



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



ALIMENTS

Les lécithines végétales : quels impacts métaboliques en tant qu'ingrédients ? ☆



Vegetable lecithins: Their metabolic impacts as food-grade ingredients

Chloé Robert ^{a,b}, Carole Vaysse ^b,
Marie-Caroline Michalski ^{a,*}

^a Laboratoire CarMeN, INRAE, UMR1397, Inserm, U1060, INSA-Lyon, Université Claude-Bernard Lyon 1, Pierre-Bénite 69310, France

^b ITERG, équipe Nutrition, Santé et Biochimie des Lipides, Canéjan, 33610 Canéjan, France

Received 12 April 2021; accepted 21 June 2021

Available online 16 août 2021

MOTS CLÉS

Émulsifiants;
Lécithines;
Phospholipides;
Métabolisme
lipidique;
Microbiote

Résumé Emulsifiants et stabilisants largement utilisés par l'industrie agro-alimentaire, les lécithines sont des mélanges complexes de lipides composés à plus de 50 % de phospholipides (PL), issus de sources animales ou végétales. Face à la nécessité de réduire les apports en produits d'origine animale et de limiter l'utilisation d'additifs de synthèse, le marché des lécithines végétales est actuellement en plein essor. Selon un certain nombre de données *in vitro* et précliniques, la supplémentation en lécithines végétales améliore l'absorption intestinale des lipides. Chez l'Homme, en conditions pathologiques, elle serait également associée à des effets liporégulateurs, anti-inflammatoires et antioxydants. À ce titre, les lécithines végétales pourraient exercer un rôle préventif dans les désordres métaboliques et cardiovasculaires liés à l'alimentation occidentale. Néanmoins, leur impact en tant qu'ingrédient dans les aliments transformés sur le métabolisme lipidique et la santé métabolique demeure controversé. Dans ce contexte, des données précliniques récentes présentées ici offrent des résultats rassurants quant à l'impact de doses nutritionnelles de lécithines végétales sur des paramètres métaboliques et sur le microbiote intestinal.

© 2021 The Authors. Published by Elsevier Masson SAS on behalf of Société française de nutrition. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

☆ *Nota Bene* : cet article est en partie issu du bulletin LipidNutri+ de janvier/février 2020 par les auteurs Robert et Michalski, avec mises à jour et accord des éditeurs.

* Auteur correspondant. CENS-ELI bâtiment 2D, hôpital Lyon Sud secteur 2, 165, chemin du Grand-Revoynet, 69310 Pierre-Bénite, France
E-mail address: marie-caroline.michalski@inrae.fr (M.-C. Michalski).

KEYWORDS

Emulsifiants;
Lécithine;
Phospholipides;
Lipid métabolisme;
Microbiote

Summary Vegetable lecithins, widely used in the food industry as emulsifying agents, are a mixture of naturally occurring lipids containing more than 50% of phospholipids of vegetable origin. Given the exponential demand for plant products alternative to those of animal origin and for clean-label foods (free of synthetic additives), the market of vegetable lecithin is booming. According to a number of in vitro and preclinical studies, the supplementation with vegetable lecithin may enhance intestinal lipid absorption. In humans, their use as supplements is associated with liporegulating and anti-inflammatory effects in pathological conditions. As such, in the current context of obesity and associated metabolic disorders, the potential application of vegetable lecithins in the prevention of such diseases seems promising. However, their impact as ingredients within the current Western diet on lipid metabolism and gut health remains poorly described in the literature and rather controversial. Researchers are currently starting to explore these effects. Their recent findings yield encouraging results concerning the impact of nutritional doses of lecithin similar to those found in foods on lipid metabolism and the gut microbiota.

© 2021 The Authors. Published by Elsevier Masson SAS on behalf of Société française de nutrition. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

Au vu de l'attrait grandissant pour les produits d'origine naturelle et des données récentes concernant les effets délétères de certains émulsifiants synthétiques sur la santé intestinale [1,2], le marché des lécithines végétales est en plein essor. Conformément à la définition officielle de l'EFSA (Autorité européenne de la sécurité des aliments) [3], le terme « lécithine » fait aujourd'hui référence à un mélange de lipides naturels composé à plus de 50 % de phospholipides (PL), et non à la seule phosphatidylcholine (PC), comme cela a été le cas lors de sa définition initiale. Bien que certaines lécithines soient issues de sources animales, la majorité des lécithines provient de sources végétales, notamment de plantes oléagineuses, comme le soja, le colza ou le tournesol. De par leur teneur en PL, les lécithines sont d'excellents émulsifiants, couramment utilisés par l'industrie agro-alimentaire sous le sigle « E322 ». Elles peuvent également être utilisées comme agent épaississant, dans la préparation de crèmes par exemple. Selon un récent rapport de l'Oqali, en France, 17 % des aliments transformés comportent de la lécithine, ce qui en fait le 3^e additif le plus répandu [4]. En Europe, leur utilisation au sein de la plupart des aliments est autorisée selon le principe de *quantum satis*. Ceci signifie que les lécithines peuvent être ajoutées sans restriction de dose, et implique qu'elles ne présentent pas de danger particulier pour le consommateur. Néanmoins, leur utilisation dans certains aliments est réglementée : elles ne peuvent être ajoutées à plus de 1 % dans les préparations pour nourrissons et à 3 % dans les huiles et les matières grasses [3]. De plus, pour des raisons techniques et de palatabilité, le contenu en lécithines des aliments n'excède que très rarement 10 %.

