Nutrition du nourrisson : quelles alternatives végétaliennes conseiller à l'officine ?

Adeline Catelain

▶ **To cite this version:**

Adeline Catelain. Nutrition du nourrisson : quelles alternatives végétaliennes conseiller à l'officine ?. Sciences pharmaceutiques. 2020. dumas-03166040

HAL Id: dumas-03166040

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03166040

Submitted on 11 Mar 2021

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

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

UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE

UFR PHARMACIE

THÈSE
POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue en visioconférence le 28 mai 2020 à 14 heures

Adeline CATELAIN
née le 07/05/1990 à Paris XIV

NUTRITION DU NOURRISSON : QUELLES ALTERNATIVES VEGETALIENNES CONSEILLER A L'OFFICINE ?

Thèse n°13

Jury

Présidente :
Madame Catherine Vilpoux, Maître de conférences des universités, Université de Picardie Jules Verne

Membres :
Madame Catherine Mullié-Demailly, Professeur des universités, Université de Picardie Jules Verne
Madame Estelle Marchienne, Docteur en Pharmacie

Remerciements

A ma présidente de thèse,

Madame Catherine Vilpoux, Maitre de conférences à l'Université de Picardie Jules Verne

Vous me faites le plaisir et l'honneur de présider le jury de ma soutenance de thèse. Veuillez recevoir mes remerciements et l'expression de mon profond respect.

A ma directrice de thèse,

Madame Catherine Mullié-Demailly, professeur à l'Université de Picardie Jules Verne et Praticien attaché au CHU-Amiens Picardie

Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de diriger ce travail. Merci pour tous vos conseils, pour le temps que vous m'avez accordé ainsi que pour le partage de vos connaissances. Je suis très touchée par votre gentillesse et l'intérêt apporté à mon travail. Trouvez ici toute ma reconnaissance et soyez assuré de mon profond respect.

Aux membres de mon jury,

Madame Estelle Marchienne, docteur en Pharmacie

Je te remercie d'avoir accepté sans hésitation de faire partie de mon jury. Tu es une pharmacienne, une femme et une maman accomplie. Tu me fais l'honneur d'être là aujourd'hui. Bien plus qu'une collègue tu es devenue une véritable amie.

Mes remerciements s'adressent également :

A toute l'équipe de la Pharmacie Saint Honoré (Amiens),

Un grand merci pour m'avoir si bien intégrée dans votre officine. Merci pour la super formation que vous m'avez prodiguée pendant toutes ces années. Merci pour votre gentillesse et votre disponibilité. Merci de m'avoir fait confiance pour mon retour**.** Et merci de m'avoir motivée pendant ces derniers mois de thèse.

A toute l'équipe de la Pharmacie Doremus (Fort-Mahon-plage),

Je vous remercie de m'avoir fait confiance pour mes premiers pas de pharmacien. Merci pour ces deux mois passés sous le beau soleil de Fort-Mahon.

A toute l'équipe de la Grande Pharmacie de Paris (Amiens),

Je vous remercie pour votre gentillesse à mon égard. Vous m'avez intégrée très rapidement et chaleureusement au sein de votre officine. Je garderai de très bons souvenirs de la grande pharmacie de Paris.

A toute l'équipe de la Pharmacie des Jacobin (Amiens),

Je vous remercie sincèrement pour votre gentillesse et votre bonne humeur. Merci de m'avoir fait confiance. C'était un grand plaisir de travailler avec vous.

Je dédie cette thèse :

A mes parents,

Pour m'avoir permis de réaliser ces études, pour votre présence et votre soutien malgré les hauts et les bas durant celles-ci. Merci pour votre amour et pour toujours avoir cru en moi. Merci pour celle que je suis devenue aujourd'hui.

A Florent,

Merci pour ton soutien et ta patience pendant mes études et ces derniers mois de thèse. Merci pour tout l'amour que tu me portes et pour tout ce que tu as fait pour nous. Avec tout mon amour. A notre futur.

A ma sœur Solène,

Je n'ai pas pu t'accorder tout le temps que j'aurais voulu pendant mes études. Mais sache que malgré la distance tu pourras toujours compter sur moi. A moi maintenant de t'accompagner dans la fin de tes études.

A mes grands-parents,

Je vous remercie pour tout, de m'avoir toujours encouragée, aidée comme vous le pouvez. Vous ne pouvez pas être là aujourd'hui mais je sais que vous pensez à moi.

A mes très chers Amis,

A Claire,

À toi que j'ai rencontrée en première année, nos chemins se sont croisés et ne se sont jamais séparés. Merci pour ton soutien sans faille pendant toutes ces années. Tu es une amie en or. Je te remercie pour ta bienveillance et ta gentillesse. Je t'aime fort. À toutes nos prochaines années ensemble.

A Laura

Merci pour tous les bons moments passés avec toi sur les bancs de fac. Sans toi les années d'études n'auraient pas été les mêmes. Merci pour toutes ses nuits blanches de révisions, qui sans toi n'auraient pas été les mêmes.

A ma famille,

A tous ceux que je n'ai pas cités mais qui sont chers à mon cœur.

Table des matières

Liste des abréviations....7
Liste des figures....9
Liste des tableaux....10

Introduction....12

1 PREMIERE PARTIE : PHYSIOLOGIE DE LA DIGESTION CHEZ LE NOURRISSON ET BESOINS NUTRITIONNELS....13
1.1 CONSTAT....13
1.2 LE NOURRISSON....13
1.2.1 Mise en place et maturation du système digestif du nourrisson....13
1.2.1.1 La cavité buccale....14
1.2.1.2 L'estomac....14
1.2.1.3 L'intestin grêle, le foie et le pancréas....16
1.2.1.4 Côlon et flore intestinale....16
1.3 LES BESOINS NUTRITIONNELS DU NOURRISSON....17
1.3.1 Définitions....17
1.3.2 Les besoins énergétiques....19
1.3.2.1 Les besoins en protéines....21
1.3.2.2 Les besoins en lipides....22
1.3.2.3 Les besoins en glucides....23
1.3.3 Les Apports non énergétiques....23
1.3.3.1 Les besoins en minéraux....24
1.3.3.2 Les besoins en vitamines....25
1.3.3.3 Les besoins en eau....26

2 DEUXIEME PARTIE : ALLAITEMENT MATERNEL ET SES ALTERNATIVES ANIMALES ..28
2.1 L'ALLAITEMENT....28
2.1.1 Définitions et recommandations officielles....28
2.1.1.1 Environnement défavorable et retard de la France en termes d'allaitement maternel....28
2.1.1.2 La composition du lait maternel....30
2.1.1.3 Lait maternel : un aliment évolutif....34
2.1.1.4 Les avantages de l'allaitement....35
2.1.2 Les préparations pour nourrisson....37
2.1.2.1 Constat....37
2.1.2.2 Le cadre réglementaire des préparations pour nourrisson et de suite....37
2.1.2.3 La composition des préparations pour nourrisson....38

3 TROISIEME PARTIE : LES ALTERNATIVES VEGETALES CHEZ LE NOURRISSON 45
3.1 CONSTATS....45
3.2 LES RAISONS D'UNE ALTERNATIVE VEGETALE....45
3.2.1 Causes médicales....45
3.2.1.1 Allergie aux protéines de lait de vache....45
3.2.1.2 Intolérance au lactose....46
3.2.1.3 Troubles digestifs mineurs....47
3.2.2 Causes éthiques....48
3.3 LES ALTERNATIVES AUX PROTEINES DE LAIT ANIMAL CHEZ LE NOURRISSON....49
3.3.1 Allaitement maternel....49
3.3.2 Les préparations pour nourrisson à base d'hydrolysat de protéines végétales....50
3.3.2.1 Les hydrolysats de protéines de riz....50

3.3.2.2 Les hydrolysats de protéines de soja 54
3.3.3 Les jus ou « laits » végétaux 57
3.3.4 Vers une diversification alimentaire 64
3.3.4.1 Diversification chez l'enfant allergique aux protéines de lait de vache 65
3.3.4.2 Une diversification végétalienne est-elle possible chez le nourrisson ? 65
3.3.4.3 Régime végétalien pendant l'enfance et la petite enfance 66

Conclusion 76
Références bibliographiques 77
Annexes 85
Résumé 92

Liste des abréviations

AA : acide aminé

AAL : Acide α-Linoléique

AET : Apport Énergétique Total

AG : Acides Gras

AGE : Acide Gras Essentiel

AGMI : Acide Gras MonoInsaturé

AGPI : Acide Gras PolyInsaturé

AGPI LC : Acide Gras PolyInsaturé à Longue Chaine

AJR : Apports Journaliers Recommandés

AL : Acide Linoléique

ALD : Aliment Lacté Diététique

ANC : Apports Nutritionnels Conseillés

ANSES : Agence Nationale de Securité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail.

APLV : Allergie aux Protéines de Lait de Vache

AR : Anti-Régurgitation

ARA : Acide Arachidonique

ARNm : Acide RiboNucléique messager

BNM : Besoin Nutritionnel Moyen

BV : Boisson végétale

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

DHA : Acide DocosaHexaénoïque

EFSA : European Food and Safety Authority

ESPGHAN : The European Society for Paediatric Gastroenterology Hepatology And Nutrition

HCY : Homocystéine

IMC : Indice de Masse Corporelle

MMA : Methylmalonic acid

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PDS : Préparation De Suite

PLV : Protéines de Lait de Vache

PPN : Préparation Pour Nourrisson

PPNPS : Préparations Pour Nourrisson à base de Protéine de Soja

PRR5L : Proline Riche en 5 Like

RDA : Recommended Dietary Allowances

SRO : Soluté de Réhydration Orale

TSH : Thyroid Stimulating Hormone

UNICEF : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

Liste des figures

Figure 1 : Influence du mode d'alimentation sur la flore fécale de nourrisson en bonne santé

Figure 2 : Pourcentage d'allaitement maternel (exclusif ou partiel) dans les maternités françaises (1972-2016)

Figure 3 : Part des enfants allaités en France en 2013

Figure 4 : La VegPlate

Figure 5 : La VegPlate pour les nourrissons (6 à 12 mois)

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Sécrétions digestives chez le nouveau-né et le nourrisson

Tableau 1.2 : Besoins énergétiques d'enfants de 1 à 12 mois

Tableau 1.3 : Apports protéiques conseillés pour les enfants de la naissance jusqu'à 6 mois

Tableau 1.4 : Acides gras polyinsaturés

Tableau 1.5 : Les apports nutritionnels conseillés en calcium

Tableau 1.6 : Les autres apports conseillés en vitamine chez le nourrisson

Tableau 1.7 : Les apports conseillés en eau varient selon l'âge

Tableau 1.8 Étude analytique d'un lait de femme au 1er mois d'allaitement et d'un lait de vache entier cru

Tableau 1.9 : Teneur en sels minéraux du lait de femme et de vache

Tableau 1.10 : Évolution des différents constituants du lait de femme en g/L

Tableau 1.11 : Composition en nutriment des PPN à base de protéines de lait de vache (d'après arrêté du 11 avril 2008) – Comparaison avec lait de femme

Tableau 1.12 Composition en éléments minéraux et vitamines des PPN à base de protéines de lait de vache (d'après arrêté du 11 avril 2008) comparaison avec le lait de femme.

Tableau 1.13 : Comparaison nutritionnelle entre le lait de vache et les boissons végétales sélectionnées

Tableau 1.14 : Syndromes des 4 cas de l'étude de Fourreau D, and al.

Tableau 1.15 : Composition nutritionnelle des boissons à base de plantes, du lait de vache et composition recommandée des préparations à base de soja et des préparations pour nourrissons

Tableau 1.16 : Types de boissons végétales chez les nourrissons et risque de maladie nutritionnelle

Tableau 1.17 : les besoins quotidiens en vitamine B12

Tableau 1.18 : Proposition d'un programme de supplémentation orale pour la carence en vitamine B12 chez les femmes enceintes et allaitantes, les nourrissons et les enfants

Introduction

Après leur naissance, les nouveau-nés et ensuite les nourrissons profitent d'une alimentation lactée, idéalement dans le cadre d'un l'allaitement sinon à l'aide d'un aliment lacté diététique (ALD) (ou Préparation Pour Nourrisson ou PPN).

L'alimentation du nourrisson représente un grand questionnement pour les parents, et est essentielle à leur santé. Pour certains parents, le chemin est clair et ils choisissent de suivre les recommandations officielles préconisant un allaitement exclusif (1). Pour d'autres, un autre type d'alimentation s'impose pour des raisons diverses et variées (ex : lait infantile, PPN à base d'hydrolysats de protéines végétales, lait de chèvre pour nourrisson…).

L'alimentation représente dans les premiers mois de vie de l'enfant un des éléments essentiels pour son développement somatique et cérébral, mais aussi psychique, social et affectif.

Nous nous intéresserons dans ce travail à la nutrition lactée pour nourrissons à base de protéines végétales ainsi qu'à sa diversification végétalienne.

Dans un premier temps, nous rappellerons les besoins nutritionnels du nourrisson ainsi que les recommandations officielles.
Puis nous parlerons des préparations pour nourrisson aux protéines de lait de vache ainsi que leurs différences avec le lait maternel.

Dans la seconde partie de ce travail nous détaillerons ce qui amène les parents à se tourner vers une alimentation végétale. Nous développerons les alternatives possibles, leurs bienfaits mais aussi leurs limites.

Le but de cette thèse est de confirmer le rôle du pharmacien dans l'accompagnement des parents dans le choix de la nutrition de leurs enfants. Il s'agit aussi de donner des éléments utiles aux pharmaciens afin qu'ils puissent au mieux conseiller les parents. En effet de nos jours, avec l'accès à l'information (internet, chaines d'informations…), les nouvelles « modes » ou encore la course au « mieux manger », notre rôle est d'autant plus important. Il est alors fondamental de pouvoir apporter un conseil sérieux et argumenté aux parents parfois submergés d'informations.

1 Première partie : Physiologie de la digestion chez le nourrisson et besoins nutritionnels

1.1 Constat

Les nourrissons ont tous droit à une bonne nutrition conformément aux dispositions de la Convention des Nations Unies relative aux droits de l'enfant (1).
Durant les 2 premières années de vie, une alimentation optimale est primordiale pour le développement adéquat du nourrisson et sa santé. Elle aura ainsi pour but de réduire les taux de morbidité et mortalité dans cette population.
L'allaitement maternel jusqu'au 6ème mois de vie fait partie des recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) (1). En effet, cet allaitement exclusif au sein présente de nombreux avantages pour le nourrisson et la mère. Cependant, par choix ou par nécessité, seuls 36% des nourrissons de 0 à 6 mois bénéficient d'une alimentation exclusive au sein dans le monde (1). En France en 2013, la part des nourrissons allaités à la naissance s'élève à 66 %. Elle n'est plus que de 40 % à 11 semaines, 30 % à 4 mois et 18 % à 6 mois. De plus la part des nourrissons allaités à la naissance reste plus faible en France que chez nos voisins scandinaves où l'allaitement à la naissance représente 95% des nouveau-nés. (19)

Un nouveau-né est le terme qualifiant un enfant de moins de 28 jours (2).

Un nourrisson est un enfant dont l'âge est compris entre 28 jours et 2 ans (*3).* De la naissance à 5-6 mois, l'enfant sera nourri exclusivement avec du lait maternel ou une préparation pour nourrisson. A partir de 6 mois, l'arrivée de certains aliments semi-solides (purée, yaourts, compotes) signera le commencement de la diversification alimentaire. La part lactée de l'alimentation du nourrisson peut toujours être constituée par le lait maternel et/ou une préparation de suite. À partir d'un an, l'enfant continuera sa diversification alimentaire avec des aliments de consistance solide (légumes et fruits crus) ainsi que des proportions d'aliments autres que le lait plus importantes et un lait dit « de croissance ».

1.2 Le nourrisson

1.2.1 Mise en place et maturation du système digestif du nourrisson

Après la naissance, l'enfant passe d'une nutrition *in utero via* le cordon ombilical à une nutrition entérale. Son système digestif immature va devoir s'adapter rapidement à recevoir cette alimentation. (13)
Si le développement des fonctions de digestion et d'absorption intestinales est très précoce au cours de la vie fœtale (12ème-20ème semaines), celui des fonctions motrices du tube

digestif est plus tardif, vers la 30ème semaine de la vie fœtale. Les fonctions immunitaires voient quant à elles leur maturation débuter en post-natal. Ces trois types de fonctions se développent encore progressivement au cours des premières semaines et mois de vie pour atteindre les capacités d'un adulte au plus tard vers 2-3 ans. Malgré cette immaturité, l'utilisation des systèmes de digestion (amylase salivaire, lipase gastrique, flore colique) considérés comme accessoires chez l'adulte participent de façon importante à la digestion et à l'absorption chez le nouveau-né comme chez le nourrisson. (4)

Pour comprendre l'alimentation du nourrisson, il faut donc d'abord s'intéresser aux différentes étapes de la digestion. En effet celle-ci commence dès l'absorption de l'aliment dans la cavité buccale pour se poursuivre jusque dans le côlon.

1.2.1.1 La cavité buccale

À la naissance, l'absence de dents impose une alimentation exclusivement liquide durant plusieurs mois de vie. Les premières dents apparaissent en général vers l'âge de 6-8 mois. C'est pourquoi pendant cette période une alimentation lactée exclusive ou majoritaire est retrouvée. À la naissance la bouche et la langue du nourrisson ont une forme parfaitement adaptée à la succion, ce qui impose une alimentation par le sein ou un biberon. Après l'arrivée des premières dents et de la mastication, l'entrée d'aliments de consistance plus solide se fera. (6)

1.2.1.2 L'estomac

A la naissance l'estomac du nouveau-né est tout petit ; sa capacité est d'environ 10 ml (soit le volume d'une noisette) contre 1500 ml chez l'adulte. Comme ce volume augmente progressivement au cours des premières semaines de vie, la quantité de lait à apporter va croitre elle aussi. En conséquence la fréquence des tétés ou des biberons devra être adaptée. La jonction entre l'œsophage et l'estomac (le cardia) est plus courte que chez l'adulte. Le cardia joue habituellement un rôle de sphincter, qui sera encore immature chez le tout petit. Avec un enfant qui avale régulièrement de l'air, ou de trop grande quantité de lait, les régurgitations seront donc plus fréquentes. (4)

Le système sécrétoire est mis en place relativement tôt pendant la vie fœtale (3ème semaine), et la sécrétion de l'acide chlorhydrique se fait à partir de la 16ème semaine (tab.1.1). La faible sécrétion d'acide chlorhydrique jusqu'à l'âge de 3 mois rend le nourrisson particulièrement vulnérable vis-à-vis des microorganismes présents dans les aliments qui sont normalement détruits par l'acide chlorhydrique. Il est donc nécessaire d'avoir une hygiène rigoureuse du matériel et un nettoyage efficace lors de la préparation des biberons. (4)

Tableau 1.1 Sécrétions digestives chez le nouveau-né et le nourrisson (4)

	Sécrétion *in utero*	Naissance vs. 1 an	Naissance vs. adulte	Age de maturité	Conséquences
Acide chlorhydrique	16ème semaine	1/10ème	1/20ème		Microorganismes de l'alimentation non détruits
Pepsine	15ème semaine	Faible jusqu'à 3 mois : 0,1 mg/kg/h	1/10ème	18 mois	Diminution de la sécrétion gastrique des protéines pendant les premières semaines de vie.
Facteur intrinsèque	11ème semaine	Faible	3 mois : moitié de la valeur adulte		Absorption de vitamine b12 efficace dès la naissance
Sels biliaires	22ème semaine Sécrétion immature jusqu'à 3 semaines	3 fois plus faible que chez un enfant de plus d'un an.			Malabsorption lipidique (surtout chez l'enfant nourri avec une PPN)

La sécrétion de pepsine est peu abondante jusque 3 mois (tab 1.1). La digestion gastrique des protéines pendant les premières semaines de vie reste de ce fait faible. Il faut donc éviter les apports de protéines trop importants. (4)

Concernant la digestion des lipides, il existe à la naissance un déficit en lipase pancréatique jusqu'à un an. C'est pourquoi le nouveau-né est doté d'une lipase gastrique dont l'activité est importante dans la digestion des graisses. (4)

Concernant la sécrétion du facteur intrinsèque (tab 1.1), les récepteurs iléaux du facteur intrinsèque sont présents dès la 10ème semaine de gestation. L'absorption de la vitamine B12 est donc efficace dès la naissance. Elle joue un rôle important dans la maturation neuronale et l'hématopoïèse.

1.2.1.3 L'intestin grêle, le foie et le pancréas

L'intestin primitif se forme à la 4ème semaine de vie intra-utérine, pour mesurer à la naissance entre 2 et 2,5 mètres de long. Il acquiert sa taille définitive de 4 à 5 mètres vers l'âge de 3-4 ans. (4)

Une prédominance de sels biliaires tauroconjugués existe chez le fœtus, qui se poursuit chez le nourrisson allaité. En revanche, elle est plus faible chez le nourrisson recevant une préparation industrielle et est fonction de la teneur en taurine de celle-ci.

Les activités des enzymes pancréatiques ne seront décelées que vers le 5ème ou 6ème mois de vie fœtale. Leurs sécrétions demeurent faibles, de l'ordre de 1/5 de celle de l'adulte, et leur stimulation par la cholécystokinine (CCK PZ) est nulle jusque l'âge de 1 mois. L'activité de la lipase pancréatique est également réduite pendant les premières semaines de vie. En quelques semaines seulement elle augmente rapidement pour atteindre des valeurs similaires à celles de l'adulte. Le déficit de sécrétion biliaire et de lipase pancréatique avant 3 mois implique une meilleure digestion du lait maternel que des PPN durant cette période, grâce à l'existence d'une lipase présente dans le lait humain. (4,12)

Deux enzymes pancréatiques sont absentes jusqu'à l'âge de 4 à 6 mois : l'amylase et l'élastase qui ont un rôle dans le catabolisme glucidique. Avant cet âge, le nourrisson digère difficilement l'amidon. D'autres enzymes parviennent à pallier partiellement cette immaturité (amylase salivaire, glucoamylase et maltase). L'introduction des premières farines ne sera de fait conseillée qu'à partir de 4 à 6 mois. Ces dernières doivent être diastasées (prédigérées et toujours sans gluten). Puis l'activité de l'amylase pancréatique arrive à 25% de celle de l'adulte à 6 mois, et sera complète vers 3 ans. (4)

1.2.1.4 Côlon et flore intestinale

Le développement de la motricité colique *in utero* est moins bien connu que celui des fonctions de digestion. Il existe une activité autonome chez le nouveau-né à terme. Le développement de cette motricité se fait jusque l'âge de 3 ans où elle sera proche de celle de l'adulte. (4)

La mise en place du microbiote intestinal est aujourd'hui bien connue, quoiqu'elle reste un phénomène complexe. Le tube digestif du nouveau-né est stérile *in utero*. Brutalement plongé dans un univers bactérien riche, il se colonise rapidement à partir des flores vaginale et fécale de la mère et de l'environnement proche. Le microbiote fécal maternel apparaît être le déterminant majeur des bactéries qui s'implantent chez le nouveau-né par voie basse. (10)

De nombreux éléments vont influencer cette cinétique d'implantation et la composition du microbiote intestinal du nouveau-né comme le mode d'accouchement. En effet les enfants nés par césarienne rencontrent en premier lieu les bactéries de l'environnement (air, personnels soignants). Leur flore est donc implantée d'une manière différente par rapport aux enfants nés par voie basse. (10)

Le microbiote a un rôle important dans la digestion, en effet une des fonctions majeures est son rôle métabolique par la fermentation au niveau colique de substrats d'origine endogène ou exogène et non absorbés dans l'intestin grêle. À côté de ce rôle métabolique, la microflore intestinale joue un rôle majeur dans la résistance à la colonisation des bactéries exogènes qu'elles soient à potentialité pathogène ou non. Cette fonction de barrière est essentielle car elle maintient un équilibre relativement stable dans la microflore du tube digestif.
Le mode d'alimentation du nouveau-né allaité montre une flore plus riche en bactéries de type *Bifidobacterium.* La flore du nouveau-né nourri au lait de vache adapté est moins riche en *Bifidobacterium.* Elle sera caractérisée par une abondance en bactéries de type *Clostridum.* (Figure 1) (49)

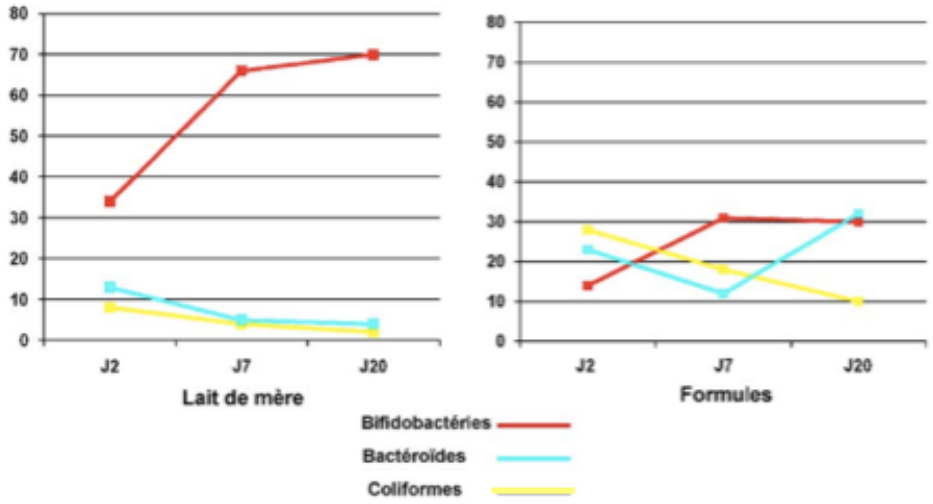


Figure 1 : Influence du mode d'alimentation sur la flore fécale de nourrisson en bonne santé (97)

1.3 Les besoins nutritionnels du nourrisson

1.3.1 Définitions

La détermination des besoins nutritionnels de l'individu est complexe, il convient de se référer à la terminologie et au mode de calcul utilisés par l'Agence Française de Sécurité

Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) pour la détermination des Apports Nutritionnels Conseillés (ANC). Le mode de calcul des ANC est comparable à celui des Recommended Dietary Allowances (RDA) américaines. (5)
Dans la définition des besoins nutritionnels, il faut faire la différence entre trois notions habituellement confondues :

- le besoin minimal ;
- le besoin optimal ;
- les apports recommandés ou ANC.

