth-Maier *et al.*, 1998; Roth-Maier *et al.*, 1999). Chungchunlam et Moughan (2024) résument ces données en indiquant des biodisponibilités moyennes d'environ 81 et 82% pour la thiamine issue des produits respectivement végétaux et animaux, soit une biodisponibilité globalement élevée et sans différence majeure entre les deux catégories d'aliments.

II.6 La riboflavine (vitamine B2)

Rôle et forme

La riboflavine, ou vitamine B2, est une vitamine hydrosoluble qui intervient comme précurseur des coenzymes flaviniques, la flavine mononucléotide (FMN) et la flavine adénine dinucléotide (FAD), essentiels au métabolisme énergétique et à de nombreuses réactions d'oxydoréduction (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004). Elle intervient dans le métabolisme énergétique, mais aussi celui des graisses et des hormones stéroïdiennes. Elle joue également un rôle dans le métabolisme de certaines vitamines (notamment B6 et niacine) et dans le maintien de l'intégrité des muqueuses et de la peau (Ball, 1998).

Spécificité et besoin

La riboflavine est absorbée dans l'intestin grêle, où elle est transformée en ses formes actives, principalement FMN et FAD, qui sont ensuite utilisées comme coenzymes dans une variété de réactions enzymatiques qui facilitent la production d'énergie (Ball, 1998). Les besoins en riboflavine sont généralement exprimés en mg/jour et varient selon l'âge, le sexe et la dépense énergétique, avec des apports de référence autour de 1,3–1,6 mg/j chez l'adulte (IOM, 1998; WHO et FAO, 2004).

Sources et teneurs

Les principales sources alimentaires de riboflavine sont les abats (foie), les produits laitiers, certaines viandes, les œufs et, côté végétal, les amandes, certains

champignons, les épinards et les céréales complètes (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004). Les principales sources alimentaires de vitamine B2 sont le foie (4,3 mg/100g de foie d'agneau), la levure alimentaire (1,0 mg/100g), les produits laitiers (0,4 mg/100g de fromage de chèvre), les œufs (0,4 mg/100g), la viande (0,3 mg/100g de rôti de veau), les amandes (1,1 mg/100g), les champignons (0,4 mg/100g) et les légumes verts (0,2 mg/100g d'épinards). Les teneurs sont donc de l'ordre de 0,3 à 4,3 mg/100 g dans les aliments d'origine animale les plus riches, contre environ 0,2 à 1,1 mg/100 g dans les principales sources végétales (ANSES/Ciquel, 2025 ; Chungchunlam et Moughan, 2024). La FMN et la FAD sont les formes prédominantes trouvées dans ces aliments

Biodisponibilité

La biodisponibilité de la riboflavine a elle aussi été étudiée principalement chez le porc (Roth-Maier et Kirchgeßner, 1996 ; Roth-Maier *et al.*, 1998). Dans ces essais, la digestibilité iléale de la riboflavine a été estimée à environ 31–58% pour la viande de bœuf et de porc rôtis, mais à près de 94% pour le lait écrémé en poudre, contre des valeurs de 62–67% pour le son de blé et le maïs. Chungchunlam et Moughan (2024) indiquent ainsi une biodisponibilité moyenne d'environ 61% pour la riboflavine dans les produits d'origine animale et de 65% dans les produits d'origine végétale, avec des différences marquées entre matrices laitières, carnées et céréalières.

II.7 La niacine (vitamine B3)

Rôle et forme

La niacine, ou vitamine B3, est une vitamine hydrosoluble intervenant comme cofacteur d'oxydoréduction dans le métabolisme du glucose, des acides aminés et des acides gras, essentiellement sous forme de NAD et NADP (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004). Elle existe principalement sous deux formes, l'acide nicotinique et le nicotinamide, qui sont interconvertibles dans l'organisme (Ball, 1998 ; IOM, 1998).

Spécificité et besoin

En raison de son rôle central dans le métabolisme énergétique, les besoins en niacine sont fréquemment exprimés en milligrammes d'équivalents niacine par mégajoule (EN/MJ), tenant compte de la niacine préformée et de celle dérivée du tryptophane (IOM, 1998 ; WHO et FAO, 2004). Les RNP en vitamine B3

sont estimés à 1,6 mg EN/MJ chez l'adulte, selon l'âge et le sexe (IOM, 1998 ; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

La niacine se trouve principalement dans la viande (environ 7,2 mg/100 g pour l'épaule d'agneau), le poisson (2,4 mg/100 g pour le cabillaud) et les céréales (environ 1 mg/100 g pour le pain), ainsi qu'en moindre quantité dans le lait, certains légumes à feuilles vertes et le café (ANSES/Ciquel, 2025 ; WHO et FAO, 2004). Dans les aliments d'origine animale, la niacine est majoritairement présente sous forme de nicotinamide intégré dans les nucléotides (NAD/NADP), alors que dans les céréales une part importante est liée à la matrice et donc peu disponible sans traitements technologiques adaptés (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004).

Biodisponibilité

La biodisponibilité de la niacine dans les aliments a été principalement étudiée chez le porc, en mesurant la digestibilité iléale apparente ou vraie de la niacine à partir de différentes matrices alimentaires. Dans une série d'essais, la digestibilité iléale de la niacine a été estimée à environ 65–69% pour la viande de bœuf et de porc cuits, 69% pour la pomme de terre bouillie, 59–61% pour le blé et seulement 40% pour le pain complet (Wauer *et al.*, 1999 ; Roth-Maier *et al.*, 2000).