Dans le contexte actuel d'obésité et de maladies métaboliques associées, il est primordial de déterminer l'impact de ces ingrédients sur le métabolisme des lipides et la santé métabolique [5]. En effet, en tant que composants majoritaires des membranes biologiques et de la bile (10–15 g par jour de PC endogène [6]), les PL sont naturellement présents dans l'organisme et sont impliqués dans un grand nombre de processus physiologiques. Les lécithines

végétales seraient ainsi également à même de moduler le métabolisme lipidique, en agissant à la fois sur la digestion, l'absorption et l'homéostasie des lipides.

Des ingrédients à la composition variée

Les lécithines végétales représentent des sources importantes de PL, dont la composition lipidique varie grandement selon la source. Les PL sont composés de deux acides gras (AG) attachés en positions *sn*-1 et *sn*-2 à un résidu glycérol-3-phosphate, dont la position *sn*-3 est occupée par un groupement polaire. De manière générale, un AG saturé occupe la position *sn*-1, et un AG insaturé la position *sn*-2. Cette répartition non-aléatoire résulte principalement des propriétés intrinsèques des enzymes impliquées dans la voie de synthèse des PL chez les eucaryotes [7,8]. Les principaux PL présents dans les lécithines végétales (Tableau 1) sont la phosphatidylcholine (PC), la phosphatidyléthanolamine (PE), le phosphatidylinositol (PI) et certains lyso-PL (PL ayant subi une hydrolyse par une phospholipase conduisant à la libération d'un AG) (Fig. 1). Au contraire des lécithines d'origine animale, la phosphatidylsérine est très peu présente dans les lécithines végétales et la sphingomyéline en est absente [9]. Les lécithines végétales contiennent également d'autres lipides, tels que des triglycérides (TG) (qui représentent de 3 % des lipides totaux pour des lécithines liquides à 37 % pour des lécithines deshuilées [9]), des glycolipides ou des stérols, ainsi que des vitamines liposolubles.

La composition en AG des lécithines végétales reflète généralement celle de la graine dont elles sont issues (Tableau 1), bien qu'elle puisse être modulée par de nombreux facteurs [10]. En effet, le profil en PL et en AG des lécithines, ainsi que leur composition lipidique, dépendent largement des conditions agronomiques, génétiques et environnementales dans lesquelles ont été cultivées les graines, ainsi que des conditions d'extraction des lécithines à partir de celles-ci [9–11]. Les lécithines végétales sont en effet des co-produits issus du raffinage des huiles : elles sont obtenues lors de la récupération de la fraction insoluble de

Tableau 1 Composition typique en phospholipides et en acides gras de trois lécithines végétales courantes (lécithines de soja, de tournesol et de colza).

	Lécithine de soja	Lécithine de tournesol	Lécithine de colza
Phospholipides (g/100 g lipides totaux) [3]			
Phosphatidylcholine	12,7–16,7	14,3–17,2	16,7–18,2
Phosphatidylinositol	6,5–11,8	12,3–14,9	10,5–12,3
Phosphatidyléthanoline	6,5–13,6	4,9–6,8	6,5–8,0
Acide phosphatidique	2,3–6,0	1,3–3,2	2,4–3,6
Acides gras (g/100 g acides gras totaux) [9] ^a			
16:0	16	11	7
18:0	4	4	1
18:1n- 9	17	18	56
18:2n- 6	55	63	25
18:3n- 3	7	0	6
Autres	1	4	5

^aIndépendamment de la molécule vectrice (majoritairement TG et PL).

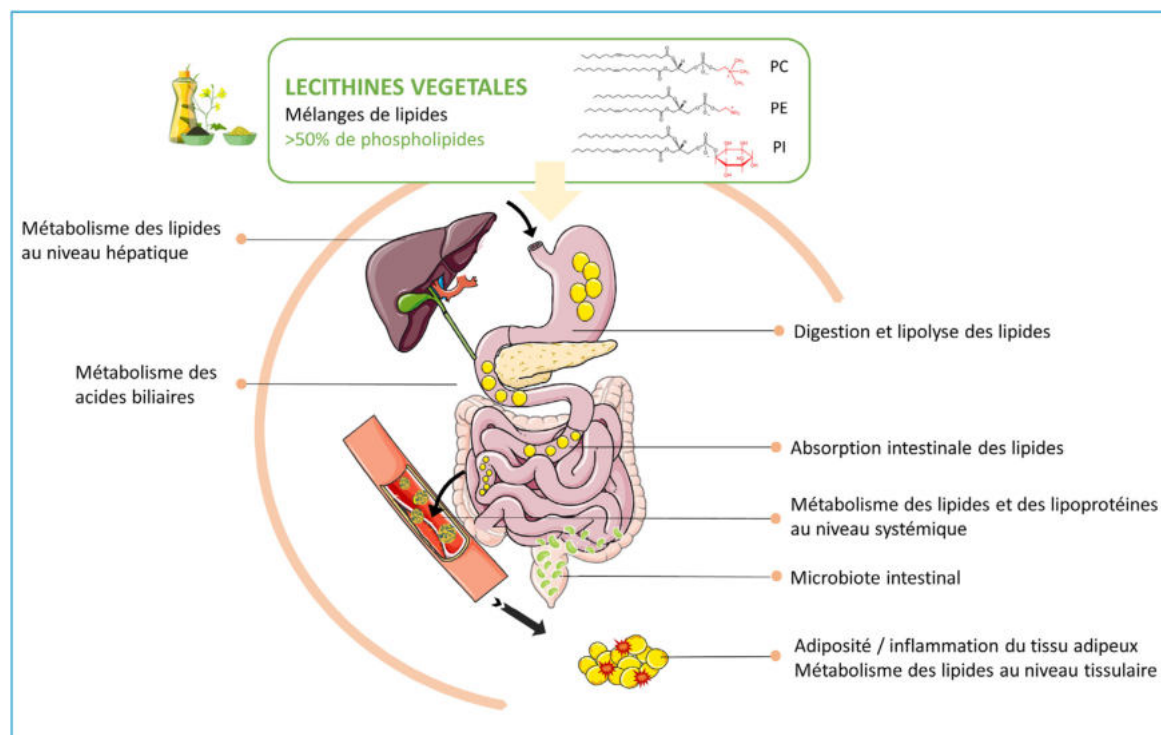


Figure 1. Impacts métaboliques majeurs des lécithines végétales. PC: phosphatidylcholine ; PE : phosphatidylethanolamine ; PI : phosphatidylinositol.