Le besoin minimal : c'est la plus faible quantité d'un nutriment susceptible de maintenir des fonctions et un état de santé normal. Pour le nourrisson cela correspond à la quantité minimale de nutriment conduisant l'assurance d'une bonne croissance (âge/poids/taille). (5)

Le besoin optimal : c'est la consommation de référence, elle repose sur l'observation de la consommation de groupe d'individus supposés être en bonne santé. (5)

Les apports recommandés ou ANC : le choix du terme d'ANC a été créé en France pour le caractère moins dirigiste « conseillé » par rapport à « recommandé », d'autre part suppression de l'adjectif « quotidien » pour que l'équilibre se fasse plutôt sur quelques jours que sur 24 heures. (4)
Ils sont calculés à partir du besoin nutritionnel moyen (BNM), mais l'évaluation est difficile, car elle repose sur des expériences impossibles à mener dans l'espèce humaine. Ils correspondent au BNM augmenté de 2 écarts types, de façon à s'assurer de répondre aux besoins de 97,5% la population observée. (4)

Il est essentiel d'avoir à l'esprit que pour le médecin, le diététicien, ou la puéricultrice, les besoins réels varient considérablement d'un individu à l'autre, ces variations pouvant aller facilement du simple au double. Il n'y a pas de « régime » standardisé et une adaptation propre à chaque enfant doit être réalisée. En effet la ration ne sera pas la même en fonction de son poids, de sa taille, des problèmes médicaux ou encore de son appétit. (5)

Les apports nutritionnels de l'enfant devront donc répondre essentiellement à trois objectifs.
Ils devront assurer les apports énergétiques nécessaires à tous les processus vitaux et au maintien de la température corporelle à 37°C, apporter les nutriments nécessaires pour une croissance idéale, et permettre le renouvellement cellulaire. C'est pourquoi il est indispensable d'offrir une alimentation équilibrée en nutriments énergétiques et non énergétiques.

1.3.2 Les besoins énergétiques

Le besoin énergétique chez l'enfant (tab 1.2) se décompose en quatre facteurs : le métabolisme de base, la thermogenèse, l'énergie à fournir pour la croissance et les dépenses liées à l'activité physique (ou entretien).

- Le métabolisme de base est la quantité d'énergie minimale nécessaire pour le maintien de la vie végétative. Pendant la première année de vie, il est estimé à environ 50 kcal/kg/24h. (6)
- La thermogenèse permet le maintien d'une température corporelle constante, quelles que soient les conditions environnementales. Dans des conditions normales de température, la thermogenèse représente environ 10% des besoins énergétiques totaux. Dès que la température environnante est inférieure à la température « critique » (23°C pour le nourrisson), les dépenses énergétiques augmentent. Le métabolisme de base de l'enfant peut doubler si la température baisse de quelques degrés et de nombreuses déperditions de chaleur sont observées chez le nourrisson, en particulier par la tête. (6,22)
- Les besoins énergétiques liés à la croissance représentent :

- l'énergie dépensée pour les synthèses tissulaires, soit environ 5 kilocalories pour 1g de tissu néoformé.
  De 0 à 3 mois, l'enfant prend environ 30g/jour soit 150 kilocalories,
  De 3 à 6 mois, l'enfant prend environ 20g/jour soit 100 kilocalories,
  De 6 à 12 mois, l'enfant prend environ 12,5g/jour soit 60 kilocalories. (6) (tab.1.2)
- Pendant la croissance, la composition corporelle change. En effet, on retrouve une diminution de l'eau totale, une augmentation des masses maigre et grasse pour atteindre le maximum vers l'âge de 6 mois. Pendant les 6 premiers mois de vie, la croissance cérébrale représente à elle seule 50% des dépenses énergétiques de croissance.
- l'entretien : les besoins énergétiques nécessaires à l'activité et à l'entretien de l'organisme sont évalués par la différence entre l'énergie métabolisable et les besoins de croissance. (6)

Cette énergie va être apportée sous forme de macronutriments (lipides, glucides, protides) dont nous allons maintenant détailler les besoins chez le nourrisson.

Tableau 1.2 Besoins énergétiques d'enfants de 1 à 12 mois (5)

	Garçons					Filles				
Âge (mois)	Dépenses énergétiques (kcal/kg/j)	Poids (kg)	Gain (g/j)	Énergie Stockée (kcal/j)	Apport Conseillé (kcal/kg/j)	Dépenses énergétiques (kcal/kg/j)	Poids (kg)	Gain (g/j)	Énergie Stockée (kcal/j)	Apport Conseillé (kcal/kg/j)
1	67	4,58	35,2	211	518	66	4,35	28,3	178	464
2	71	5,5	30,4	183	570	69	5,14	25,5	161	517
3	73	6,28	23,2	139	596	72	5,82	21,2	134	550
4	74	6,94	19,1	53	569	73	6,41	18,4	68	537
5	75	7,48	16,1	45	608	74	6,92	15,5	57	571
6	76	7,93	12,8	36	639	75	7,35	12,8	47	599
7	77	8,30	11,0	17	653	76	7,71	11,0	20	604
8	77	8,62	10,4	16	680	76	8,03	9,2	17	629
9	77	8,89	9,0	14	702	77	8,31	8,4	15	652
10	78	9,13	7,9	21	731	77	8,55	7,7	18	676
11	78	9,37	7,7	21	752	77	8,78	6,6	15	694
12	78	9,62	8,2	22	775	78	9,0	6,3	14	712

1.3.2.1 Les besoins en protéines

Durant les premiers mois de vie, les apports en protéines proviennent exclusivement du lait. Le lait maternel reste la référence et sa composition sert de base aux recommandations nutritionnelles tant sur le plan quantitatif que qualitatif. La teneur en protéines du lait maternel varie en fonction de l'âge du bébé (prématuré, nouveau-né…) et des différentes phases de lactation. (5)
L'apport protéique (tab 1.3) recommandé chez le nourrisson peut être estimé sur la base de la composition du lait maternel et de la quantité spontanément consommée par le nourrisson en bonne santé.

Tableau 1.3 : Apports protéiques conseillés pour les enfants de la naissance jusqu'à 6 mois (6)

Âge (mois)	Maintenance (g/kg/j)	Gain périodique (g/kg/j)	Besoins moyens (g/kg/j)	Apports nutritionnels conseillés (g/kg/j)
1	0,58	0,83	1,41	1,77
2	0,58	0,65	1,23	1,50
3	0,58	0,55	1,13	1,36
4	0,58	0,49	1,07	1,24
6	0,58	0,40	0,98	1,14

Sur le plan quantitatif, il existe chez l'enfant un besoin important en protéines. De plus, tous les acides aminés (AA) ne peuvent être convertis entre eux ; ceux qui ne le sont pas sont appelés « acides aminés essentiels ». Ils sont au nombre de huit chez l'adulte : la leucine, la valine, l'isoleucine, la phénylalanine, la méthionine, la lysine, la thréonine, et le tryptophane auxquels s'ajoutent l'histidine et la cystine pour le nourrisson âgé de moins de 6 mois. (6)

Les besoins varient en fonction des capacités effectives de l'organisme à couvrir les besoins en AA par la synthèse endogène. Chez le prématuré, la synthèse de la méthionine en cystine est immature. Un apport en cystine exogène est de ce fait indispensable. Ce dernier est alors qualifié de « conditionnellement » indispensable. (5)

Pour les nourrissons, les besoins ont été estimés par la méthode factorielle, prenant en compte les besoins liés à la croissance et à la maintenance des tissus. Les besoins liés à la croissance, exprimés relativement au poids, baissent en raison de la diminution de la vitesse de croissance tandis que les besoins de maintenance augmentent progressivement puisqu'ils

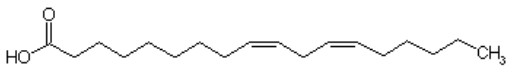
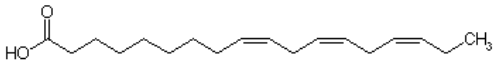
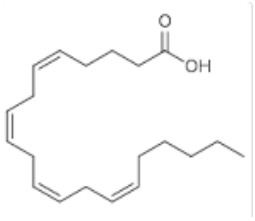
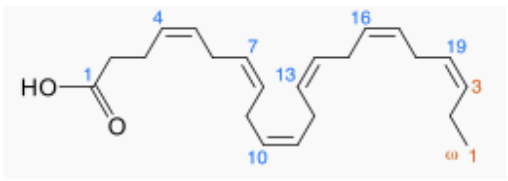
sont proportionnels au poids et à la taille. L'approche factorielle détermine les besoins moyens. Les apports nutritionnels conseillés sont calculés en se fondant sur la somme des besoins de croissance et de maintenance, majorés d'un apport de sécurité. (5)

De manière générale, les besoins sont près de 30% inférieurs à ceux qui avaient été estimés en 1985 par l'OMS. En tenant compte de la variation interindividuelle, l'apport de sécurité pour l'ANC est de 10g de protéines par jour pendant les 2 premières années de vie. (4)

1.3.2.2 Les besoins en lipides

Chez le nourrisson, les lipides ne servent pas uniquement à un apport énergétique. En effet, ils contribuent également au développement des structures cellulaires et surtout des structures cérébrales. Les apports recommandés pour un nourrisson sont plus élevés que pour un adulte : 45 à 50% de l'apport énergétique total (AET). Cette fraction sera réduite vers l'âge de 3 ans au profit des apports glucidiques et ne représentera plus que 35-40% de l'AET. (5)
Le fœtus et le jeune enfant sont incapables de synthétiser les acides gras précurseurs des séries n-3 (famille des omégas 3) et n-6 (famille des omégas 6) des acides gras polyinsaturés (AGPI). Il faut donc que l'alimentation apporte ces acides gras dits essentiels (AGE) : acide α-linolénique (n-3) et acide α-linoléique (n-6) (tab 1.4). Un défaut d'apport d'un de ces AGE pourrait provoquer un retard de croissance staturo-pondérale, des anomalies cutanéo-phanériennes (kératinisation, peau sèche et squameuse, perte de cheveux…), des infections répétées et des perturbations du développement psychomoteur.

Tableau 1.4 : Acides gras polyinsaturés (8)

« Oméga 6 »	« Oméga 3 »
Acide linoléique C18 :2(n-6) AL	Acide α-linoléique C18 :3 (n-3) AAL
	
Acide arachidonique C20 :4(n-6) ARA	Acide docosahéxaénoïque C22 :6(n-3) DHA
	

Les apports recommandés en acide linoléique sont compris entre 2 et 5% de l'AET. Un apport trop élevé pourrait bloquer l'enzyme delta-6-désaturase et donc ralentir la synthèse des AGPI à longue chaîne (AGPI-LC). L'apport recommandé en acide α-linolénique est inférieur en proportion : 0,5 à 1% des AET et 1% des apports en AG. Le rapport AL/AAL (acide linoléique/acide α-linoléique) doit être compris entre 5 et 15. (7,8)

Grâce à l'intervention d'enzymes appelées élongases, un allongement de la chaine carbonée permet la formation de nouveaux AGPI-LC : l'acide arachidonique ou ARA (C20:4 n-6) et l'acide docosahexaénoïque ou DHA (C22:6 n-3)(tab 1.4). (5,8)
Les AGPI-LC doivent être apportés au nourrisson afin de pallier une insuffisance du nourrisson à allonger les chaines des AGE, surtout observée chez les enfants prématurés ou de petit poids de naissance (7).

1.3.2.3 Les besoins en glucides

Contrairement aux lipides et protides, il n'y a pas de glucides essentiels mais ils constituent la première source d'énergie directement utilisable par l'organisme. En effet, les glucides ont un rôle essentiellement énergétique en nutrition : 1 gramme de glucides apporte 4 kilocalories. Chez l'adulte, ils devraient contribuer pour 50 à 55% de l'AET journalier.
Le lactose (hydrolysé en glucose et galactose par la lactase entérocytaire) est le sucre principal présent dans le lait et donc dans l'alimentation du nourrisson. Une portion du lactose alimentaire n'est pas absorbée par l'intestin et va stimuler la multiplication des lactobacilles et bifidobactéries coliques qui vont le fermenter, induisant une acidification du contenu digestif colique. Le glucose issu de l'hydrolyse du lactose va être surtout consommé par l'activité métabolique cérébrale intense qui est très importante par rapport à celle des autres tissus chez le nourrisson. Quant au galactose, il va être intégré dans les membranes cellulaires et au niveau du cerveau pour la synthèse des cérébrosides (glycolipides cérébraux). (6)

1.3.3 Les Apports non énergétiques

L'alimentation doit aussi apporter aux nouveau-nés et jeunes enfants des nutriments qui ne fournissent pas d'énergie mais vont jouer un rôle important dans le métabolisme : il s'agit des éléments minéraux, des vitamines et oligo-éléments.

1.3.3.1 Les besoins en minéraux

Les minéraux les plus importants pour une croissance correcte de l'enfant sont le calcium, le fer et le phosphore.

- Le calcium et le phosphore : ils se retrouvent respectivement à 99% et 90% dans le squelette.

Le besoin en calcium est important au cours de la première année de vie car le nourrisson en fixe 150 mg/j. L'apport alimentaire suffisant pour combler ce besoin dépend du coefficient d'absorption du calcium dans l'aliment considéré et de l'apport suffisant en vitamine D, nécessaire à son absorption intestinale et à sa fixation sur l'os (6). Les besoins en calcium du nourrisson allaité, au sein ou artificiellement, sont couverts car le lait de femme contient 320 mg/L de calcium et les préparations pour nourrisson en contiennent réglementairement au moins 430 mg/L. Cependant, pour satisfaire les besoins en calcium du jeune enfant après un sevrage, la prise journalière d'au moins ½ litre de lait par jour est recommandée, soit 1200 mg/L de calcium jusqu'à la fin de sa croissance (5) (tab 1.5).

Tableau 1.5 : Les apports nutritionnels conseillés en calcium (5)

Âge	0-6 mois	6 mois – 3 ans	4-6 ans	7-9 ans	10-12 ans	13-19 ans
Calcium (mg/j)	400	500	700	900	1 200	1 200

Sans la vitamine D, il n'y aurait pas d'absorption intestinale du calcium ni de minéralisation du squelette. La vitamine D possède une double origine : exogène (grâce à l'apport alimentaire et médicamenteux) et endogène (synthèse cutanée suite à l'exposition solaire). Une très faible quantité de vitamine D est retrouvée dans le lait maternel, contrairement aux PPN qui en sont enrichies. Cependant, les apports, même via les PPN, restent inférieurs aux besoins. C'est pourquoi une supplémentation en vitamine D est prescrite à tout enfant à hauteur de 10 mg/j (400 UI) et ce jusqu'à la fin de sa croissance. (5)
Le phosphore intervient essentiellement dans la constitution de l'os. Les besoins durant les premiers mois de vie restent nettement inférieurs à ceux du calcium. (6)

- Le fer entre dans la constitution de l'hémoglobine et assure le transport de l'oxygène depuis les poumons vers tous les autres organes. La carence en fer est la plus fréquente des carences nutritionnelles dans les pays industrialisés. Elle touche 20 à 30 % des enfants au cours des 3 premières années de vie. (5,6) Toutefois, pendant les premiers mois de vie, les besoins en fer sont peu importants chez l'enfant né à terme en raison de l'hémolyse physiologique et de la réutilisation du fer contenu dans les érythrocytes. Le nouveau-né à terme et dont la mère est en bonne santé possède environ 250 à 300 mg de fer en réserve. La biodisponibilité très élevée du fer contenu

dans le lait de la mère (plus de 50%) explique la rareté de la carence en fer chez le nourrisson nourri au sein. Aucune supplémentation n'est donc nécessaire jusqu'à l'âge de 6 mois. Ensuite si l'allaitement est poursuivi, il sera nécessaire de supplémenter l'enfant (1 mg/kg/j). (5,6)

La biodisponibilité du fer contenu dans le lait de vache est par contre insuffisante et explique la fréquence des carences en fer chez le nourrisson nourrit de cette manière. Par conséquent les PPN sont enrichies en fer. Les besoins en fer sont élevés chez les jeunes enfants en raison d'une croissance rapide. Les apports journaliers conseillés sont de 6 à 10 mg pendant la première année de vie (1 à 2 mg/kg/j) et couverts par une consommation quotidienne d'au moins 500 ml de PPN enrichie en fer en association à une alimentation diversifiée.

- Le zinc présent dans le lait maternel est beaucoup plus biodisponible que celui des PPN à base de protéines de lait de vache, expliquant là encore l'absence de carence chez l'enfant nourri au sein. Les apports conseillés durant les premières années de vie sont de 5 mg/j jusqu'à 12mg/j à l'adolescence.

  La carence en zinc provoque chez l'enfant un ralentissement de la croissance voire, dans les cas les plus graves, des troubles de l'immunité, des troubles cutanés, des troubles du renouvellement cellulaire (muqueuse), diarrhée…(5)
- Le sodium : les besoins en sodium sont faibles, 1 mmol/kg/j (23 mg/kg/j) en zone tempérée. Les apports de sodium sont plus importants chez les enfants nourris avec une PPN. Cet apport continuera d'augmenter avec la diversification alimentaire. Un apport de sodium trop important n'a pas d'avantage nutritionnel mais augmente la charge osmolaire rénale et, à long terme, le risquer de développer une hypertension artérielle. (5)

1.3.3.2 Les besoins en vitamines

Nous ne détaillerons dans ce paragraphe que les vitamines pour lesquelles des préconisations spécifiques sont émises pour les nouveau-nés/nourrissons. Les apports recommandés pour les autres vitamines sont repris dans le tableau 1.6.

Ainsi, en cas d'allaitement exclusif, une supplémentation médicamenteuse en vitamine K (vitamine K1 roche 2 mg/0,2 ml nourrissons) est actuellement recommandée selon le schéma suivant : une dose le jour de la naissance, une dose au cours de la première semaine, et une dose un mois après la naissance pour éviter la maladie hémorragique. (9)

Concernant la vitamine A, les carences restent rares en France mais peuvent entrainer des lésions oculaires graves quand elles sont présentes. Chez le nourrisson, les apports conseillés sont de 400 ER/jour (exprimé en équivalent rétinol). (6)

Comme déjà évoqué précédemment, la vitamine D joue un rôle essentiel dans le métabolisme du calcium et du phosphore. Elle prévient le rachitisme, surtout dans les pays à faible ensoleillement. Les apports conseillés sont de 10 à 15 mg/j (400 à 600 UI/j). (6)

La vitamine C est essentielle pour le développement de certains tissus (ostéoblastes, odontoblastes, fibroblastes) et intervient dans le métabolisme de la proline, du tryptophane, de la tyrosine, de l'adrénaline, et des stéroïdes surrénaliens. L'apport conseillé pour le nourrisson est de 35 mg/jour. (6)

Tableau 1.6 : Les autres apports conseillés en vitamines chez le nourrisson (6)

Vitamines	Apports conseillés chez le nourrisson
Vitamine E	3 à 4 Unités Internationales
Vitamine B1 (thiamine)	0,4 mg/jour
Vitamine B2 (riboflavine)	0,6 mg/jour
Vitamine PP (niacine)	6 équivalent niacine/jour
Vitamine B6 (pyridoxine)	0,6 mg/jour
Vitamine B9 (acide folique)	50 µg/jour
Acide pantothénique	3 mg/jour
Vitamine B12 (cobalamine)	1 µg/jour

1.3.3.3 Les besoins en eau

L'eau est le constituant le plus important dans l'organisme. Elle représente, en fonction de la masse grasse et de l'âge, jusqu'à 60% du poids total de l'enfant durant la première année de vie. Son turn-over est estimé à 100-150ml/kg/j pendant la première année de vie, majoré en cas de diarrhée, de vomissements ou de sudation importante. Chez les enfants plus âgés, en moyenne 1 litre d'eau par jour est conseillé. Chez le nourrisson, le capital hydrique est faible, sa surface cutanée élevée, ses pertes extrarénales (évaporation cutanée, fréquence respiratoire élevée) importantes et ses capacités de concentration rénale médiocres. Les besoins en eau du nourrisson sont de ce fait plus importants que chez les enfants plus grands. (5,6) (tab 1.7)

Tableau 1.7 : Les apports conseillés en eau varient selon l'âge (5)

Âge	0-4 mois	4-8 mois	12 mois	Adulte
Eau (mL/kg/j)	150	125	100	35-50

En cas d'allaitement maternel les besoins nutritionnels de l'enfant sont normalement couverts de façon optimale. Cependant plusieurs femmes ne souhaitent pas ou ne peuvent pas allaiter. C'est pourquoi il existe un large choix de « laits » spécialisés d'origine animale. C'est l'alternative à l'allaitement qui répond au mieux aux besoins de l'enfant après l'allaitement maternel, point qui va maintenant être abordé.

2 Deuxième partie : allaitement maternel et ses alternatives animales

Nous verrons dans cette partie que le lait maternel seul apporte tous les nutriments nécessaires à l'enfant jusqu'à 6 mois pour permettre une croissance normale. Il constitue donc la référence ultime pour ce qui est des apports adéquats pour la couverture des besoins du nourrisson. Cependant, lorsque l'allaitement maternel n'est pas souhaité ou s'il est impossible, des laits de substitution ou PPN existent. L'introduction précoce (avant 6 mois) d'autres aliments que le lait n'est pas souhaitable.

2.1 L'allaitement

2.1.1 Définitions et recommandations officielles

Selon l'OMS il existe différents types d'allaitement. Cette organisation préconise un allaitement exclusif jusqu'à 6 mois alors que la recommandation du comité de nutrition de l'ESPGHAN (*European Society for Pediatric Gastro Enterology and Nutrition*) fixe la limite entre 4 et 6 mois, 6 mois étant recommandé. L'allaitement maternel peut être poursuivi jusqu'à 2 ans, s'il est associé à une alimentation diversifiée à partir de 6 mois. (5) Quelques précisions sur la définition des termes peuvent être utiles à une meilleure compréhension :

- **l'allaitement maternel** qualifie l'alimentation du nourrisson par le lait de sa mère, que ce dernier soit nourri au sein ou par le biais d'un biberon ou d'une cuillère ;

- **L'allaitement est dit exclusif** quand le nourrisson ne reçoit que le lait de sa mère et aucun autre aliment solide ou liquide (y compris de l'eau). Les vitamines, les médicaments ne remettent pas en cause l'allaitement exclusif ;

- **L'allaitement est considéré comme partiel** quand une alimentation au lait maternel est associée à d'autres aliments tels que des laits infantiles, des céréales, de l'eau. Il peut être majoritaire quand le lait maternel couvre 80% des besoins, moyen quand il assure entre 20 et 80% et faible quand il couvre moins de 20% des besoins de l'enfant. (11)

2.1.1.1 Environnement défavorable et retard de la France en termes d'allaitement maternel

L'OMS donne 10 recommandations *(annexe 1)* au bon démarrage de l'allaitement reprises par l'initiative du label « Hôpital ami des bébés » lancée par l'UNICEF en 1991. Hélas ces

conditions sont inconnues du grand public et encore trop peu connues des professionnels de santé.
Ce dernier reste un mode d'alimentation incomparable par rapport à l'alimentation par les PPN. Cependant, la décision appartient aux parents, sous réserve qu'ils soient bien informés. Le souci est de ne pas culpabiliser les mères qui ne veulent pas allaiter, mais ne justifie pas le manque d'information de celles qui l'envisagent. Il revient donc aux professionnels de santé d'informer les parents, tout en respectant leur choix.