II.8 L'acide pantothénique (vitamine B5)

Rôle et forme

L'acide pantothénique, ou vitamine B5, est une vitamine hydrosoluble indispensable à la synthèse du coenzyme A, impliquée dans le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines, ainsi que dans la synthèse des acides gras par l'intermédiaire de protéines porteuses d'acyle (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004).

Spécificité et besoin

Compte tenu de son rôle central dans de nombreuses voies métaboliques, l'acide pantothénique est présent dans presque tous les aliments, ce qui explique que les carences cliniques soient rares (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004). Il n'existe pas de RNP strictes pour la vitamine B5 ; les apports satisfaisants sont généralement estimés à environ 4–7 mg/j, et en France à 6 mg/j chez l'adulte (IOM, 1998 ; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

Les principales sources alimentaires de vitamine B5 sont les abats (12,6 mg/100g dans le foie d'agneau), la viande (1,8 mg/100g de rosbif), le pain (0,5 mg/100g de baguette) et les produits laitiers (0,5 mg/100g de yaourt nature). Les produits d'origine animale fourniraient des

Chungchunlam et Moughan (2024) synthétisent ces données en estimant que la niacine est en moyenne biodisponible à environ 67% dans les produits animaux et à 57% dans les produits végétaux, avec une variabilité importante liée aux procédés technologiques et à la forme chimique de la niacine (celle présente dans les céréales peut par exemple être liée à des protéines ou à des glycosides limitant son absorption).

teneurs de l'ordre de 1 à 13 mg/100 g, tandis que les principales sources végétales se situent autour de 1 à 7 mg/100 g (Chungchunlam et Moughan, 2024 ; ANSES/Ciqual, 2025).

Biodisponibilité

La biodisponibilité de l'acide pantothénique a été surtout étudiée chez le porc, en s'appuyant sur la digestibilité iléale apparente ou vraie de la vitamine à partir de différentes matrices (Roth-Maier et Kirchgessner, 1996 ; Roth-Maier *et al.*, 2000). Dans ces études, la digestibilité iléale de la vitamine B5 a été estimée à environ 65–74% pour la viande de bœuf et de porc cuits, et à près de 90% pour le lait écrémé en poudre, contre des valeurs plus variables pour les aliments végétaux : environ 70–81% pour les pommes de terre bouillies et le blé, mais seulement 20–47% pour le maïs, le son de blé ou certains pains complets.

En synthèse, Chungchunlam et Moughan (2024) concluent que l'acide pantothénique est en moyenne biodisponible à environ 80% dans les produits d'origine animale, contre environ 50% dans les produits d'origine végétale, avec une forte variabilité liée à la matrice céréalière et au degré de transformation.

II.9 La pyridoxine (vitamine B6)

Rôle et forme

La vitamine B6 regroupe un ensemble de composés hydrosolubles (pyridoxine, pyridoxal, pyridoxamine et leurs formes phosphorylées) qui interviennent comme coenzymes dans le métabolisme des acides aminés, des glucides et de certains lipides, ainsi que dans la synthèse de neurotransmetteurs (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004).

Spécificité et besoin

Les besoins en vitamine B6 sont étroitement liés à l'apport protéique, car de nombreuses réactions de transamination et de décarboxylation d'acides aminés dépendent de la pyridoxal-5-phosphate (IOM, 1998 ; WHO et FAO, 2004). Les apports recommandés sont généralement de l'ordre de 1,3–1,7 mg/j chez l'adulte, avec des valeurs plus élevées pendant la grossesse et l'allaitement (IOM, 1998 ; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

Les aliments d'origine végétale contiennent principalement de la pyridoxine, tandis que le pyridoxal se trouve dans les produits d'origine animale. La pyridoxamine est présente dans les deux catégories d'aliments, ce qui souligne la nécessité d'une alimentation diversifiée pour assurer un apport suffisant de toutes les formes de vitamine B6. Les principales sources alimentaires de vitamine B6 sont le foie (1,4 mg/100g de foie de génisse), les céréales (1,14 mg/100g de céréales pour petit-déjeuner), la viande (0,72 mg/100g d'escalope de veau), le poisson (0,58 mg/100g de saumon d'élevage), les tubercules (0,52 mg/100g de frites de pomme de terre) et les fruits (0,44 mg/100g de banane) (Ball, 1998 ; WHO et FAO, 2004; ANSES/Ciqual, 2025).

II.10 La biotine (vitamine B8)

Rôle et forme

La biotine, également connue sous le nom de vitamine B8 en France (et B7 dans le monde anglo-saxon), est une vitamine hydrosoluble qui joue un rôle essentiel comme coenzyme dans la gluconéogenèse, les voies de synthèse des acides gras et le catabolisme des acides aminés à chaîne ramifiée (Ball, 1998 ; Said, 2011).