l'huile brute après pressage des graines, puis sont extraites et purifiées via plusieurs étapes successives de blanchissage et de dégomme [10]. À leur tour, les propriétés émulsifiantes des lécithines dépendent de leur composition et de la matrice dans laquelle elles se trouvent. Alors que la PC et la lyso-PC sont utilisées pour stabiliser les émulsions huile dans eau, la PE stabilise préférentiellement les émulsions eau dans huile [12]. Par ailleurs, des études ont montré que la présence de certains phénols dans les lécithines augmente leur capacité antioxydante, du fait d'un effet synergique entre les phénols et les PL [13]. Cette diversité de

composition et de propriétés structuro-fonctionnelles fait des lécithines des ingrédients extrêmement versatiles.

Actuellement, avec environ 200 000 tonnes métriques vendues par an dans le monde, les lécithines de soja sont les lécithines végétales les plus utilisées (> 90 %) [14]. Cependant, face aux enjeux socio-économiques et environnementaux et à la teneur en allergènes potentiels des lécithines de soja (traces de protéines non-extraites [15]), la nécessité de développer des sources coresponsables de lécithines alternatives au soja a entraîné, notamment au niveau européen, l'augmentation de la production de

lécithines de tournesol et de colza. L'impact de ces nouvelles lecithines sur la santé métabolique reste à évaluer.

Les lecithines : vecteurs efficaces d'acides gras d'intérêt ?

Les lecithines végétales représentent des sources importantes de PL aux profils en AG spécifiques et divers. Depuis quelques années, les PL font l'objet d'un intérêt grandissant de par leur capacité à augmenter la biodisponibilité et l'incorporation des AG dans certains tissus cibles (cerveau, foie, muscles, ...). Un grand nombre d'études s'est tout particulièrement intéressé aux PL d'origine marine en tant que vecteurs préférentiels d'AG polyinsaturés (AGPI) n-3 (ou oméga 3), tels que l'acide eicosapentaénoïque (EPA, 20:5 n-3) et l'acide docosahexaénoïque (DHA, 22:6 n-3), comparativement à des triglycérides (TG) apportant les mêmes AGPI [16–21]. Ceci est d'autant plus intéressant que si les TG constituent les lipides majoritaires de notre alimentation ($\approx 95\%$), les PL représentent la deuxième plus grande classe des lipides ingérés (2–5 %). Ainsi, chez le rat, la vectorisation du DHA sous forme de PL permettrait de favoriser son incorporation en positions *sn*-1 et *sn*-3 des TG lymphatiques, impactant son accrétion tissulaire ainsi que son métabolisme *a posteriori* [18]. Néanmoins, cet effet demeure controversé et plusieurs revues ont conclu que la quantité de données est actuellement insuffisante pour confirmer de manière certaine que la biodisponibilité systémique de l'EPA et du DHA est augmentée lorsqu'ils sont vectorisés par des PL, comparativement aux TG [17,22]. Cependant, l'incorporation des AGPI n-3 dans certains tissus cibles, tels le cerveau, le foie et les muscles, semble bel et bien être augmentée lorsqu'ils sont apportés sous forme de PL [19,21]. Ces effets résulteraient, en partie, de l'impact des lecithines sur l'expression de gènes spécifiques impliqués dans le transport et le métabolisme des lipides. Un effet synergique entre AGPI et PL semble également probable. Par ailleurs, cet effet pourrait s'expliquer par la digestion des PL, qui diffère de celles des TG, tant au niveau de la lumière intestinale (phase enzymatique puis absorption) que de l'entérocyte (réassemblage sous forme de lipoprotéines). Au cours de la phase initiale de digestion dans la lumière intestinale, les PL vont subir l'action de phospholipases pancréatiques, notamment la phospholipase A₂ (PLA₂), qui entraîne la libération d'un lysoPL et d'un AG. Ceux-ci vont ensuite être absorbés au niveau des entérocytes au sein desquels, certains vont être incorporés dans la couche extérieure de lipoprotéines (chylomicrons (CM), VLDL) libérées dans la lymphe puis dans la circulation systémique. Parvenus dans celle-ci, les PL vont subir de nouveaux remaniements (hydrolyse par des lipases endothéliales, incorporation au sein des lipoprotéines HDL). Les lecithines peuvent ainsi affecter la composition de la surface des lipoprotéines circulantes, telles que les CM, et par conséquent moduler leur fonctionnalité ainsi que le métabolisme des lipides qu'elles transportent.

Au vu de la croissance du marché des lecithines végétales, il convient alors de vérifier si ces résultats peuvent être transposés aux lecithines végétales en tant que vecteurs d'AG spécifiques, tels l'acide α -linoléique (ALA,

18:3n-3), précurseur principal des AGPI n-3 à longue chaîne, aux propriétés nutritionnelles importantes.