La France sort d'une période où l'émancipation de la femme donnait à l'allaitement une connotation de servitude, alors que dans les pays anglo-saxons, les mouvements féministes revendiquaient les conditions de l'allaitement. De plus, des discours négatifs et de nombreuses idées reçues ont fait peur aux femmes : corps abimés, esclave du bébé, ne pas être à la hauteur. Cependant l'allaitement est un droit fondamental à protéger et à développer, il fait partie de la déclaration des droits de l'Homme. (20)

Les ENP (enquêtes nationales périnatales), organisées tous les 3 ans, permettent de récupérer des informations sur l'allaitement maternel, entre autres. La dernière remonte à 2016 et leur principe repose sur un recueil d'informations sur un échantillon de naissances en France (pendant une semaine dans tous les hôpitaux privés ou publics de France).
Ces données nous permettent de constater que la population d'enfants allaités de manière exclusive ou partielle pendant le séjour en maternité est en augmentation depuis 1972. En effet, la proportion était de 36% en 1972, 46% en 1976, 52% en 1995, 53% en 1998, 63% en 2003, 65% en 2010. Mais depuis 2010 une légère baisse est enregistrée avec un taux de 59% en 2016 (fig. 1). Ces valeurs correspondent au taux d'initiation de l'allaitement à la maternité. (4,12)

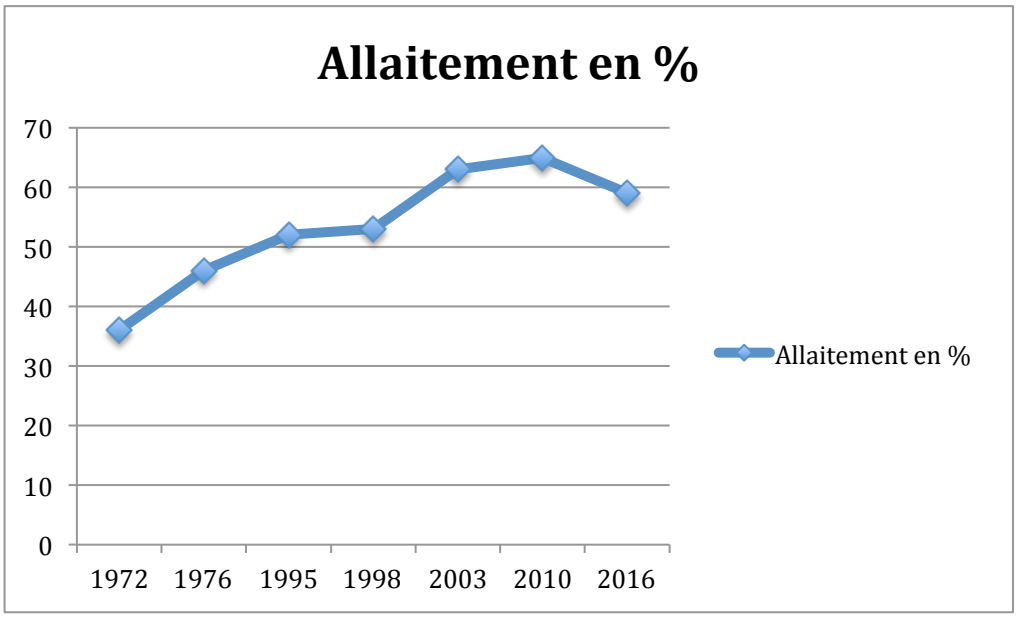


Figure 2 : Pourcentage d'allaitement maternel (exclusif ou partiel) dans les maternités françaises (1972-2016) (12)

Une disparité de l'initiation de l'allaitement maternel existe entre les régions françaises, avec les taux le plus bas en Picardie, Pays de la Loire, Auvergne, et Nord-Pas-de-Calais, et les plus élevés Provence-Alpes-Côte d'Azur, Paris, Petite Couronne parisienne et Rhône-Alpes. (fig. 2). Au-delà de nos frontières, une disparité est également observée au sein de l'Europe : 40% en Irlande contre 95% au Danemark, Finlande, Norvège, Suède. (12,19)

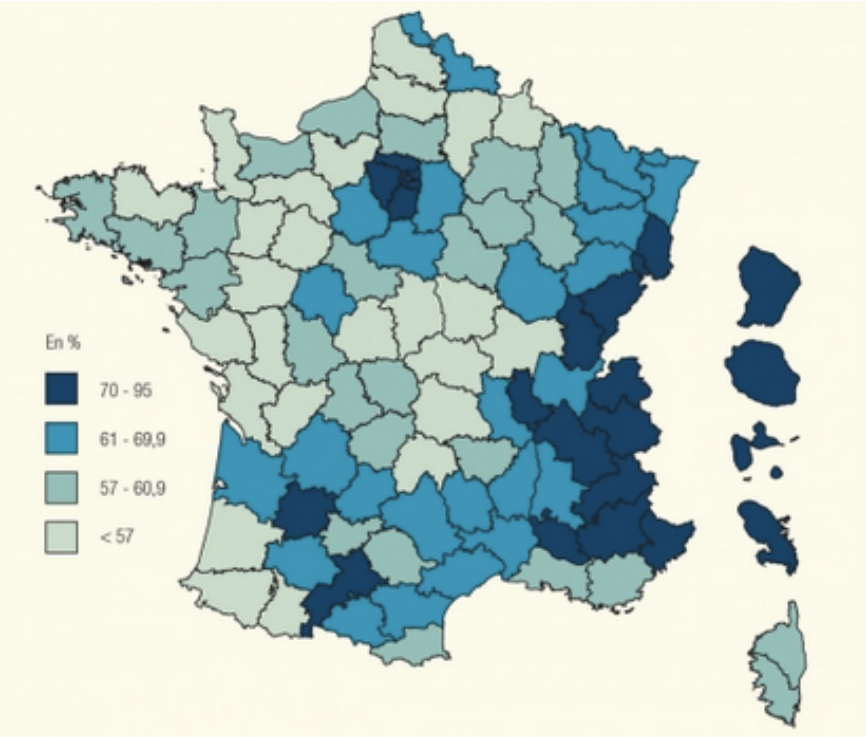


Figure 3 : Part des enfants allaités en France en 2013 (19)

Malgré une augmentation lente, la France reste en queue de peloton des pays industrialisés européens. Pourtant le lait maternel est reconnu pour être l'aliment idéal chez le nourrisson. La comparaison entre le lait de femme et le lait industriel montre que ce dernier tend à se rapprocher le plus possible du lait maternel grâce aux efforts des industriels, mais des différences majeures persistent et en 2020, la supériorité de l'allaitement reste évidente. Nous allons à présent évoquer ce sujet.

2.1.1.2 La composition du lait maternel

La supériorité du lait de femme sur le lait de vache tient à plusieurs éléments comme sa composition, ses propriétés biologiques (adaptation du lait au cours de la tété, suivant l'âge du bébé), ses propriétés protectrices et son rôle préventif de certaines pathologies. En quantité ou en qualité le lait maternel apporte tous les nutriments nécessaires sans risque de carence, de surcharge et sous la forme la plus digeste et la plus facilement assimilable. (5)

Tableau 1.8 Étude analytique d'un lait de femme au 1er mois d'allaitement et d'un lait de vache entier cru (5)

	Unités	Lait maternel mature pour 100 mL	Lait de vache pour 100 mL
Protéines	g	0,9-1,05	3,2
Caséines	g	0,25	2,73
Protéines solubles	g	0,64	0,58
Alpha-lactalbumine	g	0,26	0,11
Béta-lactoglobuline	g	-	0,36
Lactoferrine	mg	170	Traces
Immunoglobulines	mg	105	-
Lysozyme	mg	50	Traces
Taurine	mg	8	0,1
Substances azotées non protéiques	mg	15	6
Lipides	g	4,0	3,5
Acide linoléique	mg	350	90
Glucides	g	7	4,5
Lactose	g	5,7-5,8	4,5
Oligosaccharides azotés	g	1,2-1,3	-
Energie	kcal	70	62
	kJ	292	260

Le *tableau 1.8* compare la composition du lait maternel à la fin du premier mois d'allaitement à celle d'un lait de vache non transformé. Les différences quantitatives s'affichent clairement avec pour le lait de vache :

- trois fois plus de protéines (notamment la caséine) ;
- moins de lactose ;
- un taux de minéralisation quatre fois plus important.

Des différences qualitatives encore plus importantes peuvent être évoquées.

- **les protides et les substances azotées du lait maternel**

La quantité de protides est remarquablement faible, de l'ordre de 8 à 13 g/L.
La caséine est liée au calcium et au phosphore et représente 40% de protéines du lait maternel (80% dans le lait de vache). Elle est dispersée dans le lait sous forme de micelles de phosphocaséinates de calcium qui précipitent en milieu acide dans l'estomac sous influence

des secrétions gastriques. Cette coagulation se fait en petit flocons facilement attaqués par les enzymes digestives.

Les protéines solubles sont appelées ainsi car elles ne précipitent pas en milieu acide, contrairement à la caséine. Parmi elles, l'alpha-lactalbumine est présente mais pas la béta-lactobuline (protéine allergisante du lait de vache). Les autres protéines solubles possèdent des intérêts physiologiques spécifiques dont un rôle anti-infectieux pour les immunoglobulines et la lactoferrine.

Les AA libres représentent 5% de la fraction azotée du lait maternel, trois fois plus que dans le lait de vache. Ils sont composés notamment de la taurine, composé azoté essentiel. Le lait maternel en contient 40mg/L alors que le lait de vache n'en contient pas. Cette fraction azotée intervient dans la conjugaison des acides biliaires qui favoriserait l'absorption des graisses. La plupart des PPN en renferme même si l'ESPGHAN ne rend pas son ajout obligatoire mais le préconise à hauteur de 12 mg/100 kcal. (5)

Les substances azotées non protidiques constituent 15 à 20% du total des substances azotées du lait maternel, contrairement au lait de vache qui en contient 6%. Elles comprennent l'urée, l'acide urique, la créatinine, la carnitine, des polyamines et des nucléotides. Les nucléotides favorisent l'absorption du fer et augmentent les défenses immunitaires en stimulant la prolifération des cellules T. (5)

- **Les lipides du lait maternel**

La teneur en lipides du lait de femme est de 40g/L, proche de celle du lait de vache (35g/L en moyenne). Les lipides du lait maternel ou de vache représentent la moitié de l'énergie fournie par ces aliments. La digestibilité et le coefficient d'absorption des graisses du lait de femme sont très supérieurs à ceux du lait de vache, grâce à la présence d'une lipase qui compense au niveau duodénal le défaut de lipase pancréatique du nourrisson.
Contrairement aux autres composants du lait maternel, la teneur en lipides peut varier en fonction de l'alimentation. D'un taux élevé dans les pays industrialisés le taux peut baisser pour les mères de contrées défavorisées. La teneur en lipides varie aussi avec le temps, au cours de la tétée, au cours de l'allaitement et au cours de la période d'allaitement.

Les lipides du lait maternel contiennent majoritairement des triglycérides, le reste étant des phospholipides, des cholestérols, des lécithines, des acides gras libres, des mono- et diglycérides.

La grande différence avec le lait de vache repose sur la nature des acides gras qui entrent dans la composition des triglycérides. Le lait de mère est plus riche en AGPI en particulier les acides gras essentiels pour le nourrisson comme l'ARA dont le taux dans le lait est

relativement stable quelle que soit l'alimentation de la mère au contraire du DHA dont la teneur varie. Leur rôle est démontré dans la maturation cérébrale et rétinienne.

Parmi les AGPI essentiels, l'AL et l'ALA ont un intérêt particulier car ils jouent un rôle important dans la création des structures neuronales et dans la synthèse des prostaglandines. Leurs taux sont nettement plus importants chez le nourrisson nourri au sein qu'au lait de vache. Des détails de structures rendent les graisses du lait maternel plus facilement hydrolysées par l'action conjuguée de la lipase du lait et de la lipase gastrique de l'enfant.
La composition en glucides et protides du lait maternel n'est pas ou peu dépendante de l'alimentation de la mère allaitante, au contraire de celle en lipides, minéraux et vitamines. (5)(23) Il est rare que l'alimentation de la femme allaitante soit insuffisante pour la couverture des besoins énergétiques du nourrisson, puisque le corps de la mère favorise toujours l'enfant et puise dans ses réserves.

- **Les minéraux du lait maternel**

Les minéraux sont moitié moins abondants dans le lait de femme que dans celui de vache. Une faible charge osmolaire rénale est de fait retrouvée dans le lait de femme (93 mOsm/L), alors qu'elle est beaucoup plus élevée dans le lait de vache (308 mOsm/L). Les PPN et de suite développent quant à elles une charge intermédiaire (130 et 160 mOsm/L). La charge osmolaire rénale correspond aux éléments du régime alimentaire éliminés par le rein.

La composition élémentaire du lait de femme est plus favorable. Notre regard s'arrêtera plus longuement sur le sodium, le calcium, le phosphore et le fer (Tableau 1.9).

Tableau 1.9 : Teneur en sels minéraux du lait de femme et de vache

Minéraux	Unité pour 100 ml	Lait de femme	Lait de vache
Na	mmol	0,69	1,95
Ca	mg	31	119
P	mg	15	86
Fe	mg	0,0400	0,005-0,013

La quantité de sodium est plus faible dans le lait maternel, mais reste suffisante par rapport aux besoins du nourrisson et contribue au faible pouvoir osmolaire du lait humain.
Ce dernier renferme également quatre fois moins de calcium et six à sept fois moins de phosphore que dans le lait de vache. Cela tient à la différence en teneur de caséines auxquelles sont liés du calcium et du phosphore. Cette teneur basse n'a pas d'inconvénient.

Les apports sont suffisants car l'absorption intestinale du calcium est très élevée pour le lait maternel.
Le fer se retrouve dans les deux laits à des taux similaires, mais son utilisation est supérieure dans le cas du lait de femme en raison de la présence de ligands qui en facilitent l'absorption. Après l'âge de 6 mois, l'apport en fer du lait maternel devient insuffisant et une supplémentation est nécessaire si la diversification alimentaire ne couvre pas les besoins. (5)

- **Les vitamines du lait maternel**

Les besoins quotidiens du nourrisson en vitamine C sont de 50mg/j et sont convenablement assurés par l'allaitement au sein. La quantité de vitamine D est quant à elle faible dans le lait maternel, elle dépend de l'exposition au soleil de la mère pendant sa grossesse, de sa pigmentation et de son alimentation. L'apport en vitamine D apparaît insuffisant, il est donc nécessaire d'apporter une supplémentation de la naissance à 18 mois que l'enfant soit allaité ou nourrir avec une PPN.

Concernant la vitamine K, le lait de mère est beaucoup moins riche en cette dernière que le lait de vache. Il apparaît dès lors préférable d'apporter de la vitamine K1 dès la naissance ou peu après, une autre entre 72 et 96 heures et une troisième à 1 mois de vie. (5,21)

2.1.1.3 Lait maternel : un aliment évolutif

Au cours de la période d'allaitement la composition de lait de femme va s'adapter aux besoins du nourrisson. Le tableau 1.10 illustre cette évolution pour les constituants essentiels du lait maternel.

Tableau 1.10 : Évolution des différents constituants du lait de femme en g/L (5)

	Protéines	Lipides	Glucides	IgA	IgG	IgM	Lacto-transferrine	lysozyme
Colostrum	41	29	55	17	1	3	5-15	0,4
Lait de transition	16	35	66	1	-	-	-	-
Lait mature	9	40	70	1 à 2	Traces	Traces	1-2	0,5

A la naissance, le colostrum, sécrétion jaune et épaisse, est produit en petite quantité (50mL/j) dans les premiers jours de l'allaitement (généralement jusqu'au 5ème). Sa

composition est différente du lait définitif (mature). Le colostrum est d'un grand intérêt car très riche en glycoprotéine (Ig) et moins riche en lipides et en lactose que le lait définitif.
Ensuite le lait de transition ou lait intermédiaire est produit du 5ème au 15ème jour après la naissance. Une augmentation du volume quotidien de lait produit et une diminution de son taux de protéines sont observées.

Après 15 jours, le lait mature, nommé ainsi à tort car des variations de composition au cours de la période de lactation mais aussi pendant 24 heures ou au cours de la tétée existent toujours, est produit par le sein.
En effet, entre le 14ème et le 112ème jour, une diminution du taux de protéines, une augmentation des glucides et de l'énergie apportée sont enregistrées. Les lipides quant à eux voient leur concentration fluctuer entre 21 et 29 g/L.

Une variation de la teneur en constituants du lait maternel existe au cours de la même journée. Cependant les résultats des dosages sont versatiles en fonction du mode de recueil. Mais nous pouvons dire que la quantité de lait et les teneurs en graisses sont plus importantes le matin et diminuent au fur et à mesure de la journée. En cours de tétée, la composition du lait change et s'enrichit en lipides et en micelles de caséines. La concentration plus importante de lipides en fin de tétée serait responsable du phénomène de satiété de l'enfant coïncidant avec l'épuisement du contenu mammaire. (5)

L'évolution du lait maternel au cours de la vie du nourrisson, ou au cours de la journée démontre bien qu'il est le seul à pouvoir convenir totalement à l'enfant. De plus celui-ci comporte d'autres avantages pour l'enfant et pour la mère.

2.1.1.4 Les avantages de l'allaitement

Les avantages pour l'enfant :

Pouvoir anti-infectieux : il existe une protection contre les infections ORL, pulmonaires, urinaires, digestives, et méningées. Cette protection est assurée par différents constituants du lait maternel que nous allons maintenant détailler :

- les leucocytes. Ces derniers sont très présents dans le colostrum puis leur taux chute très rapidement en fin de première semaine d'allaitement. Ils se composent de macrophages, polynucléaires neutrophiles, et lymphocytes. Ces cellules agissent de deux manières, soit en sécrétant des substances à action anti-infectieuse, et/ou en exerçant une action destructrice sur certains germes ;
- les immunoglobulines : il s'agit en majorité d'IgA sécrétoires. Cette structure résiste aux variations de pH et aux agents protéolytiques du tube digestif dans lequel elle parvient en conservant son pouvoir immunisant alors que, pendant une période

transitoire, la muqueuse intestinale du nouveau-né et du nourrisson ne produit pas encore d'IgA de façon autonome.

Les informations recueillies au niveau de l'intestin et de l'appareil respiratoire sur la présence de tel ou tel micro-organisme sont transmises aux leucocytes de la glande mammaire par les lymphocytes T, permettant la synthèse d'anticorps spécifiques.

L'apparition d'anticorps spécifiques est également en rapport avec les infections contre laquelle la mère a été vaccinée ou s'est spontanément immunisée ; (5)

- la lactoferrine est l'une des protéines de transport du fer dans l'organisme. Elle a également une action bactériostatique sur de nombreux germes. Son action diminue quand elle est saturée en fer ; (5)
- le lysozyme : il possède des propriétés bactéricides. Cette molécule est retrouvée dans toutes les sécrétions (salives, larmes, etc.).

Il faut rappeler que les vertus protectrices du lait maternel ne s'expriment pleinement que lors d'un allaitement au sein direct. Le mode de conservation et certaines méthodes d'assainissement peuvent détruire les facteurs anti-infectieux du lait maternel. Si besoin, le lait maternel peut être conservé au réfrigérateur pendant 48 heures mais la méthode de conservation la plus pratique et sûre reste celle à -20°C. (24)

Autres conséquences de l'allaitement maternel pour l'enfant :

Une amélioration de l'indice de masse corporelle (IMC) et une prévention du surpoids sont objectivées chez les enfants allaités au sein. Ce bénéfice se poursuit jusqu'à l'adolescence. La diminution du LDL-cholestérol enregistrée chez ces mêmes enfants préviendrait le risque cardiovasculaire (26). De plus, il est décrit une diminution de la pression artérielle systolique à l'âge adulte chez les personnes ayant reçu un allaitement maternel. (25)

La prévention du diabète de type 1 est encore discutée et les études montrent des résultats contrastés. Cependant, pour les enfants dits « atopiques», l'allaitement maternel pendant au moins 3 mois résulte en une réduction de la prévalence de l'asthme (20) et de la dermatite atopique dans les familles les plus à risque. (27)

Plusieurs études montrent un bénéfice pour le développement neurologique, psychomoteur et cognitif de l'enfant. (28)

Les avantages pour la mère :

La sécrétion d'hormones liées à l'allaitement diminue les risques d'infections, aide l'utérus à retrouver plus vite sa forme et sa tonicité et favorise la perte de poids dans les six mois après

l'allaitement. Il a été démontré que l'allaitement pourrait diminuer les risques de cancer du sein et de l'ovaire avant la ménopause. (46)

Enfin, l'allaitement prolonge la grossesse et favorise la proximité de la mère avec son enfant. (46)

2.1.2 Les préparations pour nourrisson

2.1.2.1 Constat

Au cours des dernières décennies, des progrès ont été réalisés pour optimiser la qualité des formules infantiles. En effet, ce n'est que depuis peu qu'il est possible de nourrir avec un minimum de risques les enfants de l'espèce humaine avec du lait d'une autre espèce animale. Le lait de vache est principalement utilisé pour des raisons de disponibilité, quelques essais ayant eu lieu aussi avec du lait de chèvre ou d'ânesse. Les innovations apportées ont pour objectif de se rapprocher le plus possible du lait maternel, de répondre aux petits maux du nourrisson (reflux, diarrhée, colique, constipation), et d'avoir un effet préventif sur d'éventuelles pathologies (par adjonction de pré- et/ou probiotiques, par exemple).

2.1.2.2 Le cadre réglementaire des préparations pour nourrisson et de suite

La réglementation concerne les formules pour nourrisson et les formules de suite appelés anciennement laits 1er âge et 2ème âge, respectivement. Elles sont à base de lait de vache, d'hydrolats partiels de protéines ou d'isolats de riz. La composition et l'étiquetage des PPN et des préparations de suite ont fait l'objet de nombreuses recommandations au premier rang desquelles celles de l'ESPGHAN, en 1977 puis en 2005, et celles du comité de nutrition de la Société française de pédiatrie (SFP). Elles sont régies par des directives européennes (Règlement UE N°609/2013 du 12 juin 2013) et leurs transpositions au niveau national. Les PPN sont les denrées alimentaires destinées à l'alimentation particulière des nourrissons durant les premiers mois de vie. Les préparations de suite (PDS) sont destinées à l'alimentation particulière des nourrissons quand une alimentation complémentaire appropriée est introduite. L'arrêté du 11 avril 2008 précise qu'aucun produit autre que les PPN ne peut être commercialisé comme de nature à répondre à lui seul aux besoins nutritionnels des nourrissons normaux en bonne santé. (29)

Toutes les PPN et PDS vendues en France et en Europe sont soumises à cette réglementation, quel que soit le lieu de leur fabrication.

Ces arrêtés fixent la liste des substances d'addition autorisées, les limites de pesticides et de polluants tels que les métaux lourds ainsi que les normes d'étiquetage à respecter. Les points majeurs de l'arrêté de 2008 sont les suivants :

- interdiction des termes de lait « humanisé », « maternisé », « adapté » pouvant laisser croire que certaines PPN sont comparables au lait de femme ;
- limitation du terme « lait » aux seuls produits contenant du lait de vache. Les produits à base de protéines de riz peuvent être appelés « préparation pour nourrisson » ou « préparation de suite » s'ils répondent aux réglementations ;
- distinction entre les PPN (de la naissance à la diversification alimentaire), appelées « préparation pour nourrisson » ou « lait 1 » ou « lait 1er âge », et les PDS (du début de la diversification alimentaire), appelées « lait de suite » ou « lait 2ème âge »

La réglementation autorise :

- une extension de l'utilisation des PDS à l'enfant en bas âge (1 à 3 ans), conduisant les industriel à distinguer les laits 2ème âge (6 mois-1 an) avec les laits pour enfant en bas âge (1 à 3 ans) quand la diversification est déjà bien installée ;
- la publicité pour les PPN est limitée aux publications spécialisées. Elle ne doit pas accréditer l'idée que ces dernières sont équivalentes à l'allaitement. Une mention sur les boites pour affirmer la supériorité de l'allaitement au sein est obligatoire ;
- l'autorisation de la supplémentation systématique de ces laits avec de la vitamine D. (5)

2.1.2.3 La composition des préparations pour nourrisson

Il existe 3 types de préparations classiques :

- les PPN à base de protéines de lait de vache (tab 1.11)

Elles se différencient principalement en fonction de l'apport en protéines, du rapport caséine/protéines solubles, de la nature et la quantité des sucres apportés, de la qualité du mélange lipidique, et de l'éventuel ajout de pré- ou probiotique.
Au niveau de l'apport protéique, la plupart des industriels ont diminué les teneurs et un procédé de sélection des protéines lactées permet d'obtenir un profil en acides aminés « comparable » à celui du lait maternel. Les caséines de ces préparations ont toutefois tendance à coaguler en flocons grossiers dans l'estomac et à ralentir la vidange gastrique. La satiété est de ce fait plus aisément atteinte, mais les caséines en excès peuvent induire une constipation.
Les apports glucidiques sont le plus souvent constitués d'un mélange dextrines-maltose/lactose, avec des teneurs variables en lactose. En outre, seuls peuvent être utilisés

le saccharose sans dépasser 20% de glucides totaux et l'amidon précuit exempt de gluten sans dépasser 2g/100ml.
L'apport lipidique est constitué d'un mélange de matières grasses d'origine végétale enrichi en AG essentiels.
Dans le cadre d'une nouvelle règlementation (règlement délégué (UE) 2016/127 et règlement délégué (UE) 2016/128) encadrant les formules infantiles en février 2020, plusieurs changements sont imposés aux industriels :

- ajout de DHA (AG de la famille des omégas 3) : ayant un rôle majeur dans le développement cérébral et de la vision. Les teneurs minimale et maximale étant 20 mg / 100 kcal et 50 mg / 100 kcal.
- Augmentation de la choline dès le premier âge, (apport compris entre 25 et 50 mg/100 kcal). (98)

Cette réglementation s'applique à toutes les **formules infantiles 1er âge** (0-6 mois), **2e âge** (6-12 mois) et les DADFMS (Denrées Alimentaires Destinées à Des fins Médicales Spéciales).

Certains fabricants, sans y être contraints, profitent de cette nouvelle réglementation pour y adjoindre un second acide gras - l'ARA - lui aussi connu pour son rôle dans le développement cérébral du nourrisson et du petit enfant. Si l'Europe ne l'impose pas, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'OOMS le préconisent. Son apport doit correspondre à 0,4 % à 0,7 % des lipides totaux, avec un rapport bien défini : il doit y avoir deux fois plus d'ARA que de DHA ou du moins autant. (98)

L'ajout récent de pré- ou probiotiques dans les formules infantiles a pour but de reproduire l'écosystème intestinal des enfants nourris au sein et de ce fait certains effets fonctionnels du lait maternel.

Les préparations à base d'hydrolysats partiels de protéines ou laits hypoallergéniques (HA).
Leur indication a un objectif préventif dès la naissance chez les nouveau-nés à risque atopique du fait d'antécédents familiaux, à condition d'en poursuivre l'utilisation sans interruption jusqu'à l'âge de 6 mois.

Les préparations à base de protéines végétales : ces préparations ne doivent en aucun cas être confondues avec des denrées alimentaires à base de protéines végétales vendues dans le commerce et inadaptées à l'alimentation du nourrisson. Leur indication est relativement limitée : diarrhées sévères du grand enfant, allergie aux protéines de lait de vache après essai d'un hydrolysat poussé et après 6 mois. (6)

Les PPN sont des denrées alimentaires destinées à l'alimentation des nourrissons pendant les six premiers mois de vie. Elles sont censées répondre à elles seules aux besoins nutritionnels des nourrissons.

Leurs caractéristiques générales sont :

- avoir un apport énergétique compris entre 60 et 75 kcal/100mL.
- une teneur en protéines comprise entre 1,8 et 3g/100 kcal et une teneur en sels minéraux plus faible que celle du lait de vache.

Tableau 1.11 : Composition en nutriment des PPN à base de protéines de lait de vache (d'après arrêté du 11 avril 2008) – Comparaison avec lait de femme (6)

Nutriments	Unité pour 100 mL	Préparation pour nourrisson	Lait de femme
Énergie	kcal	60-70	70
	kJ	250-295	292
Protéines	g		0,9
Protéines lait de vache non modifiées ou hydrolysées	g	1,20-2,01	
L-carnitine	mg	> 0,8	
Lipides	g	2,95-4,02	4
Acide linoléique	mg	210-840	350
Acide α-linolénique	mg	> 35	30
AGPI à chaine longue		< 2	
AGPI à chaine longue n-3		< 1 % des mg totales	
Acide eicosapentaénoïque (20 :5n-3) Ajout autorisé, non obligatoire		< Ac. Docosahexaéoïque (22 :6n-3)	
Acide docosahexaénoÏque (22 :6n-3)		< AGPI n-6	
AGPI n-6		< 2% des lipides totaux	
Acide arachidonique (20 :4n-6)		< 1% des lipides totaux	
Glucides	g	6,03-9,38	7
Lactose	g	> 3	5,6
Maltose		Quantité non précisée	
Saccharose		Seulement dans les PPN à base d'hydrolysat de protéines	
Saccharose si lait avec protéines hydrolysées		< 20% de la teneur totale en glucides	
Glucose		Seulement dans les PPN à base d'hydrolysat de protéines	
Maltodextrine		Quantité non précisée	
Sirop de glucose		Quantité non précisée	
Amidon précuit	g	< 2 g et < 30% de la teneur totale en glucides	
Amidon gélatinisé	g		
Fructose		Non autorisé	
Miel		Non autorisé	
Fructo-oligosaccharides		< 0,8 g	

En ce qui concerne les protéines des PPN, une adjonction de lactosérum est possible, ce qui aboutit à un enrichissement en β-lactoglobulines (fraction antigénique potentiellement allergisante).
Il est important de souligner que les immunoglobulines spécifiques, les cellules immunocompétentes, la lactoferrine et le lysozyme ne sont pas présents dans les PPN.