Spécificité et besoin

L'absorption et l'utilisation de la biotine sont influencées par sa forme chimique et ses sources alimentaires : la biotine liée aux protéines nécessite une digestion préalable pour être libérée, alors que la biotine libre est directement absorbable (Said, 2011 et 2013). Il n'existe pas de RNP pour la biotine ; les apports satisfaisants sont généralement situés entre 20 et 40 µg/j selon l'âge et le groupe de population (WHO et FAO, 2004; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

La table de composition Anses/Ciqual ne renseigne pas actuellement les teneurs en biotine des aliments, ce qui limite l'estimation fine des apports à partir des données françaises. Cependant, les principales sources alimentaires rapportées par l'EFSA et les bases internationales sont le foie, les œufs cuits, certains champignons, quelques fromages et, à des teneurs plus modestes, la viande maigre, les fruits, les céréales et le pain (Ball, 1998 ; EFSA, 2014). Selon les données américaines de l'*USDA FoodData Central* et du

Biodisponibilité

Dans les études ayant estimé la digestibilité iléale de la vitamine B6 chez le porc, celle-ci s'élève à environ 84–89% pour la viande de bœuf et de porc rôtis, le lait en poudre et le poisson, mais seulement 67% pour les œufs entiers cuits. Pour les aliments d'origine végétale, les coefficients de digestibilité iléale sont en moyenne un peu plus faibles, avec des valeurs d'environ 76–91% pour le soja bouilli, le chou blanc, la pomme de terre, la levure et les bananes, mais seulement 51–69% pour certaines céréales (blé, seigle, orge, maïs, pain complet) et 16% pour le riz complet (Roth-Maier *et al.*, 1998 et 2002). Chungchunlam et Moughan (2024) indiquent une biodisponibilité moyenne d'environ 83% pour la vitamine B6 dans les produits animaux, contre 68% dans les produits végétaux, ce qui suggère une meilleure utilisation globale de la vitamine B6 issue des aliments d'origine animale.

National Institutes of Health, les aliments d'origine végétale contiennent de l'ordre de 0,6 à près de 90 µg de biotine/100 g (par exemple poivron cru vs beurre d'arachide), tandis que les aliments d'origine animale varient approximativement de 1,4 à 46 µg/100 g (par exemple crème épaisse vs jaune d'œuf ; 36 µg/100 g dans le foie de bœuf) (NIH, 2022 ; USDA, 2022).

Biodisponibilité

Les données expérimentales disponibles suggèrent une disparité notable dans la digestibilité iléale et l'absorption de la biotine entre aliments végétaux et animaux, principalement sur la base d'études chez le porc iléostomisé (Sauer *et al.*, 1988 ; Kopinski *et al.*, 1989b). Dans ces travaux, la digestibilité iléale vraie de la biotine a été estimée à environ 82–95% pour des sources animales comme la farine de viande et la caséine, contre des valeurs allant de 4 à 55% pour diverses sources végétales telles que le soja, le blé, l'orge, le maïs, l'orge ou le colza.

Ces résultats contredisent l'idée selon laquelle la biotine d'origine végétale, souvent présente sous forme libre, serait systématiquement plus biodisponible que la biotine d'origine animale, généralement liée aux protéines (Chungchunlam et Moughan, 2024). Il convient néanmoins de faire preuve de prudence dans l'extrapolation à l'Homme, car ces valeurs reflètent la digestibilité iléale chez le porc et n'intègrent pas pleinement le rôle possible du microbiote colique et des différences inter-espèces dans le métabolisme de la biotine (Said, 2011 ; Chungchunlam et Moughan, 2024).

II.11 Les folates (vitamine B9)

Rôle et forme

La vitamine B9 est un terme général regroupant les folates naturellement présents dans l'alimentation et l'acide folique, forme synthétique utilisée dans les aliments enrichis et les compléments. Elle fonctionne comme coenzyme dans de nombreux processus physiologiques, notamment la synthèse, la réparation et la méthylation de l'ADN, la formation des globules rouges et le développement fœtal (Gregory, 1989 ; WHO et FAO, 2004). La principale forme de folate circulant dans le corps humain est le 5-méthyl-tétrahydrofolate (5-MTHF), qui est ensuite métabolisé en monoglutamate acylé avant d'être excrété dans l'urine (Gregory, 1997 ; Said, 2011).

Spécificité et besoin

L'acide folique est plus stable et présente une meilleure biodisponibilité que les folates naturels, ce qui a conduit à l'introduction de la notion d'équivalents folates alimentaires (EFA), où 1 µg d'EFA correspond à 1 µg de folates alimentaires ou à 0,6 µg d'acide folique consommé avec les aliments (IOM, 1998 ; WHO et FAO, 2004). Les RNP en vitamine B9 sont de 120 à 330 µg d'EFA par jour selon l'âge, le sexe et les situations physiologiques (grossesse, allaitement) (IOM, 1998 ; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

Les folates sont naturellement présents dans une grande variété d'aliments, notamment les abats, les légumineuses, certains légumes (notamment légumes à feuille), la viande, les fruits et les produits laitiers (Gregory, 1989 ; WHO et FAO, 2004). Les exemples

issus des tables de composition montrent des teneurs d'environ 1 300 µg/100 g pour le foie de génisse, 573 µg/100 g pour la farine de soja, 183 µg/100 g pour les épinards crus, 23 µg/100 g pour la blanquette de veau, 19 µg/100 g pour la banane et 11 µg/100 g pour le lait entier (ANSES/Ciqual, 2025). Certains folates alimentaires sont perdus lors du chauffage des aliments (Gregory, 1989 ; Witthöft *et al.*, 1999).

Biodisponibilité

La biodisponibilité des folates alimentaires a été largement étudiée dans des travaux chez l'Homme en utilisant, entre autres, l'excrétion urinaire incrémentale de folates ou des mesures de folate plasmatique (Tamura et Stokstad, 1973 ; Devadas *et al.*, 1979). Pour les produits alimentaires d'origine animale, la biodisponibilité moyenne des folates est estimée à environ 67%, sur la base de cinq estimations allant de 50% pour le foie de bœuf à 72% pour les œufs (Tamura et Stokstad, 1973 ; Babu et Srikantia, 1976). Les aliments d'origine végétale présentent une gamme plus large de valeurs, avec une moyenne globale d'environ 54% issue de 24 aliments différents (Chungchunlam et Moughan, 2024).