Les lecithines modifient la digestion et l'absorption des lipides

Malgré le manque de données concernant la vectorisation d'AG spécifiques, il a été démontré que les lecithines végétales sont capables de modifier le métabolisme des lipides dès les premières étapes de leur digestion. Les lecithines végétales seraient capables de moduler l'activité des lipases digestives, et ce en fonction de leur composition en PL. En effet, à haute dose, certains PL exerceraient une action inhibitrice sur la lipase pancréatique [23]. Par ailleurs, selon des études *in vitro*, la PC et la PI induisent une activité plus importante de la lipase gastrique, et donc une lipolyse plus efficace, comparativement à la PE ou la sphingomyéline [24]. Bien que la lipolyse gastrique ne constitue pas l'étape principale de digestion des lipides [25], son importance est non-négligeable. En effet, les lipides générés sont des molécules tensio-actives qui vont, avec les PL et les protéines issus du bol alimentaire, faciliter l'émulsification des lipides et augmenter leur digestion. De plus, de par leur nature amphiphile, les PL facilitent l'agencement des lipides en micelles dans la lumière intestinale. La bile contient naturellement d'importantes quantités de PL, dont 95 % de PC, qui contribuent à stabiliser et augmenter la surface de ces micelles, permettant ainsi une hydrolyse plus importante des lipides par les enzymes digestives. La dispersion des gouttelettes lipidiques qui en résultent représente l'étape limitante de la lipolyse. Ainsi, la pré-émulsification d'une huile augmente considérablement la digestion et la biodisponibilité des lipides qu'elle contient et ce indépendamment de la nature des émulsifiants. Chez le rat, l'administration d'une huile de lin (riche en ALA) émulsionnée avec de la lecithine de soja entraîne une absorption intestinale et une sécrétion lymphatique d'ALA augmentées par rapport à l'huile seule ou émulsionnée avec du caséinate de sodium (issu de protéines laitières) [26]. Des résultats similaires ont été observés avec l'utilisation d'un modèle de digestion *in vitro* [27].

Néanmoins, l'effet du simple ajout de PL végétaux, et donc de lecithines végétales, à une huile, sans pré-émulsification, demeure peu étudié et controversé. Tso et al. ont démontré chez le rat que la supplémentation en PC (15 mol%) promeut l'apparition des TG dans la lymphe [28]. Nakano et al. n'ont, *a contrario*, observé aucune différence dans l'absorption des lipides *in vitro* lors de l'ajout de 10 % de PC à des micelles lipidiques, comparativement au groupe sans PC [29]. Les études utilisant de faibles concentrations de lecithine, semblables à des doses nutritionnelles ($\leq 10\%$ des lipides totaux), sont ainsi peu concluantes. Cependant, Nishimukai et al. ont démontré que la supplémentation d'une grande quantité de lecithine de soja (rapport PL/TG de 1:3 poids/poids) permet d'engendrer une augmentation de l'absorption intestinale et de la concentration lymphatique des TG chez le rat [30]. Cet effet serait potentiellement dû à l'impact des lecithines sur la sécrétion des CM. Une augmentation de la concentration lymphatique en ApoB48 (protéine localisée à la surface des

CM) et de l'expression des gènes impliqués dans la synthèse et l'exocytose des CM a en effet été observée dans le duodénum de rats gavés avec de l'huile de lin émulsionnée par des lécithines comparativement au groupe contrôle [26]. Ces résultats précliniques suggèrent un potentiel effet dose-dépendant des lécithines sur l'absorption lipidique, qui mérite d'être vérifié à la fois chez l'animal et chez l'Homme.

Effets des lécithines vis-à-vis des désordres du métabolisme lipidique ?

À l'issue de leur digestion et de leur absorption intestinale, les lipides d'origine alimentaire rejoignent la circulation systémique où ils sont dilués avec ceux d'origine endogène puis métabolisés. Le profil lipidique plasmatique est ainsi le reflet, non pas des seuls lipides absorbés, mais d'une homéostasie globale résultant du métabolisme des tissus individuels. Données comme complément alimentaire, les lécithines végétales exercent des effets protecteurs au niveau du métabolisme lipidique et permettraient de rétablir en partie cette homéostasie, altérée dans le cadre de maladies métaboliques (Fig. 1).

Au niveau systémique, les PL exercent un effet hypocholestérolémiant. Ainsi, chez des patients souffrants d'hypercholestérolémie, la supplémentation avec de la lécithine de soja réduit significativement le taux de cholestérol plasmatique [31]. Chez le hamster et le lapin hypercholestérolémiques, la supplémentation en PC de soja permet également d'augmenter le taux de cholestérol HDL et donc de réduire le rapport LDL/HDL, qui est un facteur de risque connu de maladies métaboliques [32]. Ces effets seraient dus au fait que les PL sont capables de diminuer l'activité de la HMG-CoA réductase microsomale (enzyme impliquée dans la voie de biosynthèse du cholestérol) et l'absorption entérocytaire du cholestérol. Ils augmentent également l'excrétion du cholestérol biliaire, la β -oxydation des lipides et la concentration plasmatique en ApoA1 (protéine localisée à la surface des CM et des HDL). Il est important de noter que ces effets sont observés dans le cadre de dyslipidémies et leur transposition en conditions saines ou à risque métabolique reste à valider. Il en va de même pour l'effet hypotriglycéridémiant des lécithines végétales décrit dans certaines études mais dont la relation causale n'a pas encore été démontrée.