Tous les acides aminés (essentiels et semi-essentiels) doivent être retrouvés en quantité au moins identique à celle du lait de femme. L'ajout d'acides aminés est donc pratiqué dans le but d'améliorer la valeur nutritionnelle des protéines des PPN.

Certains constituants protidiques sont ajoutés licitement aux PPN :

- les nucléotides : à hauteur de 5 mg/100 kcal au maximum. Ils sont habituellement présents dans le lait maternel, et presque pas dans le lait de vache. Ils jouent un rôle dans la synthèse des acides nucléiques et dans le métabolisme intermédiaire, dans le développement de l'immunité, l'absorption du fer, le métabolisme des acides gras polyinsaturés à longue chaine, l'équilibre de la flore intestinale et le développement/la réparation des tissus.

- La taurine : c'est un composé azoté essentiel. Elle est présente dans le lait maternel alors que le lait de vache en est complètement dépourvu. Elle intervient dans l'absorption des acides biliaires et comme neurotransmetteur dans le cerveau et la rétine. La teneur maximum autorisée est de 12 mg/100 kcal.

- Concernant la fraction lipidique des PPN, la supplémentation en AG essentiels est limitée pour l'AL et pour l'ALA ainsi que l'ajout de DHA, les teneurs minimale et maximale étant 20 mg / 100 kcal et 50 mg / 100 kcal.
  . La teneur en lipides doit être comprise entre 4,4 et 6g/100 kcal.

Quant aux glucides, leur quantité doit être comprise entre 9 et 14 g/100 kcal, avec un minimum de lactose et des maximums en saccharose et en amidon. Seuls les glucides cités dans l'arrêté sont autorisés (cf. Tableau 1.11)

Tableau 1.12 Composition en éléments minéraux et vitamines des PPN à base de protéines de lait de vache (d'après l'arrêté du 11 avril 2008) et comparaison avec le lait de femme. (6)

Constituants	Unités pour 100 mL*	Préparation pour nourrissons	Lait de femme
Minéraux			
Na	mg mmol	13,4-40,2 0,58-1,75	 0,69
K	mg mmol	40,2-107 1,03-2,74	 1,35
Cl	mg	33,5-107	40
Ca	mg	33,5-93,8	31
P	mg	16,7-60,3	15
Ca/P		1,0-2,0	
Mg	mg	3,35-10,05	3,8
Fe	mg	0,20-0,87	0,08
Zn	mg	0,33-1,01	0,22-0,25
Se	µg	0,67-6	2
Vitamines			
A	µg-ER	40,2-120,6	54
D	µg UI	0,67-1,68 26,8-67,2	0,05
Thiamine	µg	40,2-201	54
Riboflavine	µg	53,6-268	38
Niacine	µg	201-1005	170
Acide pantothénique	µg	268-1340	210
Acide folique	µg	6,7-33,5	0,19
B6	µg	23,45-117,2	13
B12	µg	0,067-0,33	0,05
C	mg	6,7-20	4,4
K	µg	2,68-16,7	3,4
E	mg α-ET	> 0,33	0,52

***** toutes les valeurs sont calculées en considérant un AET moyen de 67 kcals pour 100 mL de lait reconstitué.

- le fer : la supplémentation n'est pas obligatoire. Cependant il fait partie des minéraux les plus utilisés en supplémentation, de 0,3 à 1,3 mg/100 kcal. Dans le cas où la PPN ne serait pas enrichie en fer, une mention sur l'emballage précise que, pour un enfant de plus de 4 mois, les besoins totaux en fer doivent être satisfaits par d'autres sources.

La répartition énergétique des macronutriments est très différente si l'enfant est nourri au lait maternel ou avec un lait infantile. En effet, les pourcentages en calories protidiques sont de 5 pour le lait maternel et 10 pour les PPN. Les lipides sont eux entre 56 et 60% pour le lait de femme et 45% pour les PPN.
Certaines études ont mis en relation l'excès de poids après 4 ans avec une alimentation hyperprotidique et plus faible en lipides. (5)

Le lait maternel et les PPN ou PDS (à base de protéines de vache) restent leaders en termes de nutrition infantile. Cependant certains cas peuvent amener les parents à se tourner vers une alimentation lactée différente. En effet des raisons médicales vont amener les familles vers une alimentation sans protéines animales.
Une recrudescence du végétalisme depuis ces dernières années incite également les parents à se tourner vers une alimentation végétale pour leurs nourrissons. C'est pourquoi dans cette troisième partie nous parlerons des raisons pour lesquelles le végétalisme chez les nourrissons peut être installé et nous en détaillerons les bénéfices et les risques. Nous apporterons ainsi des réponses aux familles qui viendront chercher plus d'informations dans notre officine.

3 Troisième partie : les alternatives végétales chez le nourrisson

3.1 Constats

En France, la part des végétariens dans la population est estimée entre 2% et 3%, ce qui représente 1,2 à 1,8 millions de personnes. Une augmentation d'adoption de ces régimes végétariens est actuellement constatée, notamment dans les pays riches. (31)

Les régimes végétaliens représentent quant à eux 0,1% des régimes alimentaires français selon l'étude INCA 3 (2014-2015) ou 0,8% selon l'étude Nutrinet-Santé. Cependant les chiffres plus élevés de cette dernière résultent probablement d'une surévaluation par rapport aux données des études INCA, qui elles, sont issues d'un échantillon représentatif de la population française. La comparaison entre les études INCA 2 (2006-2007) et INCA 3 (2014-2015) suggère une augmentation de la population de végétariens et végétaliens en France. Cette proportion reste toutefois faible, voire marginale pour les végétaliens. (32)

Néanmoins, de plus en plus de familles se tournent vers une alimentation végétarienne, végétalienne ou encore vegan. C'est pourquoi nous nous intéresserons dans cette partie à l'alimentation végétale chez le nourrisson en détaillant les raisons pour lesquelles les nourrissons peuvent avoir besoin d'une alimentation végétale, les caractéristiques de cette dernière ainsi que ses limites.

3.2 Les raisons d'une alternative végétale

Plusieurs raisons possibles orientent les parents vers une alimentation végétale : une allergie aux protéines de lait de vache (APLV), une intolérance au lactose, des troubles intestinaux, une prise de conscience du respect animal ou juste un effet de mode. Dans cette partie nous évoquerons les différentes raisons qui peuvent amener les nourrissons à recevoir une alimentation végétale.

3.2.1 Causes médicales

3.2.1.1 Allergie aux protéines de lait de vache

L'allergie aux protéines de lait de vache (APLV) est l'une des raisons pour lesquelles certains parents se tournent vers une alimentation spécialisée, ou végétale.

L'APLV apparaît très tôt chez les enfants, parfois dès le premier jour de vie. C'est une allergie très fréquente chez l'enfant après celle à l'œuf et l'arachide. Le caractère banal des symptômes la rend souvent difficile à diagnostiquer. Comme toutes les allergies, il s'agit d'une réaction exagérée du système immunitaire face aux protéines de lait de vache qu'il considère à tort comme dangereuses. Certaines de ces protéines du lait sont retrouvées dans les PPN, mais aussi dans le lait maternel lorsque la maman qui allaite consomme des laitages. Le lait contient plus de trente protéines différentes mais les plus allergisantes sont la caséine et la béta-lactoglobuline. (15,16)

L 'allergie est le plus souvent découverte au moment du sevrage, après l'ingestion du premier biberon de lait infantile. Mais elle peut être systématique lors d'antécédent d'allergie avérée chez les parents. Les signes de l'APLV sont très variés et non spécifiques de cette maladie : diarrhée, vomissement, dermatite atopique, œdème et asthme, voire choc anaphylactique. Il existe deux types d'APLV :

- celles IgE-dépendantes ou médiées : elles représentent 20% des cas seulement. Elles sont reliées à la présence dans le sang d'IgE dirigées contre l'allergène. La réaction est le plus souvent immédiate après l'ingestion ;
- celles non igE-dépendantes ou -médiées : elles représentent 80% des cas. La réaction apparaît le plus souvent de façon retardée, 48 à 72 heures après. (15,16)

Après l'apparition des symptômes dans l'heure qui suit le biberon, le diagnostic est relativement simple. Il sera confirmé par un test sanguin à la recherche des IgE spécifiques et un prick-test : dépôt d'une goutte de lait sur la peau du bébé, puis pénétration dans la couche superficielle de la peau. Si une rougeur apparaît dans les 20 minutes, le test est positif. Mais si ces tests sont négatifs cela ne permet pas d'éliminer avec certitude une APLV. Si les signes apparaissent plus tardivement (allergie non IgE non médiée), le diagnostic est plus difficile. Souvent considérées comme banales, les manifestations digestives apparues plusieurs jours plus tard ne permettent pas de faire un rapprochement avec l'introduction de lait. Seul un patch test au lait peut être contributif (allergène mis au contact avec la peau pendant 48 heures). (15,16)

L'APLV doit être diagnostiquée le plus rapidement possible pour éviter l'errance diagnostique, pour prévenir l'aggravation des symptômes, améliorer la qualité de vie des enfants et ne pas mettre en péril leur croissance et leur sommeil. (16)

3.2.1.2 Intolérance au lactose

L'intolérance au lactose peut être une des raisons d'une alternative végétalienne chez les nourrissons. Elle est causée par un déficit en lactase, enzyme présente dans l'intestin grêle qui coupe le lactose en deux sucres : le glucose et le galactose. Ces derniers sont ensuite

absorbés par l'intestin grêle. Les personnes intolérantes au lactose produisent peu ou pas de lactase, le lactose passe donc dans l'intestin sans avoir été métabolisé. Il est donc impossible de digérer tel quel le lactose. Des douleurs abdominales, des diarrhées, et beaucoup de gaz sont observés en cas d'intolérance. L'intolérance au lactose est largement répandue dans la population et la sévérité dépendra de la quantité de lactose consommée. En effet une grande partie de la population mondiale n'arrive plus à assimiler correctement le lactose au delà de l'âge du « nourrisson ». En France 30 à 50% des adultes ont une digestion incomplète du lactose. (43,44)
L'intolérance au lactose varie selon l'âge. Chez le nourrisson, elle est exceptionnelle : il s'agit de déficit congénital en lactase lié à une défectuosité génétique. C'est une maladie rare apparaissant immédiatement après la naissance lorsque le nouveau-né tête sa mère pour la première fois ou boit le biberon. (44,45) Ce défaut de lactase résultera plus souvent d'un déficit secondaire à une gastro-entérite grave à rotavirus qui s'attaque à la partie haute des cellules intestinales, où la lactase est produite. La muqueuse se reconstruit ensuite en plusieurs semaines, laps de temps nécessaire pour voir disparaître les signes de l'intolérance. (14,44)

Pour mettre en évidence une intolérance au lactose, un test respiratoire à l'hydrogène permet de faire le diagnostic. Ce test consiste à mettre en évidence la présence d'hydrogène dans l'air expiré avant et après l'ingestion de 10 grammes de lactose. Le lactose non digéré se transforme en gaz sous l'action des bactéries coliques. L'hydrogène passe ensuite dans le sang jusqu'aux poumons où il sera expiré. Plus le niveau de gaz est élevé moins la digestion du lactose est efficace et moins il y a de lactase produit par l'organisme. Ce test est utilisé chez des enfants qui peuvent aisément expirer dans un masque.

Il est aussi possible d'évaluer approximativement l'apparition des signes digestifs après l'ingestion ou l'exclusion du lactose. Chez l'enfant, la consommation de lait, source essentielle de calcium, est indispensable. Il est donc important de choisir des aliments riches en calcium et pauvre en lactose sans éliminer les produits laitiers. Dans cette optique, il est par exemple possible de conseiller les fromages à pates molles qui contiennent 200 mg de calcium et seulement quelques traces de lactose alors que le lait entier en renferme 276 mg et 12,8g, respectivement. (14)

3.2.1.3 Troubles digestifs mineurs

Certains troubles digestifs mineurs (constipation, diarrhée) sans chronicité peuvent aussi amener les parents à bannir le lactose de l'alimentation de l'enfant pendant quelques jours. En effet, en cas de gastroentérite, il est préconisé d'utiliser un soluté de réhydratation orale (SRO) en premier temps (39). Les pédiatres préconisent ensuite de changer le lait habituel avec un lait sans lactose si les diarrhées dépassent sept jours (39). Pour cela il existe des laits

sans lactose que le pharmacien peut conseiller à l'officine pendant quelques jours. Un lait à base de protéines de riz peut aussi bien être conseillé car il ne contient pas de lactose.

Les problèmes liés au lait de vache ou d'autres animaux (chèvre, ânesse) encouragent certaines familles à se tourner vers un lait adapté. En effet une allergie au lait de vache est souvent croisée avec une allergie au lait de chèvre ou de brebis. Il est habituel de retrouver un taux d'allergie croisée entre lait de vache et de brebis de 92% selon Bellioni-Businco et al. (40)

3.2.2 Causes éthiques

Le choix des aliments consommés quotidiennement par la population dépend d'une grande variété de motivations intrinsèques indissociables du contexte, de la culture et de l'époque. La majorité des végétariens affirment leur adhésion à ce mode d'alimentation pour des raisons éthiques (conditions d'élevage et d'abattage des animaux) et de santé.

Un distinguo doit être fait entre les végétariens qui ne se nourrissent que de légumes, fruits, céréales, de légumineuses, graines, huiles, mais consomment aussi des œufs et des laitages, et les végétaliens qui excluent en plus du poisson et de la viande tout produit d'origine animal (lait, œufs, miel etc.). Les protéines végétales ont globalement une valeur biologique moins bonne que celles animales. La valeur biologique des protéines d'un aliment est une mesure de l'efficacité avec laquelle ces protéines alimentaires peuvent être converties en protéines propres à l'organisme, et constitue donc l'un des moyens de déterminer la valeur des protéines. Céréales et fruits oléagineux sont ainsi pauvres en lysine et riches en méthionine alors que les légumineuses sont riches en lysine et pauvre en méthionine. C'est pourquoi, en associant dans un même repas des végétaux complémentaires, un équilibre est obtenu en termes de valeur biologique. Les produits laitiers et les œufs sont très riches en acides aminés indispensables, ils sont nécessaires pour complémenter les protéines végétales. (15,16)

Chez le nourrisson, les éventuelles convictions végétariennes de leurs parents ne sont pas un problème car le lait infantile à base de protéines animales est autorisé dans ce régime alimentaire particulier. Pour les familles végétaliennes par contre, ce lait n'est pas « autorisé ». Il se peut alors que certains parents végétaliens se tournent principalement vers l'allaitement ou un « lait » à base de protéines végétales. (15,16)

Chez les mamans végétariennes ou végétaliennes, l'allaitement semble une alternative adéquate. Seulement, chez les femmes végétaliennes principalement, une carence en vitamine B12 est retrouvée. (Voir 3.3.1)

Si l'allaitement n'est pas choisi par la mère, d'autres alternatives sont alors employées, que nous allons maintenant développer.

3.3 Les alternatives aux protéines de lait animal chez le nourrisson

3.3.1 Allaitement maternel

Dans le cas d'un nourrisson allergique aux PLV, l'allaitement est la meilleure des alternatives à condition que la mère adopte un régime sans PLV. Des laits à base d'hydrolysats de protéines de lait de vache adaptés aux enfants souffrant d'APLV existent (annexe 2).

Dans les cas de régime végétalien, l'allaitement sans avis médical peut être dramatique. En effet, la femme allaitante végétalienne présente des carences en vitamine B12. Les végétariens et surtout les végétaliens développent ces carences en vitamines B12 indépendamment de leurs caractéristiques sociodémographiques. En plus d'un taux sérique de vitamine B12 bas, les futures mamans végétariennes/végétaliennes voient leur taux baisser pendant la grossesse. Chez le nourrisson né d'une maman carencée pendant la grossesse, mais aussi pendant l'allaitement exclusif, une carence en vitamine B12 est observée. Par cette carence, le nourrisson développera possiblement : un retard de croissance, une irritabilité, une altération de l'état général associée à une pâleur intense, une asthénie, des troubles cardiaques, des troubles cutanéo-muqueux et des manifestations neurologiques. (15,16)
Ainsi un nourrisson a été hospitalisé pour une cassure de la croissance staturo-pondérale depuis plusieurs mois, une anémie mégaloblastique et un retard psychomoteur sévère. Cet enfant recevait un allaitement maternel exclusif sans diversification et sa mère suivait un régime végétalien. Le bilan paraclinique montre une carence en vitamine B12 responsable d'une pancytopénie et de troubles neurologiques, une carence en vitamine K, une carence en vitamine D à l'origine de trouble de la minéralisation osseuse et une atteinte hépatique à type de surcharge. Le bilan biologique de la mère retrouvait les mêmes carences vitamino-calciques. La supplémentation vitaminique permettait une normalisation rapide des désordres biologiques de l'enfant, une prise de poids importante et une amélioration modérée de son état neurologique. Un régime végétalien strict chez la femme enceinte, puis allaitante, peut ainsi être à l'origine de carence nutritionnelles grave chez le nouveau-né. (42,47)

Le traitement et la correction des carences chez les nouveau-nés et nourrissons peuvent limiter les complications et guérir les symptômes. Cependant des séquelles neurologiques risquent de persister. (15,16)

Cela montre la nécessité de porter une grande attention au régime alimentaire des femmes allaitantes, surtout si des signes de carence sont dépistés au cours de la grossesse ou à l'accouchement. En effet la prévention repose sur le dépistage pendant les consultations prénatales de régimes inadaptés ou sur le mode de vie et les conduites addictives.

En cas de poursuite du régime, une supplémentation vitaminique serait prescrite et un suivi renforcé à la sortie de maternité. (17)

La vitamine B12 (ou cobalamine) est une vitamine hydrosoluble essentielle à la synthèse de l'ADN, à la production de cellules sanguines saines et au fonctionnement normal du système nerveux. Elle n'est pas synthétisée par l'homme ; son apport dans l'organisme dépend donc exclusivement de l'alimentation. La vitamine B12 est uniquement présente dans les produits d'origine animale (viande, foie, volaille, poisson, crustacés, produits laitiers sauf le beurre et les œufs), à l'exception de quelques algues dont l'ingestion massive pour couvrir les besoins n'est cependant pas aisée ni habituelle. Selon l'ANSES, les apports recommandés en vitamine B12 sont de 0,5 à 1 µg/j chez les nourrissons, 2,6 µg/j chez la femme enceinte, 2,8 µg/j chez une femme allaitante et de 2,4 µg/j chez un adulte. (42)

3.3.2 Les préparations pour nourrisson à base d'hydrolysat de protéines végétales

Ces préparations à base de protéines végétales répondent à un réel besoin, non seulement pour les nourrissons souffrant de pathologies telles que l'APLV mais aussi en cas de choix alimentaire végétalien chez le nourrisson sain. (18)

3.3.2.1 Les hydrolysats de protéines de riz

Les préparations à base de protéines de riz hydrolysées sont de plus en plus utilisées. Elles ont supplanté celles à base de soja qui sont restées les seules formules à base de protéines végétales du marché français pendant des décennies et qui aujourd'hui ont disparu. Les hydrolysats de protéines de riz ont été développés conformément à la directive de 2006. (33) Le riz est une céréale peu allergisante et, à la différence du soja, ne contient pas de phyto-estrogènes. En effet les phyto-œstrogènes peuvent amener plusieurs problèmes chez l'enfant et en particulier sur la maturation des organes sexuels, et sur la fertilité (voir 3.3.2.2) (48).

Ces préparations à base de protéines de riz se distinguent des laits infantiles standards par :

- l'existence de protéines partiellement hydrolysées de riz à la place des protéines de lait de vache ;
- l'absence de lactose, la fraction glucidique est remplacée par de la dextrine maltose et de l'amidon ;
- La présence d'une fraction lipidique contenant des triglycérides à chaîne moyenne.

Pour le reste des constituants, ils sont semblables aux autres laits infantiles (tab 1.11) (annexes 2 et 3). (18,30)

La composition de ces préparations est conforme à la réglementation européenne, elle est donc complètement adaptée aux nourrissons. Ces hydrolysats doivent absolument être distingués des boissons végétales à base de riz qui exposent à de graves carences nutritionnelles quand elles sont utilisées chez les nourrissons en remplacement des préparations infantiles. (30) (tableau 1.12)

Tableau 1.12 : Relevé d'étiquette entre composition moyenne de Novalac® riz, Bjorg® boisson de riz et Bjorg®Amande enrichi en calcium.

Pour 100 ml		**Novalac® riz**	**Bjorg® riz**	**Bjorg® Amande enrichi en calcium**
Energie	KJ kcal	277 66	182 43	171 41
Matière grasse dont : Acides gras saturés Acide linoléique Acide a-linolénique	g g g mg	3,3 1,3 0,6 55	1 0,2 - -	1,9 0,3 - -
DHA	mg	16	-	-
ARA	mg	4	-	-
Glucides, dont : Sucres	g g	7,3 0,5	8,5 4	5,4 4
Equivalent protéique	g	1,8	<0,5	0,5
Sel	g	0,08	0,09	0,05
Vitamines Vitamine A Vitamine D Vitamine E Vitamine K Vitamine C	µg µg mg µg mg	58 1,6 1,1 4 7,9	- - - - -	- - - - -

Thiamine	mg	0,11	-	-
Riboflavine	mg	0,2	-	-
Niacine	mg	0,6	-	-
Vitamine B6	mg	0,08	-	-
Acide Folique	µg	11	-	-
Folates	µg-EFA	18	-	-
Vitamine B12	µg	0,2	-	-
Biotine	µg	2	-	-
Acide pantothénique	mg	0,7	-	-
				-
Minéraux	mg	30		-
Sodium	mg	73	-	-
Potassium	mg	53	-	-
Chlorure	mg	59	-	-
Calcium	mg	40	-	120
Phosphore	mg	5,9	-	-
Magnésium	mg	1	-	-
Fer	mg	0,4	-	-
Zinc	mg	0,05	-	-
Cuivre	mg	0,005	-	-
Manganèse	mg	<0,06	-	-
Fluorure		2,9	-	-
Sélénium	µg	<5,9	-	-
Chrome	µg	<5,9	-	-
Molybdène	µg	13	-	-
Iode	µg		-	-
Autres nutriments				
Choline	mg	22	-	-
Inositol	mg	3,3	-	-
Taurine	mg	5,3	-	-
L-carnitine	mg	1,1	-	-
Nucléotides	mg	2,5	-	-
Fibres	g	-	<0,5	<0,5

Les protéines de riz possèdent une valeur biologique médiocre, c'est pourquoi l'ajout de trois acides aminés indispensables (la lysine, la thréonine et le tryptophane) est nécessaire. Cette supplémentation n'étant pas réalisée dans les boissons végétales de riz, les nourrissons les consommant ont très souvent de sérieuses carences protéiques. (30)

La présence d'arsenic dans l'enveloppe du riz inquiétait les pédiatres, mais les dosages réalisés sur les préparations n'ont pas révélé de présence d'arsenic au-delà des limites acceptables, probablement parce que l'enveloppe du riz est enlevée lors de la fabrication des préparations. (30)

Ces substituts existent en PPN et en PDS et partagent les mêmes indications que les hydrolysats poussés de protéines de lait de vache. Certaines marques ont même une formule épaissie avec de l'amidon et de la caroube ce qui leur confère la dénomination « AR » (Anti-Régurgitation) (Modilac Riz AR®). (30) (tableau 1.13)

Tableau : 1.13 Compositions nutritionnelles des formules à base d'hydrolysats de protéines de riz (aliments diététiques destinés à des fins médicales) adaptées au régime en cas d'allergie aux protéines de lait de vache (France juin 2018)

	Énergie, pour 100 mL		Protéines (g)		Lipides (g)		Glucides (g)	
	kcal	kJ	Pour 100 kcal	Pour 100 mL	Pour 100 kcal	Pour 100 mL	Pour 100 kcal	Pour 100 mL
Modilac Riz 1 (Sodilac)	68	284	2,4	1,6	5,1	3,4	11,3	7,6
Modilac Riz 2 (Sodilac)	68	286	2,9	2	4,5	3,1	11,9	8,1
Modilac Riz AR 1 (Sodilac)	68	285	2,35	1,6	5	3,4	11,2	7,6
Modilac Riz AR 2 (Sodilac)	67	280	2,86	1,9	4,5	3	11,8	7,9
Modilac Riz Croissance (Sodilac)	68	285	2,47	1,7	4,5	3,1	12,3	8,4
Novalac Riz (Novalac)	69	290	2,6	1,8	5	3,4	11	7,6

En cas d'APLV, ces préparations sont prescrites d'emblée ou en seconde intention après une difficulté d'acceptabilité des hydrolysats poussés de protéines de lait de vache, notamment chez les enfants plus âgés, car leur goût est moins désagréable que celui des hydrolysats poussés de protéines du lait de vache. (30)

Chez les nourrissons allergiques ou sains, plusieurs études ont démontré une bonne tolérance et une bonne croissance staturo-pondérale. (18) Ainsi, l'étude de Girardet, *et al*. montre une croissance normale chez le nourrisson sain non allergique recevant une PPN à base d'hydrolysat de protéines de riz (selon les standards de croissance de l'OMS). En effet cette étude démontre un gain de poids moyen de 23,2g (standards : 22,2g). En ce qui concerne la consistance des selles, elle reste normale. De plus une baisse des troubles digestifs est retrouvée au fur et à mesure de l'instauration de la nutrition à l'aide de ces produits. (18)

La quantité de protéines de cette formule est moindre que celle des laits animaux, proche de celle du lait maternel. Aussi, l'analyse électrophorétique d'un hydrolysat de protéines de riz confirme l'absence de protéines intactes dans la formule. Ces caractéristiques entrainent une réduction importante de l'allergénicité de cette formule à base d'hydrolysat de protéines de riz et justifie son utilisation chez les enfants souffrant d'APLV. (33)