Ces résultats indiquent que, même si les aliments d'origine animale offrent en moyenne une biodisponibilité plus élevée des folates que les aliments d'origine végétale, une variabilité importante existe au sein de chacune des deux catégories, liée notamment à la forme des folates (poly- vs mono-glutamates), à la présence d'inhibiteurs de la conjugase et à la matrice alimentaire (Gregory, 1989 ; Said, 2011).

II.12 La cobalamine (vitamine B12)

Rôle et forme

La vitamine B12 (cobalamine) désigne un ensemble de molécules hydrosolubles à base de cobalt, impliquées dans le métabolisme du propionate et de la vitamine B9. De ce fait, il existe une interaction métabolique entre ces deux vitamines. La vitamine B12 joue un rôle clé dans l'hématopoïèse, le fonctionnement neurologique et le métabolisme des acides gras et des folates, notamment via la méthionine synthase et la méthylmalonyl-CoA mutase (WHO et FAO, 2004 ; Allen, 2010). Certaines algues vertes et pourpres (Nori) contiennent de la vitamine B12 biologiquement active, mais les autres algues comestibles et les cyanobactéries (dont la spiruline) ne contiennent que des pseudo-cobalamines inactives chez l'humain (Watanabe, 2007 ; Watanabe *et*

al., 2002). Concernant les pertes à la cuisson, les données disponibles pour la vitamine B12 restent limitées ; les différentes méthodes de cuisson des œufs (frits, mollets, brouillés) n'ont pas montré d'effet significatif sur la biodisponibilité (Doscherholmen *et al.*, 1975), mais des études supplémentaires seraient nécessaires pour d'autres matrices animales.

Spécificité et besoin

Il n'existe pas de RNP au sens strict pour la vitamine B12 ; les apports satisfaisants sont généralement situés entre 1,5 et 4,0 µg/j selon l'âge et les situations physiologiques (IOM, 1998 ; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

Les principales sources de vitamine B12 naturelle sont les aliments d'origine animale, où elle est principalement produite par synthèse microbienne dans le tube digestif des animaux et notamment au niveau du rumen (Allen, 2010 ; Watanabe, 2007). Les principales sources alimentaires de vitamine B12 sont les abats (60,0 µg/100g de foie d'agneau), la viande (3,9 µg/100g d'onglet de bœuf), le poisson (2,5 µg/100g de thon au naturel), les œufs (2,4 µg/100g de jaune d'œuf) et les produits laitiers (2,3 µg/100g de mozzarella). Les végétaux contenant de la vitamine B12 sont rares : il s'agit des algues vertes et violettes (Nori), d'où le risque élevé de carence chez les personnes suivant un régime à base de plantes (ANSES/Ciqual, 2025).

Biodisponibilité

La biodisponibilité de la vitamine B12 naturellement présente dans les aliments d'origine animale a été évaluée dans plusieurs études utilisant des isotopes ou

des bilans d'excrétion fécale. Chez l'Homme, des disponibilités apparentes d'environ 61–65% ont été observées après ingestion de viande de poulet ou de mouton, et de 64–76% après consommation d'œufs, selon la matrice et la quantité ingérée (Doscherholmen *et al.*, 1975 et 1978). Les aliments d'origine végétale ne contenant pas naturellement de vitamine B12, plusieurs essais se sont intéressés à la biodisponibilité de la vitamine B12 synthétique ajoutée à des aliments enrichis (lait et pain blanc), avec des disponibilités d'environ 48–65% (Russell *et al.*, 2001 ; Garrod *et al.*, 2019). Chungchunlam et Moughan (2024) concluent à une biodisponibilité moyenne d'environ 65% pour la vitamine B12 naturelle des produits animaux, et à des valeurs légèrement inférieures pour la vitamine B12 ajoutée dans des matrices végétales ou enrichies. À noter que des facteurs tels que l'âge, la santé gastro-intestinale et des habitudes alimentaires spécifiques peuvent influencer l'efficacité de l'absorption de la vitamine B12 à partir de ces différentes sources (Allen, 2010).

II.13 La vitamine C

Rôle et forme

La vitamine C (acide ascorbique) est une vitamine hydrosoluble connue pour ses propriétés antioxydantes et son rôle dans la synthèse du collagène, de la carnitine et de certaines catécholamines, ainsi que dans l'absorption du fer non héminique (WHO et FAO, 2004 ; IOM, 2000).

Spécificité et besoin

L'absorption de la vitamine C se produit principalement dans l'intestin grêle via des transporteurs sodium-dépendants, avec une efficacité qui diminue lorsque les apports deviennent très élevés (Mangels *et al.*, 1993 ; IOM, 2000). Les RNP sont généralement de 20 à 110 mg/j selon l'âge, le sexe et les facteurs de risque (tabagisme, grossesse, etc.) (IOM, 2000 ; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

La vitamine C est présente dans une grande variété d'aliments. Les principales sources alimentaires de vitamine C sont les herbes aromatiques, notamment le

persil frais (177 mg/100g), les légumes, en particulier le poivron (121 mg/100g), et les fruits, notamment les fruits rouges (87 mg/100g) et les agrumes (45-60 mg/100g). Les produits animaux n'en sont toutefois pas dénués, puisque qu'on en trouve à hauteur de 39 mg/100g dans les ris de veau et de 10-12 mg/100g dans les brochettes de bœuf et d'agneau (WHO et FAO, 2004 ; ANSES/Ciqual, 2025).