Le foie possède un rôle central dans le métabolisme et l'homéostasie des lipides. Plusieurs études précliniques ont démontré que le remplacement d'une fraction des TG alimentaires par des lécithines végétales était associé à une amélioration du profil lipidique dans le foie avec une réduction des TG hépatiques [33]. Cet effet hypolipémiant des lécithines serait dû à leur capacité à inhiber la synthèse de novo des AG et à augmenter la β -oxydation mitochondriale (voie métabolique de dégradation des AG). Les lécithines végétales sont également associées à une diminution du taux de cholestérol dans le foie et les VLDL. Par ailleurs, le rapport PC/PE des hépatocytes est étroitement lié au métabolisme de l'énergie et de l'insuline. Les lécithines végétales, sources majeures de PC et de PE, permettraient d'équilibrer ce ratio et de moduler de manière bénéfique le métabolisme énergétique du foie.

Dans le cadre du métabolisme lipidique, il est primordial de considérer également le tissu adipeux qui joue un rôle majeur de stockage des lipides. Certaines études ont démontré que la supplémentation avec de la PC de soja était associée à une diminution de la taille des adipocytes chez des souris ayant consommé un régime riche en graisses [34], tandis qu'une autre étude a montré une hypertrophie des adipocytes des souris lorsqu'une partie de l'huile de palme était substituée par de la lécithine de soja [35]. Les effets des lécithines végétales comme ingrédients dans l'alimentation déséquilibrée occidentale sont donc à élucider chez l'Homme.

Un potentiel rôle bénéfique des lécithines végétales sur les maladies métaboliques repose également sur leurs propriétés anti-thrombotiques, anti-athérogéniques et anti-inflammatoires [36]. Les maladies métaboliques sont en effet associées à une inflammation de bas-grade. De nombreuses études ont démontré des effets anti-inflammatoires des lécithines végétales administrées en tant que supplément dans le cadre de maladies inflammatoires chroniques telles la colite ulcéreuse [37]. Cependant, leur rôle en tant qu'ingrédient dans l'alimentation occidentale n'est pas aussi clair. Chez des souris soumises à un régime hyperlipidique pauvre en fibres, l'incorporation de lécithine de soja a exacerbé l'inflammation du tissu adipeux blanc [38]. Ceci souligne l'importance de faire la distinction entre l'effet des lécithines végétales en tant que supplément nutraceutique ou ingrédient dans les aliments transformés, et selon s'ils sont équilibrés ou, à l'inverse, riches en graisses et en sucres ajoutés. Du fait de leurs différences de composition lipidique (cf §2), diverses sources de lécithines doivent également être étudiées, la lécithine de soja étant riche en AGPI n-6, décrits comme ayant des effets pro-inflammatoires, au contraire de la lécithine de colza qui est, elle, riche en ALA, aux propriétés anti-inflammatoires.

Enfin, compte tenu de leur teneur en PC, les lécithines végétales auraient un impact sur le microbiote intestinal. La PC est dégradée par certaines bactéries intestinales en triméthylamine, qui est ensuite métabolisée en triméthylamine-N-oxyde (TMAO). Or, de fortes teneurs plasmatiques en TMAO sont associées à un risque accru de maladies métaboliques et inflammatoires [39]. Par ailleurs, il a été démontré que certains émulsifiants synthétiques, tels que le polysorbate 80 ou la carboxyméthylcellulose, engendrent des modifications au niveau du microbiote intestinal, qui contribueraient à la mise en place du syndrome métabolique et de l'inflammation chronique de l'intestin [1,2]. Au vu de leur utilisation croissante et de l'attrait pour les ingrédients d'origine naturelle, il est alors primordial d'évaluer l'impact des lécithines végétales sur le microbiote intestinal, aujourd'hui méconnu.

Des données récentes sur l'impact métabolique des lécithines à doses d'ingrédient

Des travaux collaboratifs menés entre le laboratoire CarMeN et l'ITERG apportent de nouveaux éléments de réponses quant aux effets métaboliques de doses nutritionnelles de lécithines végétales [40] (Fig. 2). Ainsi, une étude