Ces préparations permettent d'avoir une alternative thérapeutique aux hydrolysats de protéines de lait de vache chez les enfants allergiques, mais aussi répondent à une certaine demande de familles qui souhaitent utiliser des PPN à base de protéines végétales en dehors de toute APLV. La grande qualité et la faible allergénicité de la protéine de riz la rend bien

adaptée à ces indications, sous réserve de supplémenter la fraction protéique en lysine, thréonine et L-tryptophane pour obtenir un aminogramme se reprochant le plus possible de celui du lait maternel. (18,33,34)

3.3.2.2 Les hydrolysats de protéines de soja

Contrairement aux jus de soja (improprement appelés « laits » de soja) qui ne sont pas adaptés aux nourrissons, les préparations à base de protéines de soja quant à elles couvrent les besoins essentiels de l'enfant. La composition des préparations à base de protéines de soja (PPNPS) répond aux critères définis par les directives 91/321/CEE et 96/4/CEE de la commission de la Communauté Européenne. (48)

Les préparations à base de protéines de soja ont été initialement utilisées aux Etats-Unis au début des années 1990 comme substitut au lait de vache. Leur consommation y aurait doublé au cours des dix dernières années, atteignant environs 25% de la consommation des laits infantiles. En France, la consommation est moindre : 0,5% des PPN et des PDS en 1998, 2,1% en 2003. En 2016 en France seul Modilac Expert Soja® existait encore en officine. (48)

En France, la prescription de ces laits restait très prudente. En effet, des allergies croisées avec les protéines du lait de vache existent : en moyenne de 8 à 14%, ces chiffres peuvent monter jusque 60% dans certaines étude. (35,36)
De plus, ces laits sont riches en phyto-estrogènes (apport de 6 à 9 mg/kg/j). Ces isoflavones présentes de façon naturelle dans le soja induiraient des effets sur le développement et le fonctionnement neuro-endocrinien et immunitaire des nourrissons. (35) En effet de nombreux travaux montrent que les phyto-estrogènes peuvent avoir des effets délétères chez l'animal, en particulier sur le développement des organes sexuels et de la fertilité. Les phyto-estrogènes présentent une similitude structurale avec l'oestradiol. Ceux apportés par l'alimentation sont principalement les isoflavones. Les isoflavones ont plusieurs effets :

- activation des récepteurs des estrogènes ;
- effets non génomiques mal évalués : blocage des facteurs de croissance, modification du métabolisme des estrogènes, antioxydant, action sur la synthèse des hormones thyroïdiennes. (48)

Les aliments à base de soja constituent la principale source de phyto-estrogènes chez l'homme. Il est donc important d'évaluer les niveaux d'apports en phyto-estrogènes contenus dans les aliments à base de soja que peuvent consommer les nourrissons et jeunes enfants ainsi que les risques éventuellement encourus. (48) Parmi les aliments à base de soja, les PPNPS sont les seules dont la composition est adaptée aux besoins des nourrissons et des enfants de moins de 3 ans (enrichissement en zinc, méthionine, carnitine, fer). Pendant de longues années elles étaient les seuls aliments diététiques utilisables chez les

nourrissons qui ne toléraient pas le lactose, le lait de vache, après une diarrhée aiguë, ou par APLV. Au jour d'aujourd'hui, ces formules infantiles à base de soja ne sont plus utilisées en France. D'après la société française de pédiatrie, les PPNPS n'ont aucune place dans la prévention des manifestations allergiques chez le nourrisson à risque. (48)

La sécurité des PPNPS par rapport aux fonctions reproductives et endocriniennes a été évaluée par Vandenplas *et al*. (50). Les études et essais cliniques publiés jusqu'au milieu de l'année 2013, dans lesquels le développement sexuel des enfants nourris aux PPNPS ont été comparés aux enfants nourris au sein ou avec d'autres PPN, ont été analysés. Les analyses ont conduit les auteurs à conclure que, bien que certaines différences entre les groupes puissent être détectées, les effets à long terme des isoflavones sur les fonctions reproductives des êtres humains étaient marginaux et cliniquement non pertinents.
Il a été démontré en particulier que chez les enfants exposés aux isoflavones au cours de la vie fœtale ou de la petite enfance étaient observées :

- une augmentation modeste du tissu mammaire à 2 ans,
- une anticipation de la survenue des premières règles (4 mois),
- une période menstruelle plus longue (9 heures),
- une gêne menstruelle plus importante (légèrement augmentée).

Cependant, l'augmentation du tissu mammaire était considérée comme un phénomène transitoire car elle n'était que la conséquence d'un déclin plus lent du sein infantile. Des problèmes de reproduction plus graves ont été exclus. (50)

- *Effets sur le système reproducteur*

La sécurité à long terme de l'alimentation aux PPNPS a également été confirmée par la preuve que, lorsqu'une évaluation complète des caractéristiques du système reproducteur a été réalisée dans les études analysées, les troubles de reproduction les plus graves n'ont pas été confirmés. Par exemple, dans l'étude de Strom *et al.* dans lesquels seuls des problèmes menstruels subtils ont été mis en évidence, d'autres signes ou symptômes de toxicité des PPNPS sur le système reproducteur, y compris les premiers maux de tête et la puberté, la modification de la durée du cycle, la sévérité du flux menstruel, les menstruations irrégulières ou manquées, la sensibilité des seins et l'infertilité, ne sont pas détectés. (51)

De plus, ces preuves semblent minimiser la pertinence clinique des études qui ont révélé que les nourrissons nourris au PPNPS avaient des changements cytologiques vaginaux compatibles avec l'exposition aux œstrogènes.

Selon Harlig *et al*., l'analyse à l'échelle de l'épigénome a suggéré des différences de méthylation du gène riche en proline 5 (PRR5L) entre les nourrissons nourris au lait de soja et ceux nourris au lait de vache. Le pyroséquençage dans les deux groupes d'alimentation a

révélé que les niveaux de méthylation divergeaient progressivement avec l'âge, les différences ponctuelles devenant statistiquement significatives après 126 jours.
Selon l'étude, les filles nourries aux formules de soja ont altéré la méthylation de l'ADN dans l'ADN des cellules vaginales qui peut être associée à une diminution de l'expression d'un gène sensible aux œstrogènes. (52)

En revanche plusieurs autres études n'ont pas trouvé d'effets toxiques significatifs des isoflavones sur le système reproducteur. Les volumes des bourgeons mammaires, de l'utérus, des ovaires, de la prostate et des testicules ont été mesurés chez les garçons et les filles nourris aux PPNPS et comparés à 4 mois (53) et 5 ans (54). Dans les deux cas, aucunes preuves n'ont été objectivées selon lesquelles l'alimentation en PPNPS pourrait exercer un effet oestrogénique à court et/ou long terme sur les organes reproducteurs.
Une récente étude cas-témoins imbriquée portant sur des enfants âgés de 7,8 à 10,5 ans dont les habitudes alimentaires étaient prospectivement suivies de la naissance à 3 ans n'a montré aucun lien entre la puberté et la nutrition infantile. (55) L'absence d'influence des PPNPS sur le développement sexuel des enfants mâles a été confirmée par des études qui n'ont montré aucun risque d'hypospadias (56) ou de gynécomastie (57), qui sont tout aussi fréquents chez les nourrissons de sexe masculin nourris avec une PPN.

- *Effet sur la fonction thyroïdienne*

Conrad *et al.* ont étudié le rôle du régime alimentaire dans le conditionnement de la fonction thyroïdienne chez les enfants atteints d'hypothyroïdie congénitale et ont constaté que les patients nourris aux PPNPS étaient significativement différents des témoins sur les caractéristiques suivantes :

- délai de normalisation de la TSH (thyroid stimulating hormone**),**
- pourcentage d'augmentation de la TSH à 4 mois,
- pourcentage d'augmentation de la TSH au cours de la première année de vie,
- tendance globale de la TSH à chaque visite (61).

Ces résultats ont conduit à la conclusion que, bien que les nourrissons atteints d'hypothyroïdie congénitale nourris aux PPNPS reçoivent un traitement de remplacement normal, ils ont toujours besoin d'une surveillance étroite des mesures de la thyroxine et de la TSH et peuvent avoir besoin d'augmenter les doses de levothyroxine pour atteindre des tests de fonction thyroïdienne normaux.

Une évaluation globale de l'impact des PPNPS sur le développement humain semble suggérer que leur utilisation n'est pas associée à des anomalies pertinentes. L'influence négative des isoflavones, qui a été démontrée à plusieurs reprises chez les animaux en développement, n'a pas été mise en évidence avec la même pertinence chez l'homme. Seuls les enfants atteints d'hypothyroïdie congénitale peuvent avoir des problèmes et nécessiter une remodulation des doses des hormones thyroïdiennes permettant de les stabiliser.

C'est pourquoi l'ANSES recommande par prudence d'éviter l'apport d'isoflavones chez les enfants de moins de 3 ans compte tenu des incertitudes actuelles sur les effets de ces molécules sur le long terme, et d'autant plus que le soja est lui même responsable d'allergie. (35) Les préparations de soja n'étaient pas recommandées comme moyen de prise en charge d'une APLV, mais plutôt comme une alternative de prévention de la pathologie. (48)

3.3.3 Les jus ou « laits » végétaux

Sur le marché et notamment dans les magasins bio, il existe des boissons végétales appelées à tort « laits ». Cette appellation peut être à l'origine de confusion pour les nouveaux parents qui souhaitent fournir à leur enfant une alimentation végétalienne. Ces boissons sont promues par la « mode » de l'alimentation « naturelle » en remplacement des produits lactés, y compris dans l'alimentation infantile, notamment chez les enfants de moins de trois ans en remplacement d'un allaitement ou des PPN. Ces boissons représentent toutefois un risque non négligeable pour la santé des nourrissons dont il faut informer les parents.

En effet au cours de la dernière décennie, la consommation de lait de vache par habitant a progressivement diminué parallèlement à une disponibilité et une consommation accrues de boissons végétales. (62) Les boissons non laitières continuent de montrer une tendance à la hausse dans les pays occidentalisés. Les aliments étiquetés comme naturels sont perçus comme le choix nutritionnel le plus sain et le plus approprié par la plupart des consommateurs. (59,60)
Ces boissons sont des extraits liquides de légumineuses, d'oléagineux, de céréales et de pseudo-céréales qui simulent l'apparence et la consistance des laits animaux. (63) Cependant, selon le règlement 1308/2013, il n'est pas possible d'utiliser le terme « lait » pour les boissons végétales. Seul ce qui est obtenu par la traite peut être appelé « lait » ; ainsi, à l'exception du lait d'amande et de noix de coco, tous les autres produits doivent être appelés « boisson ».
Selon la définition, les substituts de lait végétal sont des suspensions ou émulsions colloïdales comprenant des matières végétales dissoutes et désintégrées : celles-ci sont traditionnellement préparées en broyant différentes matières premières en suspension puis en les filtrant pour éliminer les particules plus grosses (63). Les boissons végétales peuvent être classées en quatre catégories:

- à base de céréales (avoine, riz, maïs, épeautre);
- à base de légumineuses (soja, arachide, lupin, niébé);
- à base de noix (amande, noix de coco, noisette, tournesol);
- à base de pseudo-céréales (quinoa, teff, amarante).

En ce qui concerne les propriétés nutritionnelles, les caractéristiques de ces boissons sont différentes de celles liées au lait de vache ou au lait maternel (tableau 1.13). Il n'est pas encore clair si leur consommation peut être associée à un effet bénéfique sur la santé, mais il est bien connu qu'une substitution inadéquate des PPN ou du lait de vache (après la première année de vie) avec ces BV (boissons végétales) peut être liée à des lacunes nutritionnelles importantes (rachitisme, retard de croissance) au Kwashiorkor et au rachitisme. (63)

La boisson de soja :

Communément appelée à tort lait de soja, elle contient beaucoup moins de glucides et de graisses que le lait de vache. Par conséquent, elle a une valeur énergétique moindre. L'apport en protéines est également plus faible. En ce qui concerne le profil lipidique, il contient de faibles niveaux d'AG saturés, alors qu'il représente une bonne source de gras *trans*. Cette boisson contient des isoflavones probablement responsables des effets bénéfiques du soja contre les maladies cardiovasculaires et l'ostéoporose ; les phytostérols sont largement reconnus pour leurs propriétés hypocholestérolémiantes. (59) La boisson de soja représente un déficit en calcium et en vitamine B12 ; pour cette raison ces micronutriments sont souvent donnés en complément de son utilisation. Ses avantages reposent sur l'absence de lactose et de cholestérol, une valeur nutritive élevée, et une meilleure qualité protéique par rapport aux autres boissons végétales ainsi qu'une haute digestibilité. Cependant les boissons de soja ne doivent pas être utilisées chez les jeunes enfants et chez les personnes allergiques aux protéines de soja.

Le « lait » d'amande :

Par rapport au lait de vache, le « lait » d'amande contient moins de protéines, tandis que la quantité d'hydrates de carbone et de graisses est quasiment comparable à celle du lait de vache. Il renferme moins d'AG saturés mais plus d'AG *trans*. Il contient de bons niveaux de vitamine E et de manganèse. Il constitue aussi une riche source de potassium, magnésium, de fer, de sélénium, de cuivre et de zinc. Ce profil nutritionnel le rend impropre comme seul aliment du régime alimentaire d'un bébé. S'il est donné comme substitut du lait, il sera essentiel d'ajouter des micronutriments comme le calcium et la B12, en fonction des besoins croissants de l'enfant. Les avantages du lait d'amande sont son pouvoir hypocholestérolémiant et ses caractéristiques prébiotiques potentielles. Généralement cette boisson est meilleure sur le plan nutritionnel que les autres boissons végétales mais elle comporte aussi des inconvénients, comme la prévalence des allergies aux noix et le prix élevé qui en limite la consommation. (59) Malgré ses caractéristiques, il ne peut être

considéré comme un substitut de lait mais comme une boisson à donner aux enfants pendant le goûter.

La boisson de riz :

Elle est riche en sucres simples, donc l'énergie est facilement disponible. Elle contient un niveau de graisse inférieur à celui des autres boissons et renferme principalement des AGPI et AGMI (Acides Gras MonoInsaturés). Concernant la teneur en protéines, la boisson de riz possède la plus faible quantité de protéines par rapport aux autres boissons végétales. Les niveaux de certains micronutriments comme le calcium, le magnésium et le fer sont comparables à ceux du lait de vache, tandis que la boisson de riz contient plus de vitamines A et E. Une brève mention doit être faite concernant l'utilisation incorrecte de cette boisson chez les nourrissons atteints d'APLV, car les parents ne sont souvent pas conscients de la différence fondamentale entre une formule infantile à base de riz et la boisson de riz, qui peut avoir des effets importants sur la croissance et le développement (tableau 1.12). En outre, des niveaux élevés d'arsenic ont été détectés dans les boissons à base de riz utilisées par les enfants, comme l'a récemment souligné l'ESPGHAN (pas dans les formules à base d'hydrolysat de protéines de riz), raison pour laquelle il est recommandé d'éviter la consommation de boissons à base de riz chez les bébés et les jeunes enfants. (64)

Le « lait » de coco :

Ce « lait » a une teneur élevé en matières grasses, c'est donc une boisson à haute valeur énergétique. Elle contient en particulier de l'acide hyaluronique et de faibles niveaux d'acides gras *trans*. En contrepartie, elle a une faible teneur en glucide et en fibres mais des niveaux élevés en potassium, magnésium, fer et zinc, avec une bonne quantité de vitamines E et C. (63)

Tableau 1.13 : Comparaison nutritionnelle entre le lait de vache et les boissons végétales sélectionnées*

	Whole Cream Cow's Milk (FAO/IEO)	Soy-Based Beverages (IEO)	Coconut Milk (IEO)	Almond Milk (IEO)	Rice-Based Beverages (USDA)
Energy, kcal	62	32	236	56	47
Total Proteins (g)	3.3	2.9	2.3	1.3	0.28
Total Fats (g)	3.3	1.9	23.8	3.3	0.97
Cholesterol (mg)	11	0	0	0	0
Available Carbohydrates (g)	4.7	0.8	3.3	5.5	9.17
Total Dietary Fibres (g)	0	0	2.2	0.8	0.3
Water (g)	87.8	89.7	67.6	89.2	89.28
Fatty Acids					
Total Saturates (g)	2.11	0.21	21.14	0.28	0
Lauric Acid, (g)	0.11		10.58	0	
Myristic Acid, (g)	0.37		4.18	0	
Palmitic Acid, (g)	0.92		2.02	0.21	
Stearic Acid, (g)	0.39		1.23	0.06	
Total Monounsaturates (g)	1.1	0.33	1.01	2.37	0.625
Oleic Acid (g)	0.93	0.32	1.01	2.34	
Total Polyunsaturates (g)	0.12	0.83	0.26	0.65	0.313
Linoleic Acid (g)	0.07	0.73	0.26	0.63	
Linolenic Acid (g)	0.05	0.1	0	0.02	
Micronutrients					
Calcium (mg)	112	13	16	14	118
Sodium (mg)	42	32	15	1	39
Potassium (mg)	145	120	263	47	27
Magnesium (mg)	11		37	16	11
Iron (mg)	0.1	0.4	1.6	0.2	0.2
Zinc (mg)	0.4	0.2	0.67	0.16	0.13
Vitamin A (µg)	37	1	0	0	63
β-carotene (µg)	16		0	0	
Total Folates (µg)	8.5	19	16	3	2
Vitamin B12 (µg)	0.5		0	0	0.63
Vitamin B6 (µg)	0.04	0.07	0.03	0.1	0.04

* Reference: European Institute of Oncology (IEO); Food Composition Database for Epidemiological Studies in Italy (BDA); Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO); U.S. Department of Agriculture (USDA).

Le but ici est de démontrer par la lecture de plusieurs études si ces boissons végétales sont un réel danger pour les jeunes enfants, de comparer la nutrition spécialisée des nourrissons avec une éventuelle boissons végétales avec un allaitement ou des PPN classiques et d'observer si des maladies nutritionnelles sont associées à un type spécifique de boisson végétale.

Une étude française sur les conséquences nutritionnelles de l'utilisation des jus végétaux chez le nourrisson a montré que 55,8% des nourrissons observés ont été hospitalisés en raison d'une complication liée à la consommation de BV. (37) Parmi eux, 29,4 % ont présenté un événement grave en rapport avec des carences nutritionnelles. Un ralentissement de la croissance est constaté dans 82,3% des cas et une dénutrition dans 55,8%. Soixante pourcents des nourrissons suivis avaient une anémie (hémoglobine < 10 g/dL), 55% une hypoalbunémie (< 35 g d'albuminémie/L,) et 40% une hyponatrémie (< 134 mmol de Na^+/L). L'âge médian de début de consommation de jus dans cette étude est de 4 mois (extrêmes 1-12 mois) et le risque d'hospitalisation est surtout présent chez les enfants exposés avant l'âge de 4 mois.

En conclusion, cette étude montre que la consommation de jus végétaux chez le nourrisson expose à des complications nutritionnelles pouvant engager le pronostic vital et ce d'autant plus que leur administration est précoce. (37)

Une autre étude française (38) faite au CHU de Lyon entre 2008 et 2011 montre aussi des troubles inquiétants sur 4 cas d'enfants nourris à base de jus végétaux (Tableau 1.14). L'utilisation de BV chez les nourrissons peut causer rapidement des carences ou des déséquilibres hydroélectrolytiques. En effet, en quelques semaines des troubles graves apparaissent. Selon cette étude, le diagnostic clinique est compliqué du fait de la diversité des syndromes présentés par les enfants. (38)

Tableau 1.14 : Syndromes de 4 cas de nourrissons alimentés à l'aide jus végétaux. (38)

Cas 1	Cas 2
- Syndrome de Kwashiorkor - Hypoalbuminémie (7g/L) - Décompensation oedémato-ascitique - Complications dermatologiques - Complications infectieuses	- Hémoglobinémie (35 g/L) par carence en fer (férritinémie à 1 µg/L) - Carence en vitamine B12 (143 ng/L n= 189-883ng/L) - Souffrance tissulaire avec hyperlactacidémie (3,15 mmol/L n = 0,5 à 1,7 mmol/L).
Cas 3	**Cas 4**
- dégradation rapide de la fonction respiratoire par hypoventilation - alcalose métabolique (pH 7,7) - bicarbonatrémie (48 mmol/L) - pO_2 abaissée (24,5 mmHg) - troubles ioniques	- somnolence révélatrice de troubles ioniques - hyponatrémie (96 mmol/L) - hypokaliéme (1,5 mmol/L) - pneumopathie hypoxémiante - acidose respiratoire (pH = 7,28) - état de mort apparente

Durant cette étude les deux premiers cas ont eu une évolution favorable après introduction d'un lait de croissance, une restauration de l'état antérieur sous préparation de suite avec gastrostomie à 19 mois pour le troisième cas. En ce qui concerne le 4ème cas, une inflammation et une lymphopénie sont retrouvées, ainsi qu'une dénutrition, mais aussi un état de mal convulsif sur méningite bactérienne avec hydroencéphalie majeure. Malgré un traitement adapté, l'enfant est décédé deux mois plus tard. Dans ce 4ème cas, l'enfant en état de mort apparente était atteint d'une encéphalopathie anoxo-ischémique convulsivante secondaire à la naissance. Bien qu'il soit rentré au domicile avec un régime normal (PPN classique), les parents ont décidé de changer le lait pour des jus de châtaignes, soja, noisette et amande.

Une étude espagnole, quant à elle, a comparé les compositions de plusieurs BV (164 boissons) entre elles, mais aussi avec celles du lait de vache, des PPN classiques et des PPNPS. Les supplémentations en vitamine D, calcium et autres nutriments ont aussi été comparées et sont recensées dans le tableau 1.15. (66)

Tableau 1.15 : Composition nutritionnelle des boissons à base de plantes, du lait de vache et composition recommandée des préparations à base de soja et des préparations pour nourrissons (66)

Plant-based	Number of brands	Kcal/100 ml (range)	Carbohydrates g/100 ml (range)	Fats g/100 ml (range)	Proteins g/100 ml (range)	Protein energy/Total energy (%)	Supplemented (n)			
							Calcium	Vitamin D	Other minerals	Other vitamins
Soy	54	46.7 ± 13.1 (27-80.7)	4.3 ± 2.9 (0.1-11.8)	1.8 ± 0.4 (0.9-2.9)	3.1 ± 0.4 (2.1-3.8)	28.3 ± 6.9 (20.0-42.0)	43	23	2	25
Rice	24	56.8 ± 6.3 (47-68)	11.5 ± 1.5 (9.4-14.2)	0.9 ± 0.1 (0.8-2)	0.3 ± 0.2 (0.1-0 .8)	2.4 ± 1.4 (0.8-6.4)	8	5	0	2
Almond	22	40.2 ± 14.3 (25-74)	4.4 ± 2.5 (0.1-10.5)	2.0 ± 0.6 (1.1-2.8)	0.8 ± 0.3 (0.3-1.6)	8.0 ± 2.5 (4.3-12.3)	11	5	1	5
Oat	31	45.3 ± 8.3 (30-60)	7.5 ± 1.7 (4.4-11)	1.1 ± 0.4 (0.5-1.8)	0.9 ± 0.3 (0.3-1.4)	8.3 ± 3.1 (3.3-13.7)	16	9	0	5
Coconut	6	33.8 ± 15.1 (15-53)	4.3 ± 2.5 (2-9.1)	1.8 ± 1.1 (0.1-3.3)	0.2 ± 0.2 (0.1-0.5)	3.0 ± 1.9 (1.2-6.3)	2	2	0	2
Miscellaneous	12	48.1 ± 10.2 (29-65)	6.0 ± 3.0 (2.2-10.5)	2.2 ± 0.8 (1-3.6)	0.7 ± 0.3 (0.4-1.1)	6.4 ± 2.6 (5.5-7.1)	1	2	0	1
Mixed	15	61.3 ± 13.0 (36-90)	10.7 ± 2.7 (5.2-14.5)	1.6 ± 0.7 (0.8-3.1)	0.6 ± 0.4 (0.3-1.8)	4.5 ± 3.3 (2.5-10.4)	1	0	0	0

	Kcal/100 ml	Carbohydrates g/100 ml	Fats g/100 ml	Proteins g/100 ml	Protein energy/Total energy (%)
Cow's milk (8)	60-70	4.5-5.0	3.5-4.0	3.2	18.2-21.3
Soy infant formula (2)	60-70	5.8-9.1	2.8-3.9	1.5-1.9	7.4-10.6
Infant formula (2)	60-70	5.8-9.1	2.8-3.9	1.2-1.9	7.4-10.6

Concernant les BV, une grande variabilité en termes de composition et de supplémentation peut être notée ainsi que de nombreuses différences avec le lait de vache et les PPN.

Les boissons à base de riz étaient les plus riches en énergie, bien que leur valeur moyenne soit inférieure à la valeur minimale des PPN ou du lait de vache (60 kcal/100ml) tandis que les autres BV n'atteignent pas 50 kcal/100ml. L'analyse globale de toutes les BV montre que celles au soja avaient la plus forte teneur en protéines. Cependant, la valeur nutritionnelle de la protéine de soja est limitée par les teneurs basses en méthionine et en cystéine.

En ce qui concerne les glucides, dans la plupart des BV, plus de 70% sont des sucres. Selon le règlement européen sur l'étiquetage nutritionnel, les sucres comprennent les monosaccharides et les disaccharides mais pas les polyols ni l'amidon. (67) Les PPN pour les enfants de moins de 6 mois ne doivent pas contenir de fructose ou de saccharose. (68) En revanche, les BV ne contiennent pas de lactose. Le lactose est considéré comme ayant des propriétés prébiotiques ; il induit également un ramollissement des selles et une amélioration de l'absorption du calcium. (68) À cet égard, la proposition de l'EFSA de 2014 recommande que les PPN contiennent au moins 4,5g/100 kcal de lactose. (69)

En ce qui concerne les graisses, seules les boissons au soja avaient une nette prédominance d'AGPI mais leur teneur globale en matières grasses était très faible par rapport à la teneur recommandée dans les PPN (2,8 g/ 100 ml). Dans les boissons aux amandes, les graisses prédominantes étaient des AGMI, tandis que dans les boissons à base de noix de coco, les AG saturés étaient prédominants. Dans tous les cas, la teneur moyenne en matières grasses était inférieure à celle des préparations pour nourrissons et du lait de vache. (67)

En ce qui concerne les minéraux, le zinc, le magnésium et le fer sont liés dans les BV par des phytates présents dans toutes les graines ce qui réduit leur biodisponibilité. (70)
Les traitements pour préparer les BV tels que l'écaillage, le blanchiment, le broyage à chaud et le traitement à ultra-haute température pourraient entraîner une perte de vitamines (63). Par conséquent, l'ajout de minéraux et de vitamines après ce traitement est important. Sur les 164 BV de la présente étude, du calcium et/ou de la vitamine D ont été ajoutés dans plus de la moitié des boissons, d'autres minéraux et vitamines ont été ajoutés dans seulement 43 cas.