Biodisponibilité

Les aliments d'origine animale ne contribuant que marginalement à l'apport en vitamine C, il n'existe pas de données spécifiques de biodisponibilité pour ces matrices. Chungchunlam et Moughan (2024) retiennent une valeur moyenne de biodisponibilité de 76% pour la vitamine C provenant des aliments végétaux, comparable à celle de la vitamine C synthétique utilisée en enrichissement ou supplémentation. La vitamine C est particulièrement sensible à la chaleur et aux pertes par lessivage lors de la cuisson, ce qui peut réduire significativement les teneurs effectives dans les aliments cuits ou bouillis (Bates, 1997a).

hydrosoluble essentiel apparenté aux vitamines B (Zeisel *et al.*, 2003). Son inclusion dans cette revue est justifiée par l'importance de ses fonctions physiologiques (membranes cellulaires, neurotransmission,

II.14 La choline

Rôle et forme

Bien que la choline ne soit pas classée comme une vitamine au sens strict, elle est un nutriment

métabolisme lipidique) (Chungchunlam et Moughan, 2024).

Bien qu'elle ne soit pas classée comme une vitamine à proprement parler, la choline joue un rôle crucial dans le métabolisme des lipides (via la phosphatidylcholine), la neurotransmission (acétylcholine) et l'intégrité des membranes cellulaires (Zeisel *et al.*, 2003). Elle existe sous différentes formes, notamment des formes hydrosolubles (choline libre, phosphocholine, glycéro-phosphocholine) et liposolubles (phosphatidylcholine, sphingomyéline), avec des voies d'absorption légèrement différentes (Zeisel et da Costa, 2009).

Spécificité et besoin

L'organisme peut synthétiser une partie de la choline, mais cette synthèse est insuffisante pour couvrir les besoins, ce qui rend l'apport alimentaire indispensable (Zeisel *et al.*, 2003). Il n'existe pas de RNP pour la choline ; les apports satisfaisants sont généralement situés entre 140 et 400 mg/j, ce qui est nettement supérieur aux besoins de la plupart des vitamines hydrosolubles (IOM, 1998 ; ANSES, 2021).

Sources et teneurs

La choline est présente dans les aliments d'origine animale et végétale, mais la table Anses/Ciqua ne

renseigne pas encore ses teneurs. Selon les données de l'*USDA FoodData Central* et du NIH, les principales sources animales sont le foie (418 mg/100 g de foie de bœuf), les œufs (251 mg/100 g) et certains poissons (71 mg/100 g de poisson blanc) ; parmi les végétaux, les légumineuses (116 mg/100g de graines de soja), les crucifères (31 mg pour une demi-tasse de brocoli) et certaines céréales (21 mg par tasse de quinoa) (USDA, 2022; NIH, 2022).

Biodisponibilité

Les données disponibles sur la biodisponibilité de la choline à partir des aliments restent très limitées et ne permettent pas de comparer de façon robuste les sources animales et végétales (Chungchunlam et Moughan, 2024). Les quelques travaux existants suggèrent que la choline fournie par les œufs et certains produits animaux est bien absorbée, avec des biodisponibilités proches de celles observées pour les formes de choline utilisées en supplémentation, alors que l'efficacité d'absorption à partir de nombreuses sources végétales reste mal documentée (Zeisel *et al.*, 2003; Zeisel et da Costa, 2009). En l'état actuel des connaissances, il est donc surtout possible de souligner l'importance quantitative des aliments riches en choline, en particulier d'origine animale, plutôt que de comparer finement les biodisponibilités selon la source.

CONCLUSION

L'effet de la source alimentaire sur la biodisponibilité des vitamines est complexe, car cette biodisponibilité dépend de divers facteurs intrinsèques (état nutritionnel, fonctions digestives) et extrinsèques (matrice alimentaire, procédés technologiques). La compréhension de ces mécanismes et l'évaluation de la biodisponibilité des vitamines dans les régimes alimentaires d'origine animale et végétale sont néanmoins essentielles pour éclairer les choix alimentaires et les recommandations nutritionnelles. Cette analyse comparative souligne que les aliments d'origine animale, notamment les abats et la viande rouge, contiennent d'importantes quantités de vitamines offrant, pour la plupart, une meilleure biodisponibilité que celles présentes dans les aliments d'origine végétale. Ils constituent donc un pilier important de l'alimentation humaine pour répondre aux besoins en vitamines, en complémentarité avec les sources végétales riches en vitamine C, en caroténoïdes provitaminiques A et en

vitamine K1. Il serait important de prendre en compte ces données de biodisponibilité dans l'évaluation des habitudes alimentaires et dans la construction de recommandations nutritionnelles, afin d'assurer un apport adéquat en vitamines dans les différents groupes de population et de prévenir des carences pouvant avoir de sérieuses répercussions sur la santé. Dans cette perspective, les travaux de Vieux, Rémond, Peyraud et Darmon (2022), conduits par modélisation sur données françaises, montrent que pour couvrir l'ensemble des recommandations nutritionnelles sans surcoût, la part des protéines animales dans l'apport protéique total doit représenter au moins 45 à 60% selon l'âge et le sexe — ce qui objective la nécessité d'un régime mixte combinant sources animales et végétales

Ces données de biodisponibilité ont également des implications directes pour la construction de régimes durables. Lorsque la biodisponibilité des nutriments est intégrée dans la modélisation des régimes, les réductions

de consommation de viande compatibles avec l'adéquation nutritionnelle sont moins importantes que celles calculées à partir des teneurs brutes. Ignorer la

biodisponibilité revient donc à sous-estimer la contribution nutritionnelle des aliments d'origine animale.