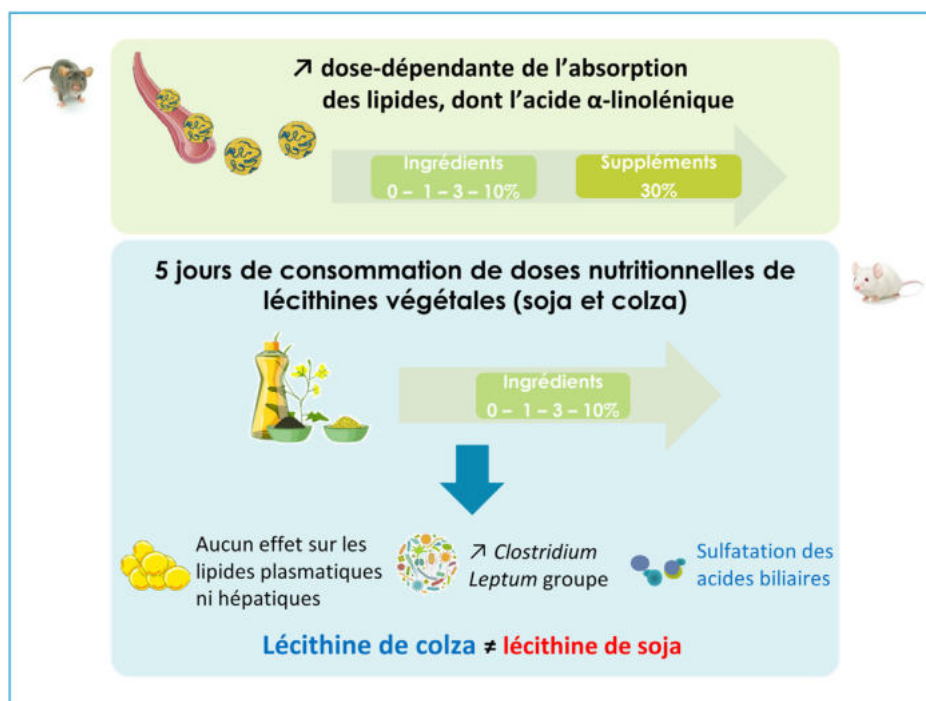


Figure 2. Principaux résultats de deux études précliniques récentes portant sur les effets métaboliques des lécithines végétales (soja et colza) (en haut : Robert et al. J Nutr. 2019 [41]; en bas : Robert et al. Mol. Nutr. Food Res. 2021 [42]). Les doses indiquées sont en % des lipides totaux ingérés, typiquement utilisées dans des aliments ou dans des suppléments alimentaires.

menée chez des rats porteurs d'une dérivation du canal lymphatique a démontré que la lécithine de colza, riche en ALA, ajoutée sans pré-émulsification préalable, était capable d'induire une augmentation dose-dépendante de l'apparition des lipides et de l'ALA dans la lymphe, qui serait associée à une augmentation de la sécrétion et de la taille des CM [41]. De ce fait, la vectorisation de l'ALA sous forme de PL via la lécithine de colza permettrait d'augmenter sa biodisponibilité, par rapport à sa vectorisation sous forme de TG dans une huile. Cependant, l'étude démontre que l'effet promoteur de la lécithine de colza sur l'absorption lipidique ne devient significatif qu'à des doses de supplémentation (30 % des lipides totaux), bien plus élevées que celles retrouvées dans les aliments, qui n'excèdent jamais 10 %. Ces données valident pour la première fois un effet dose des lécithines végétales sur l'absorption des lipides, qui conforte et complète les résultats préalablement décrits dans la littérature (cf §4).

L'équipe a également mené une étude à court terme chez la souris afin d'évaluer l'impact de deux lécithines végétales riches en ALA (lécithine de colza et de soja) sur la santé métabolique, en tant qu'ingrédient dans un régime normolipidique [42]. Cette étude a confirmé qu'après 5 jours, des doses nutritionnelles de lécithine de soja et de colza (≤ 10 % des lipides totaux) n'induisaient pas de modification des lipides totaux ni de l'ALA, que ce soit au niveau hépatique ou plasmatique. Indépendamment de leur dose, les deux lécithines ont engendré des modifications du microbiote intestinal chez ces souris, en augmentant l'abondance fécale de *Clostridium Leptum*, un groupe bactérien décrit comme étant anti-inflammatoire. La lécithine de colza aurait par ailleurs un effet spécifique sur le métabolisme des acides biliaires : la consommation de 10 % de lécithine

de colza, mais pas de soja, a induit une augmentation de la sulfatation hépatique des acides biliaires et une diminution de leur hydrophobie au niveau du caecum. Ces deux mécanismes favorisent l'élimination des acides biliaires, dont l'accumulation peut être toxique, et peuvent ainsi être considérés comme favorables. Ces données précliniques démontrent ainsi qu'à court terme, l'utilisation de lécithines végétales en tant qu'ingrédient dans un régime équilibré n'induit aucun effet néfaste sur le métabolisme lipidique. A l'inverse de certains émulsifiants synthétiques, les lécithines végétales seraient même à l'origine de potentiels effets bénéfiques sur le microbiote intestinal.

Des conclusions similaires ont été obtenues dans une étude de Chassaing et al. parue très récemment et comparant l'impact de 20 émulsifiants sur le microbiote intestinal humain via l'utilisation d'un modèle *ex vivo* [43]. Selon cette étude, les lécithines de soja et de tournesol seraient parmi les seuls émulsifiants à n'engendrer aucun impact délétère majeur sur la composition et le potentiel pro-inflammatoire du microbiote intestinal.

L'ensemble de ces nouvelles données nécessite désormais d'être évalué à long terme au sein de régimes hyperlipidiques occidentaux, puis validé chez l'Homme, mais illustre le potentiel des lécithines végétales comme alternative intéressante aux émulsifiants synthétiques.

Conclusion

Les lécithines végétales sont des ingrédients aux profils lipidiques et aux propriétés biochimiques divers et complexes. Utilisées en tant que suppléments, elles peuvent notamment moduler le métabolisme des lipides, augmenter

la biodisponibilité des AG qu'elles contiennent et exercer des effets liporégulateurs, anti-inflammatoires et antioxydants. A ce titre, elles pourraient exercer un rôle préventif dans les désordres métaboliques et cardiovasculaires. Il est cependant important de distinguer leur rôle en tant que supplément nutraceutique (> 10 % des lipides totaux) et leur utilisation en tant qu'ingrédient (≤ 10 % des lipides totaux) dans différents types d'aliments transformés, équilibrés ou non d'un point de vue nutritionnel. Des données récentes démontrent qu'il est également nécessaire de bien faire la distinction entre les différentes sources de lécithines végétales, qui exerceraient des effets différentiels sur certains paramètres métaboliques, tels que le métabolisme des acides biliaires. Néanmoins, ces nouvelles données *ex vivo* et précliniques offrent des premiers résultats rassurants quant à leur utilisation en tant qu'émulsifiant dans les aliments, qui méritent d'être validés chez l'Homme.