Selon plusieurs études, les troubles les plus souvent associés à la consommation de BV au soja chez les jeunes enfants sont le rachitisme et le retard de croissance ainsi que l'anémie ferriprive. (65,71,72) Les raisons principales d'une introduction de ces BV sont une APLV et que cela convenait mieux à l'enfant selon les parents. (Annexe 5)

En ce qui concerne les manifestations cliniques secondaires à l'utilisation des BV à base de riz, les informations sur 17 cas sont fournies dans l'annexe 6. (60,65,73,74) La principale conséquence nutritionnelle enregistrée dans ce cadre est la malnutrition protéique ou kwashiorkor, signalée dans 14 des 17 cas, avec des données cliniques d'hypoalbuminémie, d'œdème et d'éruption cutanée. Dans la majorité des cas, ces BV ont été données pour suspicion d'APLV.

Les manifestations cliniques secondaires à l'utilisation de BV aux amandes chez les jeunes enfants sont présentées dans l'annexe 7. Sur les dix cas signalés (60,75,76,77,78), une alcalose métabolique a été notée dans trois. Les BV à base d'amandes peuvent également être responsables d'un rachitisme sévère (79), qui peut être accompagné d'une hypocalcémie provoquant des convulsions.

Tableau 1.16 : Types de boissons végétales chez les nourrissons et risque de maladie nutritionnelle (66)

Plant-based beverage	Primary associated nutritional disease	Other associated disease
Soy	Rickets	Failure to thrive
Rice	Kwashiorkor	Failure to thrive Anemia
Almond	Metabolic alkalosis	Rickets Hyperoxaluria Scurvy

Selon la littérature les BV sont des alternatives inappropriées au lait maternel, aux PPN ou au lait de vache dans les premières années de vie car leurs apports en calories, en protéines, en matières grasses, en lactose et en vitamines sont faibles.
Selon la revue de la littérature, la consommation quasi exclusive de tout type de BV est associée à un type spécifique de maladie (tableau 1.16). Ainsi, les boissons au soja sans supplément de vitamines ou de minéraux provoquent principalement le rachitisme et le retard de croissance. Les boissons au riz causent principalement le kwashiorkor, associé à un retard de croissance ou à l'anémie. Les boissons aux amandes peuvent provoquer une alcalose métabolique grave, bien que des cas de rachitisme, d'hyperoxalurie ou de scorbut aient également été signalés.

La croissance et la maturation des nourrissons et enfants en bas âge sont dépendantes de la qualité de leur alimentation. Une erreur nutritionnelle à cette période peut causer en quelques semaines des infections, des troubles neurologiques ou métaboliques favorisés par la dénutrition ou les carences, voire des dommages à long terme encore mal évalués car peu d'études ont été réalisées sur le sujet.
Un rôle de prévention et d'information des parents par les différents professionnels de santé dont le pharmacien d'officine est nécessaire pour limiter ce type de pratique. Ces maladies évitables souvent causées par des parents bien intentionnés mais mal renseignés, doivent être signalées au dispositif de nutrivigilance. Ces comportements doivent dans les cas graves faire l'objet d'une information préoccupante voire d'un signalement judiciaire, comme pour le cas de conseil par des naturopathes…
En cas de suspicion d'APLV, il convient d'encourager les praticiens à documenter ce diagnostic afin d'éviter les régimes restrictifs injustifiés. En cas de méfiance vis-à-vis des préparations industrielles, il est important de promouvoir l'allaitement maternel pour éviter le recours à des boissons inadaptées.

Une réglementation vis-à-vis des boissons végétales devrait mentionner clairement qu'en aucun cas ces boissons ne sont recommandées en alternative aux laits infantiles.

3.3.4 Vers une diversification alimentaire

La diversification commence entre le 4ème et 6ème mois de vie dans l'alimentation du nourrisson (annexes 8 et 9). C'est une étape importante, elle doit être faite très progressivement, les aliments doivent être introduits doucement et au rythme de l'enfant. Elle est profondément influencée par les habitudes de vie de la famille et le milieu socio-culturel.

En effet les parents des enfants APLV doivent être attentifs à l'introduction des nouveaux aliments. Cependant certains parents végétaliens veulent imposer à leurs enfants un régime identique au leur. Durant une période importante dans la croissance de l'enfant, un régime sans protéines animales est-il possible après la période de nutrition lactée exclusive ?

3.3.4.1 Diversification chez l'enfant allergique aux protéines de lait de vache

Comme vu précédemment, l'OMS recommande un allaitement maternel exclusif pendant les six premiers mois de vie, et la poursuite de l'allaitement jusqu'à deux ans, voire au-delà (1). Cet allaitement permet notamment à la naissance de prévenir les éventuelles APLV. (36)
Il existe un autre moment de la vie de l'enfant où l'on peut agir : c'est le moment de la diversification alimentaire. Auparavant, il était recommandé chez les enfants allergiques de retarder la diversification et donc l'introduction des aliments à risque après l'âge de 6 mois (36). Les recommandations actuelles reposent sur la notion de « fenêtre de tolérance » entre 4 et 6 mois, qui est idéale pour l'introduction d'aliment à risque dans le but d'induire une tolérance. (5,36)

Le nourrisson présentant une allergie alimentaire bénéficie des mêmes règles de diversification qu'un enfant sans allergie alimentaire tout en évitant l'aliment auquel il est allergique jusqu'à l'âge habituel de guérison spontanée, le cas échéant, de son allergie alimentaire. Pour le lait, ce taux de guérison est estimé à 80% à l'âge de 3 ans. (41)

En cas d'APLV, il est nécessaire de mettre en place un régime d'éviction non seulement des protéines de lait de vache mais également de tous les produits dérivés du lait (fromage, crème, beurre), et du lait de chèvre et de brebis, jusqu'à l'âge de 9 à 12 mois. Comme vu précédemment, en ce qui concerne l'alimentation lactée l'enfant bénéficiera d'un hydrolysat extensif de protéines, d'un mélange d'AA, ou d'un hydrolysat de protéines de riz. En cas d'allaitement bien toléré, l'idéal est de le poursuivre le plus longtemps possible. Il sera demandé à la maman de faire elle-même un régime d'éviction des PLV avec un enrichissement en calcium. Les viandes de bœuf et de veau bien cuites sont habituellement tolérées chez les enfants APLV. Quelques rares enfants, présentant une allergie à la sérum albumine, peuvent ne pas tolérer ces viandes et celles-ci doivent alors être exclues de l'alimentation jusqu'à guérison de l'APLV. (41)

3.3.4.2 Une diversification végétalienne est-elle possible chez le nourrisson ?

Les régimes végétaliens bien planifiés, lorsqu'ils sont basés sur une grande variété d'aliments végétaux et excluent tous les dérivés animaux, peuvent fournir une nutrition adéquate à toutes les étapes de la vie, y compris la grossesse, l'allaitement, la petite enfance et

l'enfance (81). Aux États-Unis, 1% des enfants âgés de 8 à 18 ans seraient végétaliens, de même que 3,4% de la population américaine totale (82,83).

Bien que souvent formulés en termes de vecteurs de carences, les régimes végétaliens sont en réalité riches en une grande variété d'aliments: céréales, légumineuses, légumes, fruits, noix et graines, graisses végétales, herbes et épices (81,84). Des préoccupations concernant les régimes végétaliens pendant la grossesse, l'allaitement, la petite enfance et l'enfance sont apparues, mais cela était dû au fait que, bien que classés comme «végétaliens», les sujets étudiés suivaient des régimes restrictifs ne respectant pas tous les critères nécessaires pour définir le régime comme étant bien planifié. Ces critères (84,85) sont les suivants:

- Consommer de grandes quantités et une grande variété d'aliments végétaux, en mettant l'accent sur la consommation d'aliments entiers ou peu transformés : un régime végétalien peut être adéquat sur le plan nutritionnel lorsqu'il répond aux besoins en calories, renferme une variété d'aliments riches en nutriments, principalement non transformés, appartenant à toute la plante. La seule exception étant en fin de grossesse, pendant l'enfance et la petite enfance, lorsque les fibres doivent être limitées ;
- Limiter la quantité de graisses végétales, afin de ne pas remplacer les nutriments par les graisses. Choisir les graisses végétales avec soin, en consommant de bonnes sources d'AGPI oméga-3 et d'AGMI, tout en évitant les AG *trans* et les huiles tropicales (noix de coco, palme) afin de souligner l'efficacité de la voie métabolique oméga-3. La seule exception concerne l'enfance et la petite enfance, lorsque les graisses ne doivent pas être limitées mais soigneusement choisies ;
- Consommer suffisamment de calcium et faire attention au statut en vitamine D : de bonnes sources de calcium doivent être obtenues en augmentant l'apport d'aliments riches en calcium provenant de sources végétales. À l'inverse, comme aucun régime ne peut fournir des quantités suffisantes de vitamine D, les recommandations de supplémentation pour la vitamine D sont les mêmes que pour la population générale ;
- Consommer des quantités adéquates de vitamine B12 : l'apport de sources fiables de vitamine B12 est fondamental pour un régime végétalien bien planifié, car le statut en vitamine B12 peut être compromis, au fil du temps, chez tous les sujets végétaliens qui ne le complètent pas.

3.3.4.3 Régime végétalien pendant l'enfance et la petite enfance

Plusieurs sociétés scientifiques ont publié leur position sur les régimes végétariens/végétaliens et sont favorables à des régimes végétaliens complets pendant la grossesse, l'allaitement, la petite enfance et l'enfance, tant qu'ils sont bien planifiés (81,82,86,87,88).

La croissance des enfants d'âge préscolaire, des enfants et des adolescents végétaliens se situe dans la fourchette normale (89,90), à l'exception de ceux qui suivent un régime macrobiotique restrictif, dont les taux de croissance sont réduits (91). Les enfants suivant un régime végétalien peuvent présenter un risque moindre de développer une obésité (92), sont moins exposés aux antibiotiques vétérinaires présents dans les aliments d'origine animale (93) et présentent un profil adipokine anti-inflammatoire plus favorable (94).

Les recommandations disponibles concernant les nutriments qui peuvent être essentiels dans un régime végétalien pendant la petite enfance et l'enfance en raison d'exigences plus élevées et de conditions physiologiques particulières seront détaillées dans ce paragraphe. (81,82,86,87)

- *Les protéines*

Les besoins en protéines peuvent être facilement satisfaits avec un régime végétalien qui comprend une variété d'aliments végétaux et qui répond aux besoins en calories. Les haricots, les céréales, les noix, les graines et les légumes à feuilles vertes sont une bonne source de protéines dans les régimes végétaliens. Les pseudo-céréales (sarrasin, quinoa et amarante), les lupins, les épinards et les graines de chanvre renferment tous les AA essentiels dans une proportion similaire à celle des aliments animaux, et leur consommation doit être encouragée. Néanmoins, la présence de facteurs antinutritionnels et de fibres est responsable d'une digestibilité plus faible des protéines végétales (en moyenne environ 85%), et lorsque les besoins en protéines sont particulièrement élevés, comme pendant la petite enfance et l'enfance, certaines précautions sont nécessaires. (95)

De 6 à 12 mois, le lait maternel ou les PPN sont de bonnes sources de protéines en plus des aliments solides qui sont introduits progressivement, et de 1 à 17 ans, un régime végétalien peut fournir des protéines adéquates, même si les ANC augmentent de 15%, comme le suggèrent certains auteurs (86,95,96). Ces besoins en protéines sont donc facilement atteints et parfois dépassés dans un régime végétalien. Les nourrissons et les jeunes enfants, dont le petit estomac ne peut pas contenir de grandes quantités de nourriture et dont la masse musculaire totale est limitée ainsi que l'efficacité du pool d'AA, peuvent bénéficier de la consommation de différentes sources végétales de protéines à chaque repas, ou au moins de consommer différents sources de protéines végétales à des intervalles inférieurs à 6 h. En plus des aliments végétaux riches en protéines mentionnés ci-dessus, pendant les premiers mois de vie, le lait maternel et les PPN à base d'hydrolysat de riz fournissent une bonne quantité de protéines. Seules les PPN sont recommandées pour les nourrissons végétaliens, et l'utilisation de préparations maison (à base de jus végétaux et de céréales) est fortement

déconseillée, car elle a été associée à des problèmes nutritionnels chez les nourrissons (voir 3.3.3). (95)

Les fibres

Les fibres sont abondantes dans les aliments d'origine végétale et ne peuvent pas être digérées par les enzymes humaines dans le tube digestif. Les fibres insolubles augmentent le volume des aliments ingérés. En interférant avec l'absorption des protéines et des graisses et en augmentant le volume total des aliments, les fibres diminuent la densité calorique des repas. Elles favorisent également la satiété, qui survient plus tôt après les repas en contenant. Un excès de fibres, limitant l'apport alimentaire et calorique, peut toutefois être préjudiciable chez les plus jeunes. (95)

Ainsi, les repas des nourrissons végétaliens jusqu'à l'âge de 12 mois doivent être aussi pauvres en fibres que possible via l'utilisation de grains raffinés, haricots pelés et en purée ou haricots bien cuits passés au tamis, par exemple. Les fruits et légumes en purée doivent être privilégiés. Une attention particulière à la teneur en fibres doit également être apportée au cours de la deuxième année de vie, car la vitesse de croissance est encore élevée. (95)

- *Les acides gras oméga-3*

Les régimes végétaliens bien planifiés doivent satisfaire les besoins en oméga-3 pendant les premières années de vie (96). Les bonnes sources végétales d'oméga-3 comprennent les graines de lin et l'huile de lin, les graines de chia et les noix. Une portion d'aliments riches en oméga-3 fournit environ 2,5 g d'ALA (96), à partir desquels les AGPI eicosapentaénoïque / docosahexaénoïque (EPA / DHA) sont ensuite synthétisés. Pour maintenir un rapport optimal oméga-6 / oméga-3 et favoriser la conversion de l'ALA en AGPI, les huiles de graines riches en oméga-6, en AG *trans* (comme certaines margarines) et les huiles tropicales (noix de coco, palmier et palmiste) riches en les graisses saturées doivent être évitées ou fortement limitées. Un apport insuffisant d'énergie, de protéines et de micronutriments peut également altérer la synthèse de l'EPA et du DHA (84). Pendant les phases délicates de la petite enfance, lorsque le processus de conversion de l'ALA peut ne pas suivre les besoins accrus en DHA, il faut insister sur les recommandations qui conseillent l'adjonction d'une source supplémentaire de DHA préformé (95).

Les graisses ne doivent pas être limitées dans la petite enfance, mais plutôt soigneusement sélectionnées afin d'obtenir un rapport optimal oméga-6 / oméga-3. Le lait des femmes suivant un régime végétalien bien équilibré et les PPN sont une bonne source d'acides gras oméga-3 (96). Les enfants végétaliens de 6 à 12 mois doivent continuer à recevoir du lait maternel ou des PPN sur demande et à consommer 1 à 2 portions par jour d'aliments riches en oméga-3, de préférence sous forme d'huile de lin, qui ne contient pas de fibres. Les

enfants végétaliens à partir de 1 an devraient répondre à leurs besoins en oméga-3 en consommant quotidiennement 2 portions d'aliments riches en oméga-3. Choisir au moins une portion d'huile de lin par jour au lieu des autres sources d'oméga-3 végétales contenant des fibres aide à réduire la teneur globale en fibres de l'alimentation si nécessaire. Les besoins en DHA sont plus élevés pendant la petite enfance, car le DHA participe au développement de la rétine et des neurones. Un supplément quotidien de 100 mg de DHA est suggéré pour tous les enfants, y compris les végétaliens. (95)

- *Le fer*

La teneur en fer des régimes végétaliens est plus élevée que dans les régimes lacto-ovo-végétariens ou omnivores. Cependant, ce fer se trouve sous forme non héminique, qui peut être absorbée de manière plus variable que le fer sous forme héminique présent dans la viande, le poisson et leurs dérivés (biodisponibilité de 1 à 34% et de 15 à 35% , respectivement). À l'inverse, seule l'absorption du fer non héminique est soumise à une régulation homéostatique, qui peut protéger les mangeurs végétaux d'une surcharge en fer, facteur de risque de maladies cardiométaboliques. Les facteurs alimentaires et les pratiques de cuisson peuvent influencer l'absorption du fer non héminique. La vitamine C et d'autres acides organiques (par exemple, l'acide citrique, l'acide malique), le carotène et le rétinol augmentent la biodisponibilité du fer non héminique. Le trempage des haricots et des céréales, le levain acide, la fermentation et la germination augmente tous la biodisponibilité du fer non héminique en réduisant les phytates, qui sont des agents séquestrants du fer. (84,95)

Tous les nourrissons sont à risque de carence en fer, ils devraient donc recevoir des aliments solides complémentaires riches en fer (88). Les nourrissons végétaliens peuvent compter sur les céréales infantiles enrichies en fer, les haricots en purée et décortiqués, et le beurre de noix et de graines pour atteindre un apport optimal en fer (88). Le germe de blé peut être ajouté à l'alimentation en purée pour augmenter la teneur en fer des repas des nourrissons, et une source de vitamine C, comme quelques gouttes de jus de citron, peut améliorer l'absorption du fer. Les fibres doivent être limitées, car elles peuvent altérer l'absorption du fer. Les enfants végétaliens de plus d'un an devraient inclure de bonnes sources de fer (grains entiers, légumineuses, légumes à feuilles vertes, noix et graines) à chaque repas, ainsi qu'une source de vitamine C ou d'autres acides organiques, tels que jus de citron ou fruit. Dans ce groupe d'âge, il est également conseillé de prêter attention aux procédures de cuisson et aux techniques de préparation des aliments qui diminuent la teneur en phytates de l'alimentation. (95)

- *Le zinc*

Les céréales, les légumineuses, les noix et les graines sont de bonnes sources végétales de zinc (84). Cependant, tout comme pour le fer, l'absorption du zinc peut être altérée par la teneur en phytates et en fibres de ces aliments. La levure nutritionnelle est une bonne source de zinc et sa consommation est appréciée des végétaliens. La présence d'aliments riches en zinc et vitamine C ou autres acides organiques (c'est-à-dire des fruits) dans le même repas augmente l'absorption du zinc (95).

De 6 à 12 mois, le lait maternel et les préparations de suite sont de bonnes sources de zinc (84). Des aliments riches en zinc devraient être proposés à chaque repas (légumineuses, beurres de noix et de graines) [32]. Limiter la teneur en fibres du régime alimentaire pour les enfants jusqu'à 24 mois en choisissant des produits raffinés ou en les supprimant manuellement (éplucher les haricots et filtrer les fruits et légumes) augmente l'absorption du zinc. La consommation quotidienne d'une grande variété d'aliments végétaux peut répondre aux recommandations d'apport en zinc chez les enfants plus âgés, et son absorption peut être améliorée par la présence simultanée de sources de vitamine C et d'acides organiques dans un repas. La levure nutritionnelle peut être répartie sur les repas des enfants (par exemple, les pâtes, les soupes) comme source supplémentaire de zinc.

- *Le calcium*

Les besoins en calcium peuvent être satisfaits dans un régime végétalien en choisissant des aliments végétaux riches en calcium (84). Il s'agit notamment de la plupart des légumes à feuilles vertes pauvres en oxalates, des légumes crucifères, des graines de sésame, des amandes, des laits végétaux enrichis et des yaourts à base de plantes, du soja, du tempeh, du tofu à base de calcium et des figues sèches (96). Le calcium de l'eau a une biodisponibilité élevée (23,6% à 47,5%), donc l'eau du robinet (moyenne de 100 mg de Ca/L) et l'eau minérale riche en calcium (300–350 mg/L) peuvent également aider les végétaliens à couvrir leurs besoins quotidiens (96). L'apport en calcium n'est pas le seul déterminant d'une densité de masse osseuse optimale : un faible apport alimentaire en sodium et en phosphore, l'exercice et un état optimal en vitamine D et B12 affectent également positivement la minéralisation osseuse (95).

Les nourrissons végétaliens satisfont la plupart de leurs besoins en calcium grâce au lait maternel ou au PPN.
Chez les enfants végétaliens, 3 à 5 portions d'aliments riches en calcium par jour suffisent pour répondre aux besoins. (95)

- *La vitamine D*

Le statut en vitamine D dépend davantage de l'exposition au soleil et de la supplémentation que de l'apport alimentaire. Si des facteurs de risque de faible synthèse endogène de vitamine D sont présents, comme une peau pigmentée, une faible exposition au soleil ou un sujet vivant aux latitudes nordiques, une supplémentation doit être envisagée chez tous les sujets, éventuellement après avoir évalué les taux sériques de 25-OH vitamine D. La vitamine D2 et la vitamine D3 sont toutes deux efficaces pour maintenir des niveaux optimaux de vitamine D à des doses faibles à moyennes (600 à 4 000 UI), qui sont celles recommandées pour le maintien d'un statut optimal en vitamine D dans cette population. (95)

Le lait maternel et les préparations de suite ne suffisent pas à prévenir une carence en vitamine D chez les nourrissons. Tous, y compris les nourrissons végétaliens, devraient recevoir l'équivalent de 400 UI de vitamine D par jour tout au long de leur première année de vie pour prévenir le rachitisme et la carence en vitamine D plus tard dans la vie. Un contrôle régulier de l'homéostasie calcique (25-OH vitamine D, Parathormone, calcium et phosphore) est nécessaire jusqu'à ce que la normalisation des taux sériques de 25-OH vitamine D se produise après la supplémentation. (95)

- *La vitamine B12*

Une quantité suffisante de vitamine B12 ne peut être trouvée dans les aliments d'origine végétale (81, 84). Les aliments fermentés et les algues ne peuvent pas être considérés comme des sources fiables de vitamine B12. La consommation d'aliments enrichis en B12 dans les régimes végétaliens est parfois suggérée comme un moyen d'assurer un bon apport quotidien en vitamine B12 (81). Ces produits, cependant, ne sont pas toujours disponibles, et, même lorsqu'ils le sont, ils doivent être consommés trois fois par jour afin de fournir des quantités adéquates de vitamine B12 (84). Par conséquent, la suggestion que tous les végétaliens répondent à leurs exigences en matière de B12 grâce à la supplémentation a été faite. Un état nutritionnel en B12 normal est respecté si les taux sanguins d'holo-transcobalamine II sont supérieur à 45 pmol/L, le sMMA (Methylmalonic acid) <271 nmol / L et le HCY (Homocystéine) <10 µmol / L. La mesure du taux de vitamine B12 totale sérique est la méthode la plus courante et la plus répandue pour définir le statut B12 et doit être considérée comme optimale au-dessus de 360 pmol/L si l'holo-transcobalamine II n'est pas disponible, car jusqu'à ce niveau il n'y a pas d'augmentation des marqueurs de carence fonctionnelle en B12 (84,95).

La complémentation en vitamine B12 des nourrissons végétaliens devrait commencer dès le début de la diversification
de l'alimentation, vers l'âge de 6 mois car, avec l'introduction d'aliments solides, la quantité de vitamine B12 fournie par le lait maternel ou les PPN diminue. La quantité de B12 à apporter quotidiennement varie avec l'âge (6).

Tableau 1.17 : les besoins quotidiens en vitamine B12 (100)

Population cible	Âge	Genre	AS
Enfants	1-3 ans	Filles et garçons	1,5 µg/jour
Enfants	4-6 ans	Filles et garçons	1,5 µg/jour
Enfants	7-10 ans	Filles et garçons	2,5 µg/jour
Enfants	11-14 ans	Filles et garçons	3,5 µg/jour
Enfants	15-17 ans	Filles et garçons	4 µg/jour
Nourrissons	7-11 mois	Filles et garçons	1,5 µg/jour
Adultes	≥ 18 ans	Femmes et hommes	4 µg/jour
Femmes enceintes	≥ 18 ans		4,5 µg/jour
Femmes allaitantes	≥ 18 ans		5 µg/jour

D'après l'*European Food Safety Authority* 2018.

Dans le cas d'une carence en B12 chez les nourrissons et les enfants, aucun protocole de supplémentation n'existe à ce jour. Par conséquent, un schéma de supplémentation orale a été proposé par certains auteurs (tableau 1.17), qui dépend de l'âge de l'enfant et des niveaux réels de B12 sérique, afin de garantir la quantité quotidienne de B12 absorbée correspondant à 5 fois l'AJR (Apport Journalier Recommandé) (100). La supplémentation en B12 devrait alors se poursuivre afin de maintenir des niveaux optimaux de B12. Les taux sériques de vitamine B12 et d'acide folique doivent être contrôlés au plus tôt 6 à 8 mois après le début de la supplémentation.