Financement : Cet article a été rédigé à la suite d'un travail réalisé pour INTERBEV, qui y a apporté un soutien financier. L'autrice conserve néanmoins l'entière responsabilité du contenu de cette publication.

Références

- Armstrong, B.K. (1968). Absorption of vitamin B12 from the human colon. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 21(4), 298–299. <https://doi.org/10.1093/ajcn/21.4.298>
- ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). (2021). Actualisation des repères du PNNS : Révision des repères de consommations alimentaires. Maisons-Alfort, France: ANSES.
- Anses/Ciqua. Table de composition nutritionnelle des aliments. <http://ciqua.anses.fr> Site consulté en février 2025.
- Adesogan, A. T., Havelaar, A. H., McKune, S. L., Eilittä, M., & Dahl, G. E. (2020). Animal source foods: Sustainability problem or malnutrition and sustainability solution? *Perspective matters*. *Global Food Security*, 25, 100325.
- Allen, L. H. (2010). Bioavailability of vitamin B12. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 80(4-5), 330-335.
- Babu, S., & Srikantia, S. G. (1976). Availability of folates from some foods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 29(4), 376-379.
- Bailey, R. L., West, K. P., Jr., & Black, R. E. (2015). The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 66(Suppl 2), 22-33.
- Baker, D. H. (1995). Vitamin bioavailability. In C. W. Ammerman, D. H. Baker, & A. J. Lewis (Eds.), *Bioavailability of nutrients for animals: Amino acids, minerals, and vitamins* (pp. 399-431). San Diego, CA: Academic Press.
- Ball, G. F. M. (1998). *Bioavailability and analysis of vitamins in foods*. London: Chapman & Hall.
- Ball, G. F. M. (2004). *Vitamins: Their role in the human body*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Ball, G. F. M. (2006). *Vitamins in foods: Analysis, bioavailability, and stability*. Boca Raton: CRC Press.
- Barré, T., Perignon, M., Gazan, R., Vieux, F., Micard, V., Amiot, M.-J., & Darmon, N. (2018). Integrating nutrient bioavailability and co-production links when identifying sustainable diets: How low should we reduce meat consumption? *PLoS ONE*, 13(2), e0191767.
- Bates, C. J., & Hesecker, H. (1994). Human bioavailability of vitamins. *Nutrition Research Reviews*, 7(1), 93-127.
- Beal, T., Massiot, E., Arsenaault, J. E., Smith, M. R., & Hijmans, R. J. (2017). Global trends in dietary micronutrient supplies and estimated prevalence of inadequate intakes. *PLoS One*, 12(4), e0175554.
- Beal, T., Gardner, C. D., Herrero, M., Iannotti, L. L., Merbold, L., Nordhagen, S., & Mottet, A. (2023). Friend or foe? The role of animal-source foods in healthy and environmentally sustainable diets. *The Journal of Nutrition*, 153(2), 409-425.
- Beal, T., & Ortenzi, F. (2022). Priority micronutrient density in foods. *Frontiers in Nutrition*, 9, 806566.
- Biesalski, H. K. (1997). Bioavailability of vitamin A. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51(Suppl 1), S71-S75.
- Blomhoff, R., Green, M. H., Green, J. B., Berg, T., & Norum, K. R. (1991). Vitamin A metabolism: New perspectives on absorption, transport, and storage. *Physiological Reviews*, 71(4), 951-990.
- Booth, S. L., & Suttie, J. W. (1998). Dietary intake and adequacy of vitamin K. *The Journal of Nutrition*, 128(5), 785-788.
- Brigelius-Flohé, R., & Traber, M. G. (1999). Vitamin E: Function and metabolism. *The FASEB Journal*, 13(10), 1145-1155.
- Brown, E. D., Micozzi, M. S., Craft, N. E., Bieri, J. G., Beecher, G., Edwards, B. K., Rose, A., Taylor, P. R., & Smith, J. C., Jr. (1989). Plasma carotenoids in normal men after a single ingestion of vegetables or purified β -carotene. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 49(6), 1258-1265.
- Buss, N. E., Tembe, E. A., Prendergast, B. D., Renwick, A. G., & George, C. F. (1994). The teratogenic metabolites of vitamin A in women following supplements and liver. *Human & Experimental Toxicology*, 13(1), 33-43.
- Calvo, M. S., & Whiting, S. J. (2013). Survey of current vitamin D food fortification practices in the United States and Canada. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 136, 211-213.