Remerciements

Nos remerciements à Leslie Couëdelo, Benjamin Buaud, Maria Urdaci, Justine Vande Weghe et Didier Majou, en tant que collaborateurs de l'UMT BALI (Unité Mixte Technologique, Biodisponibilité intestinale des lipides) et du projet de thèse LECIMETA. Nous remercions également Dominique Rainteau, Lydie Humbert, Carole Knibbe, Fabienne Laugerette, Charline Buisson, Emmanuelle Meugnier, Emmanuelle Loizon, François Caillet, Benjamin Van Dorsselaer, Hélène Abrous, Ikram Chamekh, Laurence Fonseca et Elisabeth Errazuriz-Cerda pour leur contribution au projet LECIMETA. Enfin, nous remercions l'ANRT pour leur contribution à ce projet de thèse CIFRE, et l'ACTIA pour leur soutien à l'UMT BALI.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

References

- [1] Chassaing B, Koren O, Goodrich JK, Poole AC, Srinivasan S, Ley RE, et al. Dietary emulsifiers impact the mouse gut microbiota promoting colitis and metabolic syndrome. *Nature* 2015;519(7541):92–6.
- [2] Chassaing B, Van de Wiele T, De Bodt J, Marzorati M, Gewirtz AT. Dietary emulsifiers directly alter human microbiota composition and gene expression *ex vivo* potentiating intestinal inflammation. *Gut* 2017;66(8):1414–27.
- [3] Mortensen A, Aguilar F, Crebelli R, Domenico AD, Frutos MJ, Galtier P, et al. Re-evaluation of lecithins (E 322) as a food additive. *EFSA Journal* 2017;15(4):e04742.
- [4] Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail. Rapport Oqali: Bilan et évolution de l'utilisation des additifs dans les produits transformés [Internet]; 2019 [cited 2019 Dec 17]. Available from: <https://www.anses.fr/fr/content/rapport-oqali-bilan-et-%C3%A9volution-de-l'utilisation-des-additifs-dans-les-produits-transform%C3%A9s>.
- [5] Robert C, Couëdelo L, Vaysse C, Michalski M-C. Vegetable lecithins: a review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention. *Biochimie* 2020;169:121–32.
- [6] Wang TY, Liu M, Portincasa P, Wang DQ-H. New insights into the molecular mechanism of intestinal fatty acid absorption. *Eur J Clin Invest* 2013;43(11):1203–23.
- [7] Beppu F, Yasuda K, Okada A, Hirosaki Y, Okazaki M, Gotoh N. Comparison of the distribution of unsaturated fatty acids at the Sn-2 position of phospholipids and triacylglycerols in marine fishes and mammals. *J Oleo Sci* 2017;66(11):1217–27.
- [8] Lands WE. Metabolism of glycerolipides; a comparison of lecithin and triglyceride synthesis. *J Biol Chem* 1958;231(2):883–8.
- [9] Nieuwenhuyzen van W, Tomás MC. Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies. *Eur J Lipid Sci Technol* 2008;110(5):472–86.
- [10] Nguyen MT, Van de Walle D, Petit C, Beheydt B, Depypere F, Dewettinck K. Mapping the chemical variability of vegetable lecithins. *J Am Oil Chem Soc* 2014;91(7):1093–101.
- [11] Xie M, Dunford NT. Lipid composition and emulsifying properties of canola lecithin from enzymatic degumming. *Food Chem* 2017;218:159–64.
- [12] van Nieuwenhuyzen W. The changing world of lecithins - international lecithin & phospholipid society. *Inform* 2014;24(4):254–9.
- [13] Li J, Guo Z. Identification and quantification of phenolic compounds in rapeseed originated lecithin and antioxidant activity evaluation. *LWT-Food Sci Technol* 2016 Nov;73:397–405.
- [14] Liu D, Ma F. Soybean lecithins. In: Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products [Internet]. Dora Krezhov; 2011. p. 483–500 [cited 2019 May 16]. Available from: <https://www.intechopen.com/books/recent-trends-for-enhancing-the-diversity-and-quality-of-soybean-products>.
- [15] Martín-Hernández C, Bénet S, Marvin-Guy LF. Characterization and quantification of proteins in lecithins. *J Agric Food Chem* 2005;53(22):8607–13.
- [16] Burri L, Hoem N, Banni S, Berge K. Marine omega-3 phospholipids: metabolism and biological activities. *Int J Mol Sci* 2012;13(11):15401–19.
- [17] Ulven SM, Holven KB. Comparison of bioavailability of krill oil versus fish oil and health effect. *Vasc Health Risk Manag* 2015;11:511–24.
- [18] Sehl A, Couëdelo L, Chamekh-Coelho I, Vaysse C, Cansell M. In vitro lipolysis and lymphatic absorption of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in the rat: influence of the molecular lipid species as carrier. *Br J Nutr* 2019;24:1–21.
- [19] Mathews SA, Oliver WT, Phillips OT, Odle J, Diersen-Schade DA, Harrell RJ. Comparison of triglycerides and phospholipids as supplemental sources of dietary long-chain polyunsaturated fatty acids in piglets. *J Nutr* 2002;132(10):3081–9.
- [20] West AL, Burdge GC, Calder PC. Lipid structure does not modify incorporation of EPA and DHA into blood lipids in healthy adults: a randomised-controlled trial. *Br J Nutr* 2016;116(5):788–97.
- [21] Lagarde M, Bernoud N, Brossard N, Lemaitre-Delaunay D, Thiès F, Croset M, et al. Lysophosphatidylcholine as a preferred carrier form of docosahexaenoic acid to the brain. *J Mol Neurosci* 2001;16(2–3):201–4 [discussion 215–221].
- [22] Schuchardt JP, Hahn A. Bioavailability of long-chain omega-3 fatty acids. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 2013;89(1):1–8.
- [23] Tsuzuki W, Ue A, Nagao A, Endo M, Abe M. Inhibitory effect of lysophosphatidylcholine on pancreatic lipase-mediated hydrolysis in lipid emulsion. *Biochim Biophys Acta* 2004;1684(1–3):1–7.
- [24] Favé G, Lévêque C, Peyrot J, Pieroni G, Coste TC, Armand M. Modulation of gastric lipolysis by the phospholipid specie: link to specific lipase-phospholipid interaction at the lipid/water interface? *The FASEB Journal* 2007;21(6):A1010.