Tableau 1.18 : Proposition d'un programme de supplémentation orale pour la carence en vitamine B12 chez les femmes enceintes et allaitantes, les nourrissons et les enfants (95)

	Serum B12 < 75 pmol/L	Serum B12 between 75 and 150 pmol/L	Serum B12 between 150 and 220 pmol/L	Serum B12 between 220 and 300 pmol/L
Pregnant and lactating women	1000 µg/day for 4 months	1000 µg/day for 3 months	1000 µg/day for 2 months	1000 µg/day for 1 month
Children aged 6 months to 3 years	a daily single dose of 250 µg or 3 daily doses of 10 µg for 4 months	a daily single dose of 250 µg or 3 daily doses of 10 µg for 3 months	a daily single dose of 250 µg or 3 daily doses of 10 µg for 2 months	a daily single dose of 250 µg or 3 daily doses of 10 µg for 1 month
Children aged 4 to 6 years	500 µg 4 times/week for 4 months	500 µg 4 times/week for 3 months	500 µg 4 times/week for 2 months	500 µg 4 times/week for 1 month
Children aged 7 to 10 years	500 µg 6 times/week for 4 months	500 µg 6 times/week for 3 months	500 µg 6 times/week for 2 months	500 µg 6 times/week for 1 month
11 years and above	1000 µg/day for 4 months	1000 µg/day for 3 months	1000 µg/day for 2 months	1000 µg/day for 1 month

- *Planification des menus*

Le VegPlate est un guide alimentaire végétalien en forme d'assiette conçu pour respecter les apports nutritionnels de référence pendant la grossesse, l'allaitement, la petite enfance et l'enfance, tout en utilisant uniquement des aliments à base de plantes (figures 4 et 5). Pour chaque besoin calorique, il suggère le nombre de portions pour chaque groupe alimentaire (céréales, aliments riches en protéines, noix et graines, légumes, fruits et graisses) à inclure quotidiennement afin d'atteindre automatiquement un régime végétalien nutritionnellement adéquat. (95,96)

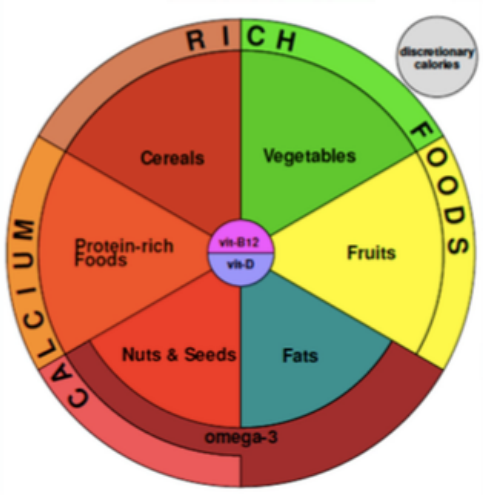


Figure 4 : La VegPlate (95)

Le VegPlate se compose de six principaux groupes d'aliments (céréales, aliments riches en protéines, noix et graines, légumes, fruits, graisses) plus les deux groupes transversaux d'aliments riches en calcium et en oméga-3. La vitamine B12 et la vitamine D sont mises en évidence au centre de l'assiette afin de souligner leur importance dans un régime végétal bien planifié.

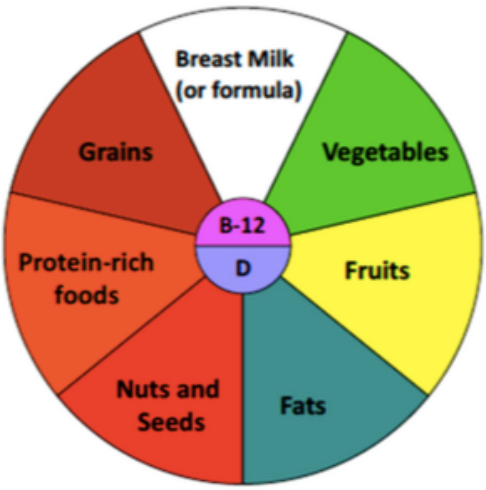


Figure 5 : La VegPlate pour les nourrissons (6 à 12 mois) (99).

Au cours de la mise en place de la diversification alimentaire entre 6 et 12 mois, le lait maternel ou la préparation de suite fournit toujours la plupart des besoins en énergie, en calcium et en acides gras oméga-3, et il constitue le septième groupe de la VegPlate des nourrissons (figure 5). La vitamine B12 et la vitamine D sont toujours mises en évidence au centre de l'assiette.

Les régimes végétaliens peuvent donc répondre aux besoins nutritionnels et être un choix approprié pour toutes les étapes de la vie, y compris la grossesse, l'allaitement, la petite enfance et l'enfance, à condition qu'ils soient bien planifiés. En effet, les problèmes survenus chez des sujets excluant tous les composants animaux de leur alimentation étaient liés à l'incomplétude de l'alimentation et donc aux carences nutritionnelles. Dans le passé, cela était dû à la catégorisation des régimes restrictifs (c'est-à-dire le régime macrobiotique en particulier) dans les régimes végétaliens. Aujourd'hui, des cas isolés de malnutrition chez les enfants végétaliens ont été liés presque exclusivement à l'inadéquation du régime alimentaire proposé au nourrisson ou au manque de supplémentation en B12. (95)
Un régime végétalien bien planifié est complet lorsqu'il suit tous les critères qui le définissent comme adéquat :

- la consommation d'une variété d'aliments végétaux tout au long de la journée est encouragée, et aucun groupe d'aliments d'origine végétale n'est exclu;
- l'attention est concentrée sur les nutriments potentiellement critiques, à savoir ceux qui ne peuvent pas être automatiquement fournis par la variété des aliments consommés. En particulier pendant la grossesse, l'allaitement, la petite enfance et l'enfance, les nutriments essentiels comprennent les protéines, les acides gras oméga-3, le fer, le zinc, l'iode et le calcium. (95)

Les femmes enceintes et allaitantes et les parents végétaliens doivent être conscients des sources alimentaires de ces nutriments et des techniques de préparation des aliments et des pratiques de cuisson qui améliorent leur biodisponibilité. Si l'exposition au soleil est insuffisante ou inefficace, des suppléments de vitamine D sont nécessaires pour maintenir un état optimal de vitamine D. Il n'y a pas de sources fiables de vitamine B12 dans les aliments végétaux ; une supplémentation en B12 est de ce fait obligatoire pour tous les végétaliens. (95)

En raison de l'augmentation rapide de la popularité des régimes végétaliens, les professionnels de la santé doivent être conscients des caractéristiques d'un régime végétalien complet afin de conseiller correctement leurs patients. Les régimes végétaliens limitant l'apport énergétique, excluant un ou plusieurs groupes alimentaires, ne prêtant pas attention aux nutriments essentiels ou au statut en vitamine D, et ne complétant pas la vitamine B12 ne peuvent pas être considérés comme bien équilibrés et sont susceptibles d'avoir des conséquences dangereuses pour la santé. Le non-respect de ces

recommandations peut exposer ces sujets vulnérables à un risque évident de carences nutritionnelles. C'est pourquoi en cas de régime végétalien chez un nourrisson après 6 mois il est nécessaire d'être en contact avec un spécialiste de la nutrition.

Conclusion

Au jour d'aujourd'hui, l'alimentation naturelle et notamment les régimes végétaliens sont en émergence dans les pays développés. De plus, l'alimentation des nourrissons est un réel questionnement pour les parents. En effet, ces derniers sont de plus en plus nombreux à se tourner vers une alimentation végétalienne pour leurs nourrissons, que ce soit pour des raisons médicales (APLV) ou éthiques. L'allaitement maternel est sans aucun doute le meilleur moyen de nourrir correctement son enfant jusqu'à l'âge de la diversification alimentaire. Celui-ci est tout à fait adapté aux besoins du nourrisson. Cet aliment évolutif qui permet à lui seul de couvrir entièrement les besoins nutritionnels du nourrisson de la naissance à 6 mois en assurant un développement optimal.

En ce qui concerne les alternatives végétaliennes, il est nécessaire que le pharmacien oriente les parents vers les PPN à base d'hydrolysats de riz qui est la seule option envisageable pour les nourrissons. Les boissons végétales ne sont pas adaptées, voire même dangereuses en cas de nutrition exclusive des nourrissons avec celles-ci. En effet ces boissons ne comblent en aucun cas les besoins nutritionnels du nourrisson.

En tant que professionnel de santé de proximité, il est de notre ressort d'informer les parents qui souhaitent s'orienter vers ce type d'alimentation. En effet une erreur de nutrition pendant cette période de la vie peut être dramatique, c'est pourquoi c'est notre rôle de pharmacien d'orienter les parents vers une alimentation sûre pour leurs nourrissons et plus tard leurs enfants. Le pharmacien peut aussi orienter les parents vers un spécialiste de la nutrition et de l'enfance (nutritionniste, pédiatre) car s'ils le désirent, selon la littérature, il sera possible d'adopter un régime végétalien à partir de 6 mois.

Références bibliographiques

(1) « Alimentation du nourrisson et du jeune enfant ». OMS, 16 février 2018. https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/infant-and-young-child-feeding.

(2) « OMS | Nourrisson, nouveau-né ». OMS. Consulté le 24 avril 2019. http://www.who.int/topics/infant_newborn/fr/.

(3) Larousse, Éditions. « Définitions : nourrisson - Dictionnaire de français Larousse ». Larousse. Consulté le 29 avril 2019. https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/nourrisson/55113.

(4) Cézard J.P, Hugot J.P, Faure C, et Schmitz J. « Maturation des fonctions digestives ». In *Alimentation de l'enfant en situation normale et pathologique* 2nd ed. Doin editeurs., 45‑58. Pierre Cochat, 2012.

(5) Arsan A, Mosser F, Dartois A.M, et du Fraysseix M. « Besoins nutritionnels ». In *Alimentation de l'enfant de la naissance à 3 ans*, 5e ed, 1‑20. Doin editeurs, 2011.

(6) Darlman C, et Gassier J. « Les besoins nutritionnels de l'enfant ». In *Guide de l'Alimentation : De la naissance à l'adolescence*, 2‑17. Elsevier Masson, 2011.

(7) Lokombe Léké A, Mullié C. « Nutrition du nourrisson et diversification alimentaire ». *Cah. Nutr. Diététique*. novembre 2004. Vol. 39, n°5, p. 349 - 359.

(8) Dabadie, A. « Alimentation de l'enfant », 1999. http://exp.gen.free.fr/SOIREES/DOCS/pediatrie/aliment/pages/pedia_alim.htm

(9) « VITAMINE K1 ROCHE 2 mg/0,2 ml NOURRISSONS : un nouveau schéma posologique réduit à 3 doses ». VIDAL. Consulté le 25 juin 2019. https://www.vidal.fr/actualites/14117/

(10) Campeotto F, Waligora-Dupriet A.J, Doucet-Populaire F, Kalach N, Dupont C, et Butel M.J. « Mise En Place de La Flore Intestinale Du Nouveau-Né ». In *Gastroentérologie Clinique et Biologique* 31, no 5 (1 mai 2007): 533‑42. https://doi.org/10.1016/S0399-8320(07)89424-3.

(11) Bernard M, Colson S, Gremmo-feger G, Pauchet-Traversat A.F. « Allaitement maternel, mise en oeuvre et poursuite dans les 6 premiers mois de vie de l'enfant » [En ligne]. ANAES [Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé], 2002. Consulté le 30 novembre 2019. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/Allaitement_rap.pdf

(12) « Les Enquêtes Nationales Périnatales ». EPOPé. Consulté le 18 août 2019. http://www.xn--epop-inserm-ebb.fr/grandes-enquetes/enquetes-nationales-perinatales.

(13) Polonovski C. in « *Nutrition et renutrition en pratique pédiatrique. » Paris* Expansion scientifique française, 1992

(14) Rizk C. « *Allergies alimentaires des enfants* ». J.Lyon. Paris 2008, s. d.

(15) Soulaines P, et Dupont C. « Le régime alimentaire de l'enfant souffrant d'allergie aux protéines du lait de vache ». *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 53, n° 6 (1 décembre 2018): 332‑40. https://doi.org/10.1016/j.cnd.2018.09.005.

(16) EL Ayoubi L, et Comte F. « Les conséquences des régimes végétariens et végétaliens pendant la grossesse et la lactation, sur la femme enceinte, le fœtus, le nouveau-né et le nourrisson ». *La Revue Sage-Femme* 17, n° 2 (1 avril 2018): 54‑62. https://doi.org/10.1016/j.sagf.2018.01.004.

(17) Wagnon, J, B. Cagnard, L. Bridoux-Henno, Y. Tourtelier, J. -Y. Grall, et A. Dabadie. « Allaitement maternel et végétalisme ». *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction* 34, n° 6 (1 octobre 2005): 610‑12. https://doi.org/10.1016/S0368-2315(05)82888-1.

(18) Girardet J.P, M Rivero, J Orbegozo, T David, S Boulanger, A Moisson de Vaux, S Johnston, et V Marin. « Efficacité Sur La Croissance et Tolérance d'une Préparation Pour Nourrissons à Base de Protéines de Riz Hydrolysées ». *Archives de Pédiatrie* 20, n° 3 (1 mars 2013): 323‑28. https://doi.org/10.1016/j.arcped.2012.12.002.

(19) Vilain, A. « Les chiffres de l'allaitement en France d'après les certificats de santé ». Consulté le 18 octobre 2019. https://www.lllfrance.org/vous-informer/actualites/1825-les-derniers-chiffres-de-l-allaitement-en-france.

(20) Turck D. « Plan d'action : allaitement maternel ». *Médecine & Nutrition* 46, n° 3‑4 (2010): 25‑47. https://doi.org/10.1051/mnut/201030002.

(21) Hascoët J.M, Picard J.C, Lapillon A, Boithias Guerot C, Bolot P, et Saliba E. « Vitamine K Chez Le Nouveau-Né : Mise à Jour Des Recommandations ». *Archives de Pédiatrie* 24, n° 9 (1 septembre 2017): 902‑5. https://doi.org/10.1016/j.arcped.2017.06.017.

(22) Dalmas S. « la temperature chez l'enfant », 2005. https://www.jlar.com/Congres_anterieurs/JLAR2005/temp%20enfant.htm.

(23) Castel B, et Billeaud C. « Alimentation de la mère allaitante ». *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 52, n° 2 (1 avril 2017): 89‑93. https://doi.org/10.1016/j.cnd.2016.12.003.

(24) Tounian P, Javalet M, et Sarrio F. « 2 - Alimentation au biberon ». In *Alimentation de L'enfant de 0 a 3 Ans (Troisième Édition)*, édité par Patrick Tounian, Manon Javalet, et Françoise Sarrio, 19‑41. Paris: Elsevier Masson, 2017. https://doi.org/10.1016/B978-2-294-74853-0.00002-8.

(25) Owen C.G, Whincup P.H, Odoki K, Gilg J.A, Cook D.G. Effect of breast feeding in infancy on blood pressure in later life : systematic review and metaanalysis. Br Med J 2003 ; 327 : 1189-92.

(26) Owen, C.G, Whincup P.H, Odoki K, Gilg J.A, Cook D.G. Infant feeding and blood cholestérol : a study in adolescents and a systematic review. Pediatrics 2002 ; 110 : 597-608.

(27) De Boissieu D. L'allaitement et les laits « de régime » ont-ils un intérêt préventif ou curatif dans la prise en charge de la dermatite atopique de l'enfant ? Ann Dermatol Venereol

2005 ; 132 : 1S104-1S111.

(28) Branger B, Cebron M, Pichetot G, de Cornulier M. « Facteurs influançant la durée de l'allaitement maternel chez 150 femmes ». Arch Pediatr 1998 ; 5 : 489-96.

(29) Siorat V, Dory M, Raybaut C, Poisson N, et Paubel P. « Place du pharmacien hospitalier dans l'évaluation des laits destinés aux nourrissons ». *Le Pharmacien Hospitalier et Clinicien* 52, n° 2 (1 juin 2017): 186‑95. https://doi.org/10.1016/j.phclin.2016.12.004.

(30) Tounian P, Javalet M, Sarrio F. « 2 - Alimentation au biberon ». In *Alimentation de L'enfant de 0 a 3 Ans (Troisième Édition)*, édité par Patrick Tounian, Manon Javalet, et Françoise Sarrio, 19‑41. Paris: Elsevier Masson, 2017. https://doi.org/10.1016/B978-2-294-74853-0.00002-8.

(31) Olabi A, Levitsky D.A, Hunter J.B, Spies R, Rovers A.P, Abdouni L. « Food and Mood: A Nutritional and Mood Assessment of a 30-Day Vegan Space Diet ». *Food Quality and Preference* 40 (1 mars 2015): 110‑15. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.003.

(32) Dauchet L, et Yu Jin J. « Association entre régimes végétariens et pathologies chroniques : une approche épidémiologique ». *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 20 août 2019. https://doi.org/10.1016/j.cnd.2019.07.004.

(33) Addou S, Merzouk A, Brahim Chérifa A, Saidi D, et Khéroua O. « Prise en charge des enfants allergiques aux protéines de lait de vache par une formule infantile à base d'hydrolysat de riz ». *Revue Française d'Allergologie*, 7ème Congrès Francophone d'Allergologie, 52, n° 3 (1 avril 2012): 250‑51. https://doi.org/10.1016/j.reval.2012.02.009.

(34) Samia A, Brahim A.C, Kheroua O, et Saidi D. « Intérêt Des Formules Infantiles à Base de Riz Dans La Prise En Charge de l'allergie Aux Protéines Du Lait de Vache (APLV) ». *Revue Française d'Allergologie* 56, n° 3 (1 avril 2016): 302. https://doi.org/10.1016/j.reval.2016.02.123.

(35) Bocquet A, Bresson J.L, Briend A, JChouraqui, J.P, Darmaun D, Dupont C, Frelut M.L, et al. « Préparations pour nourrissons et préparations de suite à base de protéines de soja : données actuelles ». *Archives de Pédiatrie* 8, n° 11 (1 novembre 2001): 1226‑33. https://doi.org/10.1016/S0929-693X(01)00615-7.

(36) Rouelle C, Arion A, et Prevost V. « Prise en charge et prévention de l'allergie au lait de vache : contribution du pharmacien d'officine ». *Annales Pharmaceutiques Françaises* 75, n° 3 (1 mai 2017): 236‑44. https://doi.org/10.1016/j.pharma.2017.01.001.

(37) Lemale, J, Salaun J.F, Peretti N, Garcette K, Clouzeau H, Languepin J, Le Louer B, Dubern B, Assathiany R, et Tounian P. « Conséquences nutritionnelles de l'utilisation des jus végétaux chez le nourrisson de moins d'un an : étude multicentrique ». *Archives de Pédiatrie* 23, n° 5 (1 mai 2016): 544‑45. https://doi.org/10.1016/j.arcped.2016.02.044.

(38) Fourreau, D, Peretti N, Hengy B, Gillet Y, Courtil-Teyssedre S, Hess L, Loras-Duclaux I, et al. « Complications carentielles suite à l'utilisation de "laits" végétaux, chez des nourrissons de deux mois et demi à 14 mois (quatre cas) ». *La Presse Médicale*, Médicaments et personnes âgées, 42, n° 2 (1 février 2013): e37‑43. https://doi.org/10.1016/j.lpm.2012.05.029.

(39) G.F.H.G.N.P. « Diarrhée aiguë du nourrisson et de l'enfant ». Consulté le 23 janvier 2020. https://www.gfhgnp.org/recommandations-et-documents/diarrhee-aigue-nourrisson-de-lenfant/.

(40) Bidat, E. « L'allergie au lait de chèvre ou de brebis ». *Revue Française d'Allergologie*, 5ème Congrès Francophone d'Allergologie, 50, n° 3 (1 avril 2010): 128‑31. https://doi.org/10.1016/j.reval.2010.01.018.

(41) Juchet, A, Chabbert A, Pontcharraud R, Sabouraud-Leclerc D, et Payot F. « Diversification alimentaire chez l'enfant : quoi de neuf ? » *Revue Française d'Allergologie* 54, n° 6 (1 octobre 2014): 462‑68. https://doi.org/10.1016/j.reval.2014.05.003

(42) EL Ayoubi L., et Comte F. « Les conséquences des régimes végétariens et végétaliens pendant la grossesse et la lactation, sur la femme enceinte, le fœtus, le nouveau-né et le nourrisson ». *La Revue Sage-Femme* 17, n° 2 (1 avril 2018): 54‑62. https://doi.org/10.1016/j.sagf.2018.01.004.

(43) « Symptômes de l'intolérance au lactose ». Consulté le 21 février 2020. https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/intolerance-lactose/definition-symptomes.

(44) Battu, C. « L'accompagnement nutritionnel d'un patient présentant une intolérance au lactose ». *Actualités Pharmaceutiques* 56, n° 569 (1 octobre 2017): 55‑57. https://doi.org/10.1016/j.actpha.2017.07.011.

(45) « feuille_d_info_alimentation_et_intolerance_au_lactose_2013_2.pdf ». Consulté le 21 février 2020. http://www.sge-ssn.ch/media/feuille_d_info_alimentation_et_intolerance_au_lactose_2013_2.pdf.

(46) Chantry A, Monier I, et Marcellin L. « Allaitement maternel (partie 1) : fréquence, bénéfices et inconvénients, durée optimale et facteurs influençant son initiation et sa prolongation. Recommandations pour la pratique clinique ». *La Revue Sage-Femme* 15, n° 1 (1 février 2016): 41‑50. https://doi.org/10.1016/j.sagf.2016.01.003.

(47) Mariani A, Chalies S, Jeziorski E, Ludwig C, Lalande M, et Rodière M. « Conséquences de l'allaitement maternel exclusif chez le nouveau-né de mère végétalienne – À propos d'un cas ». *Archives de Pédiatrie* 16, n° 11 (1 novembre 2009): 1461‑63. https://doi.org/10.1016/j.arcped.2009.07.027.

(48) « Phyto-estrogènes et aliments à base de soja chez le nourrisson et l'enfant : la prudence est de mise ». *Archives de Pédiatrie* 13, n° 7 (1 juillet 2006): 1091‑93. https://doi.org/10.1016/j.arcped.2005.11.026.

(49) Goulet O. « La flore intestinale : un monde vivant à préserver ». *Journal de Pédiatrie et de Puériculture* 22, n° 3 (1 mai 2009): 102‑6. https://doi.org/10.1016/j.jpp.2009.03.007.

(50) Vandenplas Y, Castrellon P.G, Rivas R, Gutiérrez C.J, Garcia L.D, Jimenez J.E, et al. . « Safety of soya-based infant formulas in children ». Br J Nutr. (2014) 111:1340–60. 10.1017/S0007114513003942

(51) Strom B.L, Shinnar R, Ziegler EE, Barnhart K.T, Sammel M.D, Macones G.A, et al. "Exposure to soy-based formula in infancy and endocrinological and reproductive outcomes in young adulthood". JAMA (2001) 286:807–14. 10.1001/jama.286.7.807

(52) Harlid S, Adgent M, Jefferson WN, Panduri V, Umbach DM, Xu Z, et al. “Soy formula and epigenetic modifications: analysis of vaginal epithelial cells from infant girls in the IFED Study”. Environ Health Perspect. (2017) 125:447–52. 10.1289/EHP428

(53) Gilchrist J.M, Moore M.B, Andres A, Estroff J.A, Badger TM. “Ultrasonographic patterns of reproductive organs in infants fed soy formula: comparisons to infants fed breast milk and milk formula”. J Pediatr. (2010) 156:215–20. 10.1016/j.jpeds.2009.08.043

(54) Andres A, Moore M.B, Linam L.E, Casey P.H, Cleves M.A, Badger T.M. “Compared with feeding infants breast milk or cow-milk formula, soy formula feeding does not affect subsequent reproductive organ size at 5 years of age”. J Nutr. (2015) 145:871–5. 10.3945/jn.114.206201

(55) Sinai T, Ben-Avraham S, Guelmann-Mizrahi I, Goldberg MR, Naugolni L, Askapa G, et al. “Consumption of soy-based infant formula is not associated with early onset of puberty”. Eur J Nutr. (2018). 10.1007/s00394-018-1668-3.

(56) Paulozzi L.J. “International trends in rates of hypospadias and cryptorchidism”. Environ Health Perspect. (1999) 107:297–302. 10.1289/ehp.99107297

(57) Mendez M.A, Anthony M.S, Arab L. “Soy-based formulae and infant growth and development: a review”. J Nutr. (2002) 132:2127–30. 10.1093/jn/132.8.2127

(58) Fiocchi, A.,Schünemann H.J, Brozek J, Restani P, Beyer K, Troncone R, Martelli, A, Terracciano L, Bahna, S.L,Rancé, F, et al. « Diagnosis and Rationale for Action Against Cow’s Milk Allergy (DRACMA): A summary report”. *J. Allergy Clin. Immunol.* **2010**, *126*, 1119–1128.

(59) Singhal S, Baker R.D, Baker S.S. “A Comparison of the Nutritional Value of Cow’s Milk and Nondairy Beverages”. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **2017**, *64*, 799–805.

(60) Le Louer B, Lemale J, Garcette K, Orzechowski C, Chalvon A, Girardet J.P, Tounian, P. “Severe nutritional deficiencies in young infants with inappropriate plant milk consumption”. *Arch. Pediatr. Organe O*ff. *Soc. Fr. Pediatr.* **2014**, *21*, 483–488.

(61) Conrad SC, Chiu H, Silverman BL. “Soy formula complicates management of congenital hypothyroidism”. Arch Dis Child. (2004) 89:37–40. 10.1136/adc.2002.009365

(62) Fiocchi A, Schünemann H.J, Brozek J, Restani P, Beyer K.,Troncone R, Martelli A, Terracciano L, Bahna S.L, Rancé F, et al. « Diagnosis and Rationale for Action Against Cow’s Milk Allergy (DRACMA): A summary report”. *J. Allergy Clin. Immunol.* **2010**, *126*, 1119–1128. [

(63) Sethi S, Tyagi S.K, Anurag R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *J. Food Sci. Technol.* **2016**, *53*, 3408–3423.

(64) Hojsak I, Braegger C, Bronsky J, Campoy C, Colomb V, Decsi T, Domellöf M, Fewtrell M, Mis N.F, Mihatsch W, et al. « Arsenic in rice: A cause for concern”. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **2015**, *60*, 142–145.

(65) Carvalho N.F, Kenney R.D, Carrington P.H, Hall D.E. “Severe nutritional defi- ciencies in toddlers resulting from health food milk alternatives”. Pediatrics 2001;107:E46.

(66) Vitoria, Isidro. « The Nutritional Limitations of Plant-Based Beverages in Infancy and Childhood ». *Nutricion Hospitalaria* 34, n° 5 (24 octobre 2017): 1205‑14. https://doi.org/10.20960/nh.931.

(67) Regulation (EU)No.1169/2011oftheEuropeanParliamentandtheCouncil of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No. 1924/2006 and (EC) No. 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/ EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regu- lation (EC) No 608/2004.

(68) Koletzko B, Baker S, Cleghorn G, Neto UF, Gopalan S, Hernel l. "etal.Global Standard for the Composition of Infant Formula: Recommendations of an ESPGHAN Coordinated International Expert Group". J Pediatr Gastroenterol Nutr 2005;41:58-599.

(69) EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies). "Scientific opinion on the essential composition of infant and follow-on formu- lae". EFSA J 2014;12:3760(106). DOI: 10.2903/j.efsa.2014.3760.

(70) Sandberg AS, Carlsson NG, Svanberg U. Effect sofinositoltri-,tetra-,penta-, and hexaphosphates on in vitro estimation of iron availability. J Food Sci 2006;54:159-61.