- Castenmiller, J. J., & West, C. E. (1998). Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annual Review of Nutrition*, 18, 19-38.
- Chungchunlam, S. M. S., Moughan, P. J., Garrick, D. P., & Drewnowski, A. (2020). Animal-sourced foods are required for minimum-cost nutritionally adequate food patterns for the United States. *Nature Food*, 1(6), 376-381.
- Chungchunlam, S. M. S., Garrick, D. P., & Moughan, P. J. (2021). Using linear programming to determine the role of plant- and animal-based foods in least-cost, nutritionally adequate diets for adults. *Current Developments in Nutrition*, 5(11), nzab132.
- Chungchunlam, S. M. S., & Moughan, P. J. (2024). Comparative bioavailability of vitamins in human foods sourced from animals and plants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(31), 11590-11625.
- Devadas, R. P., Premakumari, S., & Moorthy, C. (1979). Availability of folic acid from selected germinated cereals and pulses. *Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, 16(1), 407-411.
- Doscherholmen, A., McMahon, J., & Ripley, D. (1975). Vitamin B12 absorption from eggs. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 149(4), 987-990.
- Doscherholmen, A., McMahon, J., & Ripley, D. (1978). Vitamin B12 assimilation from chicken meat. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 31(5), 825-830.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2014). Scientific opinion on dietary reference values for biotin. *EFSA Journal*, 12(2), 3580.
- FAO. (1988). Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B12: Report of a joint FAO/WHO Expert Group. Rome: FAO.
- Garber, A. K., Binkley, N. C., Krueger, D. C., & Suttie, J. W. (1999). Comparison of phyloquinone bioavailability from food sources or a supplement in human subjects. *The Journal of Nutrition*, 129(6), 1201-1203.
- Garrod, M. G., Buchholz, B. A., Miller, J. W., Haack, K. W., Green, R., & Allen, L. H. (2019). Vitamin B12 added as a fortificant to flour retains high bioavailability when baked in bread. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 438, 136-140.
- Gibson, R. S. (2007). The role of diet- and host-related factors in nutrient bioavailability and thus in nutrient-based dietary requirement estimates. *Food and Nutrition Bulletin*, 28(1 Suppl), S77-S100.
- Gijssbers, B. L. M. G., Jie, K. S. G., & Vermeer, C. (1996). Effect of food composition on vitamin K absorption in human volunteers. *British Journal of Nutrition*, 76(2), 223-229.
- Gregory, J. F., III. (1989). Chemical and nutritional aspects of folate research: Analytical procedures, methods of folate synthesis, stability, and bioavailability of dietary folates. *Advances in Food and Nutrition Research*, 33, 1-101.
- Gregory, J. F., III. (1997). Bioavailability of folate. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51(Suppl 1), S54-S59.
- Henderickx, H.K., Teague, H.S., Redman, D.R., & Grifo, A.P., Jr. (1964). Absorption of vitamin B12 from the colon of the pig. *Journal of Animal Science*, 23(4), 1036-1038.
- Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *The New England Journal of Medicine*, 357(3), 266-281.
- Holick, M. F., Biancuzzo, R. M., Chen, T. C., Klein, E. K., Young, A., Bibuld, D., Reitz, R., Salameh, W., Ameri, A., & Tannenbaum, A. D. (2008). Vitamin D2 is as effective as vitamin D3 in maintaining circulating concentrations of 25-hydroxyvitamin D. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 93(3), 677-681.
- IOM (Institute of Medicine, US). (1998). Dietary reference intakes for thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, folate, vitamin B12, pantothenic acid, biotin, and choline. Washington, DC: National Academies Press.
- IOM (Institute of Medicine, US). (2000). Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington, DC: National Academies Press.
- IOM (Institute of Medicine, US). (2001). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, DC: National Academies Press.
- IOM (Institute of Medicine, US). (2011). Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. Washington, DC: National Academies Press.
- Kopinski, J. S., Leibholz, J., & Bryden, W. L. (1989). Biotin studies in pigs. 4. Biotin availability in feedstuffs for pigs and chickens. *The British Journal of Nutrition*, 62(2), 773-780.
- Livny, O., Reifen, R., Levy, I., Madar, Z., Faulks, R., Southon, S., & Schwartz, B. (2003). β -Carotene bioavailability from differently processed carrot meals in human ileostomy volunteers. *European Journal of Nutrition*, 42(6), 338-345.
- Mangels, A. R., Block, G., Frey, C. M., Patterson, B. H., Taylor, P. R., Norkus, E. P., & Levander, O. A. (1993). The bioavailability to humans of ascorbic acid from oranges, orange juice and cooked broccoli is similar to that of synthetic ascorbic acid. *The Journal of Nutrition*, 123(6), 1054-1061.