- [25] Carriere F, Barrowman JA, Verger R, Laugier R. Secretion and contribution to lipolysis of gastric and pancreatic lipases during a test meal in humans. *Gastroenterology* 1993;105(3):876–88.
- [26] Couëdelo L, Amara S, Lecomte M, Meugnier E, Monteil J, Fonseca L, et al. Impact of various emulsifiers on ALA bioavailability and chylomicron synthesis through changes in gastrointestinal lipolysis. *Food Funct* 2015;6(5):1726–35.
- [27] Vors C, Capolino P, Guérin C, Meugnier E, Pesenti S, Chauvin M-A, et al. Coupling in vitro gastrointestinal lipolysis and Caco-2 cell cultures for testing the absorption of different food emulsions. *Food Funct* 2012;3(5):537–46.
- [28] Tso P, Kendrick H, Balint JA, Simmonds WJ. Role of biliary phosphatidylcholine in the absorption and transport of dietary triolein in the rat. *Gastroenterology* 1981;80(1):60–5.
- [29] Nakano T, Inoue I, Katayama S, Seo M, Takahashi S, Hokari S, et al. Lysophosphatidylcholine for efficient intestinal lipid absorption and lipoprotein secretion in caco-2 cells. *J Clin Biochem Nutr* 2009;45(2):227–34.
- [30] Nishimukai M, Hara H. Soybean phosphatidylcholine-induced enhancement of lymphatic absorption of triglyceride depends on chylomicron formation in rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 2007;71(5):1192–7.
- [31] Childs MT, Bowlin JA, Ogilvie JT, Hazzard WR, Albers JJ. The contrasting effects of a dietary soya lecithin product and corn oil on lipoprotein lipids in normolipidemic and familial hypercholesterolemic subjects. *Atherosclerosis* 1981;38(1–2):217–28.
- [32] Wilson TA, Meservey CM, Nicolosi RJ. Soy lecithin reduces plasma lipoprotein cholesterol and early atherogenesis in hypercholesterolemic monkeys and hamsters: beyond linoleate. *Atherosclerosis* 1998;140(1):147–53.
- [33] Buang Y, Wang Y-M, Cha J-Y, Nagao K, Yanagita T. Dietary phosphatidylcholine alleviates fatty liver induced by orotic acid. *Nutrition* 2005;21(7–8):867–73.
- [34] Lee HS, Nam Y, Chung YH, Kim HR, Park ES, Chung SJ, et al. Beneficial effects of phosphatidylcholine on high-fat diet-induced obesity, hyperlipidemia and fatty liver in mice. *Life Sciences* 2014;118(1):7–14.
- [35] Lecomte M, Couëdelo L, Meugnier E, Plaisancié P, Létisse M, Benoit B, et al. Dietary emulsifiers from milk and soybean differently impact adiposity and inflammation in association with modulation of colonic goblet cells in high-fat fed mice. *Mol Nutr Food Res* 2016;60(3):609–20.
- [36] Karantonis HC, Antonopoulou S, Demopoulos CA. Antithrombotic lipid minor constituents from vegetable oils Comparison between olive oils and others. *J Agric Food Chem* 2002;50(5):1150–60.
- [37] Küllenberg D, Taylor LA, Schneider M, Massing U. Health effects of dietary phospholipids. *Lipids Health Dis* 2012;11:3.
- [38] Lecomte M, Couëdelo L, Meugnier E, Loizon E, Plaisancié P, Durand A, et al. Soybean polar lipids differently impact adipose tissue inflammation and the endotoxin transporters LBP and sCD14 in flaxseed vs. palm oil-rich diets. *J Nutr Biochem* 2017;43:116–24.
- [39] Zhu W, Gregory JC, Org E, Buffa JA, Gupta N, Wang Z, et al. Gut Microbial Metabolite TMAO Enhances Platelet Hyperreactivity and Thrombosis Risk. *Cell* 2016;165(1):111–24.
- [40] Robert C. LeciMéta: Lécithines vs huile comme vecteur d'acide alpha-linolénique: impacts métaboliques et inflammatoires associés à la biodisponibilité intestinale [Internet] [These en préparation]. Lyon; 2018 [cited 2021 Mar 30]. Available from: <http://www.theses.fr/s202458>.
- [41] Robert C, Couëdelo L, Knibbe C, Fonseca L, Buisson C, Errazuriz-Cerda E, et al. Rapeseed lecithin increases lymphatic lipid output and α -linolenic acid bioavailability in rats. *J Nutr* 2020.
- [42] Robert C, Buisson C, Laugerette F, Abrous H, Rainteau D, Humbert L, et al. Impact of rapeseed and soy lecithin on post-prandial lipid metabolism, bile acid profile and gut bacteria in mice. *Mol Nutr Food Res* 2021:e2001068.
- [43] Naimi S, Viennois E, Gewirtz AT, Chassaing B. Direct impact of commonly used dietary emulsifiers on human gut microbiota. *Microbiome* 2021;9(1):66.