- Melse-Boonstra, A. (2020). Bioavailability of micronutrients from nutrient-dense whole foods: Zooming in on dairy, vegetables, and fruits. *Frontiers in Nutrition*, 7, 101.
- Murphy, S. P., & Allen, L. H. (2003). Nutritional importance of animal source foods. *The Journal of Nutrition*, 133(11 Suppl 2), 3932S-3935S.
- NIH (National Institutes of Health), Office of Dietary Supplements. (2022). Biotin: Fact sheet for health professionals. U.S. Department of Health and Human Services. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Biotin-HealthProfessional/>
- Novotny, J. A., Kurilich, A. C., Britz, S. J., & Clevidence, B. A. (2010). Plasma appearance of labeled phyloquinone after consumption of cooked kale as measured by accelerator mass spectrometry. *Journal of the American College of Nutrition*, 29(3), 201-204.
- Olson, J. A. (1987). Recommended dietary intakes (RDI) of vitamin A in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 45(4), 704-716.
- Outila, T. A., Kärkkäinen, M. U. M., Seppänen, R. H., & Lamberg-Allardt, C. J. E. (1999). Dietary intake of vitamin D in premenopausal, healthy vegans was insufficient to maintain concentrations of serum 25-hydroxyvitamin D and intact parathyroid hormone within normal ranges during the winter in Finland. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(4), 434-441.
- Reboul, E. (2013). Absorption of vitamin A and carotenoids by the enterocyte: Focus on transport proteins. *Nutrients*, 5(9), 3563-3581.
- Roth-Maier, D. A., & Kirchgessner, M. (1996). Precaecal digestibility of pantothenic acid and biotin from different feedstuffs in growing pigs. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 47(5), 421-428.
- Roth-Maier, D. A., Stangl, G. I., & Kirchgessner, M. (1998). Bioavailability of thiamin, riboflavin and vitamin B-6 from different feedstuffs in growing pigs. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 68(5), 300-308.
- Roth-Maier, D. A., Wauer, A., & Kirchgessner, M. (1999). Availability of different sources of thiamin and vitamin B-6 in growing pigs. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 69(1), 24-30.
- Roth-Maier, D. A., Wauer, A., Stangl, G. I., & Kirchgessner, M. (2000). Precaecal digestibility of niacin and pantothenic acid from different foods. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 70(1), 8-13.
- Roth-Maier, D. A., Kettler, S. I., & Kirchgessner, M. (2002). Availability of vitamin B6 from different food sources. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 53(2), 171-179.
- Russell, R. M., Baik, H., & Kehayias, J. J. (2001). Older men and women efficiently absorb vitamin B-12 from milk and fortified bread. *The Journal of Nutrition*, 131(2), 291-293.
- Said, H. M. (2011). Intestinal absorption of water-soluble vitamins in health and disease. *Biochemical Journal*, 437(3), 357-372.
- Said, H. M. (2013). Recent advances in transport of water-soluble vitamins in organs of the digestive system: A focus on the colon and the pancreas. *American Journal of Physiology: Gastrointestinal and Liver Physiology*, 305(9), G601-G610.
- Sauer, W. C., Mosenthin, R., & Ozimek, L. (1988). The digestibility of biotin in protein supplements and cereal grains for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 66(10), 2583-2589.
- Scott, J. M. (1997). Bioavailability of vitamin B12. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51(Suppl 1), S49-S53.
- Shearer, M. J. (1992). Vitamin K metabolism and nutriture. *Blood Reviews*, 6(2), 92-104.
- Tamura, T., & Stokstad, E. L. R. (1973). The availability of food folate in man. *British Journal of Haematology*, 25(4), 513-532.
- USDA, Agricultural Research Service. (2022). FoodData Central (Version 8.0). <https://fdc.nal.usda.gov>
- Urbain, P., Singler, F., Ihorst, G., Biesalski, H. K., & Bertz, H. (2011). Bioavailability of vitamin D2 from UV-B-irradiated button mushrooms in healthy adults deficient in serum 25-hydroxyvitamin D: A randomized controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 65(8), 965-971.
- van Het Hof, K. H., West, C. E., Weststrate, J. A., & Hautvast, J. G. A. J. (2000). Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. *The Journal of Nutrition*, 130(3), 503-506.
- van Vliet, T., Schreurs, W. H. P., & van den Berg, H. (2001). Intestinal β -carotene absorption and cleavage in men: Response of β -carotene and retinyl esters in the triglyceride-rich lipoprotein fraction after a single oral dose of β -carotene. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(1), 110-116.
- Vermeer, C., & Braam, L. A. J. S. (2001). Role of K vitamins in the regulation of tissue calcification. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 19(4), 201-206.
- Vieth, R. (1999). Vitamin D supplementation, 25-hydroxyvitamin D concentrations, and safety. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69(5), 842-856.

Vieux, F., Rémond, D., Peyraud, J.-L., & Darmon, N. (2022). Approximately half of total protein intake by adults must be animal-based to meet nonprotein, nutrient-based recommendations, with variations due to age and sex. *The Journal of Nutrition*, 152(11), 2514–2525.

WHO and FAO. (1967). Requirements of vitamin A, thiamine, riboflavin and niacin. Geneva: WHO. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/40656>

WHO and FAO. (2004). Vitamin and mineral requirements in human nutrition (2nd ed.). Geneva: WHO. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42716>

Watanabe, F., Takenaka, S., Kittaka-Katsura, H., Ebara, S., & Miyamoto, E. (2002). Characterization and bioavailability of vitamin B12-compounds from edible algae. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 48(5), 325–331

Watanabe, F. (2007). Vitamin B12 sources and bioavailability. *Experimental Biology and Medicine*, 232(10), 1266-1274.

Wauer, A., Stangl, G. I., Kirchgessner, M., Erhardt, W., Henke, J., Hennig, U., & Roth-Maier, D. A. (1999). A comparative evaluation of ileo-rectal anastomosis techniques for the measurement of apparent precaecal digestibilities of folate, niacin and pantothenic acid. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 82(2-3), 80-87.

Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., Sheard, P. R., & Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66(1), 21-32.

Yoshii, K., Hosomi, K., Sawane, K., & Kunisawa, J. (2019). Metabolism of dietary and microbial vitamin B family in the regulation of host immunity. *Frontiers in Nutrition*, 6, 48.

Zeisel, S. H., Mar, M. H., Howe, J. C., & Holden, J. M. (2003). Concentrations of choline-containing compounds and betaine in common foods. *The Journal of Nutrition*, 133(5), 1302-1307.

Zeisel, S. H., & da Costa, K. A. (2009). Choline: An essential nutrient for public health. *Nutrition Reviews*, 67(11), 615-623.