(71) Fox AT, DuToit G, Lang A, Lack G. "Food allergy as a risk factor for nutritional rickets". Pediatr Allergy Immunol 2004;15:566-9.

(72) Imataka G, Mikami T, Yamanouchi H, Kano K, Eguchi M. "Vitamin D deficiency rickets due to soybean milk". J Paediatr Child Health 2004; 40:154-5.

(73) Massa G, Vanoppen A, Gillis P, Aerssens P, Alliet P, Raes M. "Protein malnu- trition due to replacement of milk by rice drink". Eur J Pediatr 2001; 160: 382-4.

(74) Mori F, Serranti D, Barni S, Pucci N, Rossi ME, De Martino M, et al. « A kwashiorkor case due to the use of an exclusive rice milk diet to treat atopic dermatitis". Nutr J 2015; 14:83.

(75) Vitoria I, López B, Gómez J, Torres C, Guasp M, Calvo I, et al. "Improper use of a plant-based vitamin C-deficient beverage causes scurvy in an infant". Pediatrics 2016; 137:e20152781.

(76) Fourreau D, Peretti N, Hengy B, Gillet Y, Courtil-Teyssedre S, Hess L, et al. "Pediatric nutrition: Severe deficiency complications by using vegetable beve- rages, four cases report". Presse Med 2013;42:e37-43.

(77) Kanaka C, Schütz B, Zuppinger KA. Risks of alternative nutrition in infancy: "A case report of severe iodine and carnitine deficiency". Eur J Pediatr 1992; 151:786-8.

(78) Ellis D, Lieb J. "Hyperoxaluria and genitourinary disorders in children ingesting almond milk products". J Pediatr 2015; 167:1155-8.

(79) Doron D, Hershkop K, Granot E. "Nutritional deficits resulting from an almond-based infant diet". Clin Nutr 2001; 20:259-61.

(80) Thorning T.K, Raben A, Tholstrup T, Soedamah-Muthu S.S, Givens I, Astrup A. "Milk and dairy products: Good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence". Food Nutr Res 2016; 60:32527.

(81) Melina V, Craig W, Levin S. "Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets". J. Acad. Nutr. Diet. 2016; 116:1970–1980. doi: 10.1016/j.jand.2016.09.025.

(82) The Vegetarian Resource Group How Many Adults in the US Are Vegetarian or Vegan? [(accessed on 9 December 2018)]; Available online: http://www.vrg.org/nutshell/Polls/2016_adults_veg.htm.

(83) The Vegetarian Resource Group How Many Youth Are Vegetarian? [(accessed on 9 December 2018)]; Available online: http://www. vrg.org/press/youth_poll_2010.php.

(84) Agnoli C, Baroni L, Bertini I, Ciappellano S, Fabbri A, Papa M, Pellegrini N, Sbarbati R, Scarino M.L, Siani V. et al. « Position paper on vegetarian diets from the working group of the Italian Society of Human Nutrition". Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. 2017; 27:1037–1052. doi: 10.1016/j.numecd.2017.10.020.

(85) Baroni L. "Vegetarianism in food-based dietary guidelines". Int. J. Nutr. 2015;2:49–74. doi: 10.14302/issn.2379-7835.ijn-14-588.

(86) Amit M. "Vegetarian diets in children and adolescents". Paediatr. Child Health. 2010;15:303–314.

(87) American Academy of Pediatrics Commiteee on Nutrition . Nutritional Aspects of Vegetarian Diets. In: Kleinman R.E., Greer F.R., editors. Pediatric Nutrition. 7th ed. American Academy of Pediatrics; Itasca, IL, USA: 2013. pp. 241–244.

(88) Fewtrell M, Bronsky J, Campoy C, Domellöf M, Embleton N, Fidler Mis N, Hosjak I, Hulst J.M, Indrio F, Alexandre L, et al. "Complementary Feeding: A Position Paper by the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (ESPGHAN)" Committee on Nutrition. J. Pediatr. Gatroenterol. Nutr. 2017;64:119–132. doi: 10.1097/MPG.0000000000001454.

(89) Sanders T.A, Purves R. "An anthropometric and dietary assessment of the nutritional status of vegan preschool children". J. Hum. Nutr. 1981;35:349–357.

(90) Sanders T.A. "Growth and development of British vegan children". Am. J. Clin. Nutr. 1988;48:822–825. doi: 10.1093/ajcn/48.3.822.

(91) Van Dusseldorp M, Arts I.C, Bergsma J.S, De Jong N, Dagnelie P.C, van Staveren W.A. "Catch-up growth in children fed a macrobiotic diet in early childhood". J. Nutr. 1996;126:2977–2983. doi: 10.1093/jn/126.12.2977.

(92) Sabaté J, Wien M. "Vegetarian diets and childhood obesity prevention". Am. J. Clin. Nutr. 2010;91:1525S–1529S. doi: 10.3945/ajcn.2010.28701F.

(93) Wang H, Tang C, Yang J, Wang N, Jiang F. Xia Q, He G, Chen Y, Jiang Q. "Predictors of urinary antibiotics in children of Shanghai and health risk assessment". Environ. Int. 2018;121:507–514. doi: 10.1016/j.envint.2018.09.032.

(94) Ambroszkiewicz J, Chełchowska M, Rowicka G, Klemarczyk W, Strucińska M, Gajewska J. "Anti-Inflammatory and Pro-Inflammatory Adipokine Profiles in Children on Vegetarian and Omnivorous Diets". Nutrients. 2018;10:1241. doi: 10.3390/nu10091241.

(95) Baroni L, Goggi S, Battaglino R, Berveglieri M, Fasan I, Filippin D, Griffith P, et al. « Vegan Nutrition for Mothers and Children: Practical Tools for Healthcare Providers ». *Nutrients* 11, n° 1 (20 décembre 2018). https://doi.org/10.3390/nu11010005.

(96) Baroni L, Goggi S, Battino M. VegPlate: "A Mediterranean-Based Food Guide for Italian Adult, Pregnant, and Lactating Vegetarians". J. Acad. Nutr. Diet. 2017 doi: 10.1016/j.jand.2017.08.125.

(97) Harmsen H.J, Wildeboer-Veloo A.C, Raangs G.C, *et al. "*Analysis of intestinal flora development in breast-fed and formula-fed infants by using molecular identification and detection methods" J Pediatr Gastroenterol Nutr, 30 (2000), pp. 61-67

(98) « Du nouveau en 2020 pour les laits infantiles ». Consulté le 23 mars 2020. https://www.lamutuellegenerale.fr/le-mag-sante/enfant/du-nouveau-en-2020-pour-les-laits-infantiles.html.

(99) Baroni L, Goggi S, et Battino M. « Planning Well-Balanced Vegetarian Diets in Infants, Children, and Adolescents: The VegPlate Junior ». *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 119, n° 7 (1 juillet 2019): 1067‑74. https://doi.org/10.1016/j.jand.2018.06.008.

(100) Guyader M, et Garçon L. « Les vitamines B9 et B12 : rôle métabolique, étiologies et conséquences des carences, méthodes d'exploration et recommandations nutritionnelles ». *Revue Francophone des Laboratoires* 2019, n° 514 (1 juillet 2019): 55‑64. https://doi.org/10.1016/S1773-035X(19)30329-6.

ANNEXES

Annexe 1 : Initiative « Hôpitaux amis des bébés » lancée en 1991 par l'OMS et UNICEF

Pour permettre un démarrage satisfaisant de l'allaitement, les établissements hospitaliers sont invités à suivre dix conditions :
1. Adopter une politique d'allaitement maternel formulée par écrit. 2. Donner à tous les membres du personnel soignant les compétences nécessaires pour mettre en œuvre cette politique. 3. Informer toutes les femmes enceintes des avantages de l'allaitement maternel. 4. Aider les mères à commencer d'allaiter dans la demi heure suivant la naissance. 5. Indiquer aux mères comment pratiquer l'allaitement au sein. 6. Ne donner au nouveau-né aucun aliment ni aucune boisson autre que le lait maternel, sauf indication médicale. 7. Laisser l'enfant avec sa mère 24 heures par jour. 8. Encourager l'allaitement au sein à la demande de l'enfant. 9. Ne donner aux enfants nourris au sein aucune tétine artificielle ou sucette. 10. Encourager la constitution d'associations de soutien à l'allaitement maternel et leur adresser les mères dès leur sortie de l'hôpital ou de la clinique

Annexe 2 : Composition nutritionnelles des formues à base d'hydrolysats de protéines de lait de vache (aliment diététique destinés à des fins médicales spéciales) adaptées au régime en cas d'APLV.

	Énergie, pour 100 mL		Protéines (g)		Lipides (g)		Glucides (g)	
	kcal	kJ	Pour 100 kcal	Pour 100 mL	Pour 100 kcal	Pour 100 mL	Pour 100 kcal	Pour 100 mL
Allernova (Novalac)	66,7	277,9	2,3	1,6	5,3	3,5	10,8	7,2
Allernova AR (Novalac)	67	280,2	2,4	1,6	5,3	3,5	10,6	7,1
Althéra (Nestlé)	67	280	2,5	1,7	5,1	3,4	11	7,5
APLV 1 (Nutribèn)	67	279	2,4	1,6	5,2	3,5	10,4	7,0
APLV 2 (Nutribèn)	68	287	2,5	1,7	4,1	2,8	12,9	8,8
Nutramigen 1 LGG (Mead Johnson Nutrition)	68	280	2,8	1,9	5	3,4	11	7,5
Nutramigen 2 LGG (Mead Johnson Nutrition)	68	280	2,5	1,7	4,1	2,8	12,9	8,8
Nutramigen 3 LGG (Mead Johnson Nutrition)	68	280	2,3	1,55	5	3,4	11,4	7,7
Pepticate 1 (Nutricia Nutrition Clinique)	67	280	2,4	1,6	5,2	3,5	10,4	7,0
Pepticate 2 (Nutricia Nutrition Clinique)	68	285	2,4	1,6	4,6	3,1	11,9	8,1
Picot Pepti Junior 1 (Lactalis)	69,6	291	2,7	1,9	5,3	3,7	10,3	7,2
Picot Pepti Junior 2 (Lactalis)	69,6	291	2,7	1,9	5,3	3,7	10,3	7,2
Picot Pepti Junior 3 (Lactalis)	69	288	2,8	1,9	5,2	3,6	10,4	7,2
Pregestimil (Mead Johnson Nutrition)	66	280	2,8	1,89	5,6	3,8	10,2	7
Pregestimil liquide (Mead Johnson Nutrition)	81	340	2,8	2,3	5,6	4,5	10,2	8,3

Annexe 3 : Compositions nutritionnelles des formules à base d'hydrolysats de protéines de riz (aliments diététiques destinés à des fins médicales) adaptées au régime en cas d'allergie aux protéines de lait de vache (France juin 2018)

	Énergie, pour 100 mL		Protéines (g)		Lipides (g)		Glucides (g)	
	kcal	kJ	Pour 100 kcal	Pour 100 mL	Pour 100 kcal	Pour 100 mL	Pour 100 kcal	Pour 100 mL
Modilac Riz 1 (Sodilac)	68	284	2,4	1,6	5,1	3,4	11,3	7,6
Modilac Riz 2 (Sodilac)	68	286	2,9	2	4,5	3,1	11,9	8,1
Modilac Riz AR 1 (Sodilac)	68	285	2,35	1,6	5	3,4	11,2	7,6
Modilac Riz AR 2 (Sodilac)	67	280	2,86	1,9	4,5	3	11,8	7,9
Modilac Riz Croissance (Sodilac)	68	285	2,47	1,7	4,5	3,1	12,3	8,4
Novalac Riz (Novalac)	69	290	2,6	1,8	5	3,4	11	7,6

Annexe 4 : Complications carentielles suite à l'utilisation de « laits » végétaux chez des nourrissons de 2 mois et demi à 14 mois. (Comparaison des 4 cas cliniques)

	Cas n° 1	Cas n° 2	Cas n° 3	Cas n° 4
Sexe/Âge	M/9 mois	M/14 mois	M/13 mois	M/2 mois et demi
État prémorbide	Dermatite atopique	–	Myopathie congénitale SNG, trachéotomie	Encéphalopathie, SNG épilepsie traitée
Aliment incriminé	Boisson à base de riz	Boisson à base de riz	Boisson à base d'amandes	Boissons à base de châtaignes, soja, noisettes amandes
Circonstances d'instauration	Suspicion APLV, mauvaise prise PPN biologique	Sevrage AM à 1 an	Suspicion APLV sur RGO	Stagnation pondérale sous PPN
Durée d'exposition	2 mois	1,5 mois	3 semaines	1,5 mois
Signes cliniques	Oedème diffus + ascite, éruption cutanée extensive conjonctivite chéilite P : 9,350 kg T : 71 cm RPT 103 % RTA 100 % RPT sans œdème[a] 79,7 %	Asthénie pâleur Stagnation pondérale P : 9,750 kg T : 75,5 cm RPT 88,6 % RTA 99,3 %	Détresse respiratoire par hypoventilation P : 9,500 kg T : 79,5 cm RPT 86,4 % RTA 106 %	Otite perforée bilatérale, Pneumopathie, troubles de conscience P : 3,300 kg T 54 cm RPT 60 % RTA 94,7 %
Signes biologiques				
Albumine (g/L)	7 (35–45)	–	–	23 (35–45)
Protéines (g/L)	–	–	69 (65–85)	–
Hémoglobinémie (g/L)	100 (120–135)	35 (120–135)	126 (120–135)	112 (120–135)
pH	7,56 (7,37–7,45)	pH normal	7,7 (7,37–7,45)	7,28 (7,37–7,45)
Bicarbonatémie (mmol/L)	24 (22–28)	17 (22–28)	48 (22–28)	28 (22–28)
pO2 (kPa)	–	–	3,27 (11–14)	3,27 (11–14)
Natrémie (mmol/L)	134 (135–145)	–	127 (135–145)	96 (135–145)
Chlorémie (mmol/L)	106 (96–110)	–	62 (96–110)	54 (96–110)
Kaliémie (mmol/L)	4,2 (3,5–4,5)	–	1,9 (3,5–4,5)	1,5 (3,5–4,5)
Fer sérique (µmol/L)	3 (11–24)	–	–	–
Ferritinémie (µg/L)	–	1 (15–80)	–	–
Vitamine B12 (ng/L)	–	143 (189–883)	–	–
Lactates (µmol/L)	–	3150 (500–1700)	–	–
Glycémie capillaire (g/L)	–	–	–	0,1 (0,8–1,10)
Syndrome révélateur	Syndrome de Kwashiorkor	Anémie carentielle mixte	Alcalose métabolique hypochlorémique	Hyponatrémie et acidose respiratoire
Complications	Sepsis sévère dermatose étendue hospitalisation 47 jours	Hyperlactacidémie par souffrance tissulaire		Pneumonie hypoxémiante, méningite à pneumocoque, état de mal convulsif. Hydrocéphalie Hospitalisation > 2 mois
Évolution	Favorable sous lait de croissance, vaccins débutés	Favorable initialement sous lait de croissance Vaccins non faits	Restauration état antérieur gastrostomie à 19 mois croissance correcte	Limitation thérapeutique, Décès 2 mois plus tard

Annexe 5 : Les causes cliniques des problèmes nutritionnels associés aux boissons au soja consommées par les nourrissons et les tout-petits

Table II. Published clinical cases of nutritional problems associated with soy beverages consumed by infants and toddlers

Authors Year	Reasons for introduction of soy beverage	Age of introduction of soy beverage (age of diagnosis)	Characteristics of feeding	Daily intake	Laboratory findings	Diagnosis
Carvalho NF et al. (6) 2001	Taste preference Breastfeeding without vitamin D supplement	10 months (17 months)	Soy beverage, vegetables, fruits	900 ml	Ca 2.22 mmol/l P 0.55 mmol/l AP 1879 U/l VitD 19.2 nmol/l PTH 12.1 pmol/l	Rickets Failure to thrive
Fox AT et al. (16) 2004	Breastfeeding without vitamin D supplement Urticaria with infant formula at 6 months	6 months (14 months)	Breastfeeding, soy beverage, vegetables, fruits	--	Ca 1.71 mmol/l P 1.06 mmol/l AP 2054 U/l VitD 15 nmol/l PTH 44.1 pmol/l	Rickets Failure to thrive Ferropenic anemia
Imataka G et al. (17) 2004	Eczema at 3 weeks Parental decision	1 month (5 months)	Soy beverage Calcium: 28.9 mg/l No vitamin D	--	Ca 1.32 mmol/l P 1.6 mmol/l AP 2303 U/l VitD 19.9 nmol/l PTH 254 pmol/l	Hypocalcemic tetany Rickets Failure to thrive

AP: Alkaline phosphatase; Ca: Calcium; P: Phosphorus; PTH: Parathyroid hormone; VitD: 25-OH-vitamin D_3.

Annexe 6 : les causes cliniques des problèmes nutritionnels associés aux boissons au riz consommées par les nourrissons et les tout-petits

Table III (Cont.). Published clinical cases of nutritional problems associated with rice beverages consumed by infants and toddlers

Authors Year	Reasons for introduction of rice beverage	Age of introduction of rice beverage (age of diagnosis)	Characteristics of feeding	Daily intake	Laboratory findings	Diagnosis
Keller MD et al. (32) 2012	Eczema. Allergy to cow's milk, soy, egg, peanut, etc.	13 months (19 months)	Rice beverage, rice, potatoes, carrots	--	Alb 16 g/l TProt 33 g/l	Kwashiorkor
Keller MD et al. (32) 2012	Suspected cow's milk allergy (eczema, vomiting)	12 months (16 months)	Rice beverage Lentils, chick-peas, olives	--	Alb 12 g/l Hb 7 g/dl	Kwashiorkor Anemia
Fourreau D et al. (33) 2013	Suspected cow's milk allergy (naturopathic doctor)	7 months (9 months)	Rice beverage (0.1 g prot/100 ml), fruits, vegetables	RB:800-900 ml	Alb 7 g/l Hb 10 g/dl	Kwashiorkor Anemia
Fourreau D et al. (33) 2013	Suspected cow's milk allergy (parental decision)	13 months (14.5 months)	Rice beverage	RB: 300 ml	Alb 7 g/l Hb 3.5 g/dl Vit B_{12} 143 ng/l	Failure to thrive anemia
Le Louer B et al. (5) 2014	Vomiting	2 months (4.5 months)	Rice beverage	--	Hb 5.7 g/dl Alb 1.8 g/dl Zinc 3.5 µmol/l	Failure to thrive anemia
Le Louer B et al. (5) 2014	Eczema	1 months (7 months)	Rice beverage	--	Hb 8.7 g/dl Alb 1.98 g/dl Zinc 3.9 µmol/l	Failure to thrive Kwashiorkor Anemia
Mori et al. (34) 2015	Atopic dermatitis (naturopathic doctor)	4 months (6 months)	Rice milk, fruits, rice poultry and vegetable broth.	--	Alb 13 g/l TProt 30 g/l Hb 5.7 g/dl	Kwashiorkor Anemia

Alb: Albumin; Hb: Hemoglobin; PTH: Parathyroid hormone; RB: rice beverage; TProt: total protein; VitD: 25-OH-vitamin D_3.

Annexe 7 : les causes cliniques des problèmes nutritionnels associés aux boissons à l'amande consommées par les nourrissons et les tout-petits

Table IV. Published clinical cases of nutritional problems associated with almond beverages consumed by children

Authors Year	Reasons for introduction of almond beverage	Age of introduction of almond beverage (Age of diagnosis)	Characteristics of feeding	Daily intake	Laboratory findings	Diagnosis
Kanaka C et al. (36) 1992	Eczematous reaction to cow's milk formula (maternal decision)	2.5 months (7.5 months)	Self-prepared extract of almonds Cereals Fruits	98% DRI proteins 54% DRI energy	TSH 378 µIU/ml Iodine 47 nmol/l Free carnitine 12 µmol/l	Failure to thrive Iodine and carnitine deficiency
Mesa O et al. (37) 2009	--	Birth (31 days)	Almond beverage	--	Cl- 94 mmol/l Na+ 136 mmol/l K+ 3 mmol/l CO_3H- 40.3 mmol/l	Dehydration Metabolic alkalosis
Mesa O et al. (37) 2009	--	Birth (4 months)	Almond beverage	--	Cl- 74 mmol/l Na+ 124 mmol/l K+ 2.2 mmol/l CO_3H- 49.8 mmol/l	Metabolic alkalosis
Fourreau D et al. (33) 2013	Suspected gastro-esophageal reflux	12 months (13 months)	Almond beverage (17 mg sodium/100 ml; 24 mg chloride/100 ml) Yogurt Vegetables	840 ml	Cl- 69 mmol/l Na+ 127 mmol/l K+ 1.9 mmol/l CO_3H- 48 mmol/l	Metabolic alkalosis
Doron D et al. (38) 2013	Diarrhea and vomiting attributed by the mother to cow's milk protein allergy	4 months (6 months)	Almond-based home made "formula" (Almond 10 g/water 100 ml)	1,000 ml	Ca 1.4 mmol/l P 1.2 mmol/l AP 818 U/l vitD < 12 nmol/l PTH 30.3 pmol/l Hb 7.7 g/dl	Failure to thrive Rickets Anemia
Doron D et al. (38) 2013	Rash	4-5 months (8 months)	Almond-based and honey home made "formula" (20 gr almonds / 100 ml water)	600 mL	Alb 20 g/l TProt 36 g/l	Kwashiorkor
Le Louer B et al. (5) 2014	Gastro-esophageal reflux, eczema	3.5 months (5 months)	Almond and chestnut beverage	-	Alb 19.5 g/l Ca 0.64 mmol/l Zinc 7 µmol/l	Hypocalcemic tetany Malnutrition

Table IV (Cont.). Published clinical cases of nutritional problems associated with almond beverages consumed by children

Authors Year	Reasons for introduction of almond beverage	Age of introduction of almond beverage (Age of diagnosis)	Characteristics of feeding	Daily intake	Laboratory findings	Diagnosis
Le Louer B et al. (5) 2014	Parental decision	8.5 months (16.5 months)	Almond and walnuts beverage	--	VitD < 12.5 nmol/l Ca 2.32 mmol/l P 1.71 mmol/l PTH 8.8 pmol/l	Rickets
Ellis D et al. (39) 2015	Tourette syndrome (1 case) Lactose intolerance (2 cases)	3 years 9 years 10 years	Almond milk and varied diet	700-1,000 ml	Urine oxalate 53.5, 81.5 and 97.9 mg/1.73 m^2/d (27.6-35.4)	Hyperoxaluria Hematuria (2 cases) Kidney stones (1 case)
Vitoria I et al. (7) 2016	Medical indication (atopic dermatitis)	2.5 months (11 months)	Almond milk Almond flour Cereals	840 ml/d	Ascorbic acid < 10 µmol/l VitD 31 nmol/l	Scurvy

Alb: Albumin; Ca: Calcium; Hb: Hemoglobin; P: Phosphorus; TProt: total protein; VitD: 25-OH-vitamin D_3.

Annexe 8: Diversification alimentaire du nourrisson à partir de 4 mois

	Matin	Midi	Goûter	Soir
4–6 mois	**Apport lacté**	**Purée de légumes et pomme de terre** (pomme de terre + carotte ou courgette ou blanc de poireau ou haricots verts ou potiron ou artichaut ou épinard)	**Apport lacté**	**Apport lacté**
Introduction : Des Légumes Des protéines animales Des Fruits Du gluten	Lait maternel ou biberon PPN	**À partir de 5 mois :** 1cuillère à café (c à c) (5 g) de viande blanche, poisson, bœuf, œufs mélangés à la purée de légumes Fruits cuits mixés (pomme, banane, poire, coing)	Lait maternel ou biberon PPN	Biberon PPN avec céréales à base de gluten (introduction du gluten) Ou, si allaitement maternel ajouter semoule ou vermicelle ou chapelure ou floraline (introduction du gluten) dans les légumes du midi
	Quantité de lait totale : 850 à 900 mL (6,5 à 7 kg)	± Biberon PPN ou lait maternel		
6–8 mois	**Apport lacté**	**Repas mixé**	**Apport lacté + fruit**	**Apport lacté**
	Biberon 210 mL (7 mesures) PDS	Purée de légumes et pomme de terre maison ou petit pot de légumes environ 130 g à 180 g + viande + : – 6 mois 10 g/jour (2 c à c) – 7 mois 15 g (3 c à c) – 8 mois 20 g (4 c à c) ou petit pot légumes avec viande 130 g rajouter 1 cuillère d'huile (colza, noix, olive) ou une noix de beurre un fruit mixé ou petit pot de fruit	210 mL (7 mesures) PDS ou 1 laitage ± Un fruit cuit (compote maison ou petit pot)	Biberon 210 mL (7 mesures) PDS avec céréales avec gluten
9–12 mois	**Apport lacté**	**Repas mouliné à la cuillère** Purée de légumes maison	**Apport lacté + fruit**	**Introduction du repas du soir**
	Biberon 210 mL (7 mesures) PDS	Ou petit pot de légumes 180 g à 200 g avec une noix de beurre ou 1 cuillère à soupe d'huile de colza, d'olive ou de noix + viande, poisson ou œuf dur : 20 g/jour (4 cuillères à café) Ou petit pot de légumes avec viande 200–250 g et une cuillère à soupe d'huile Un fruit écrasé ou mixé ou petit pot de fruit	210 mL (7 mesures) PDS ou 1 laitage ± Un fruit cuit (compote maison ou petit pot)	Purée de légumes maison ou soupe épaisse avec petites pâtes ou petit pot de légumes environ 180 g avec une noix de beurre ou 1 cuillère à soupe d'huile 1 laitage ou 180 mL (6 mesures) PDS
À partir d'un an	**Apport lacté**	**Repas haché ou en morceaux**	**Apport lacté + fruit**	**Repas à la cuillère**
	Biberon 240 mL de lait de croissance ou lait 3e âge Une tartine de pain, beurre, confiture	Légumes + féculents avec une noisette de beurre ou 1 cuillère à soupe d'huile à varier (noix, colza, olive) Viande, poisson (30 g/jour, soit 6 c à c) ou ½ œuf Fruit : lamelles ou morceaux à croquer Tranche de pain	240 mL de lait de croissance ou 1 laitage ± Un fruit cuit (compote maison ou petit pot)	Légumes + féculents avec une noisette de beurre ou 1 cuillère à soupe d'huile à varier (noix, colza, olive) 1 laitage Fruit ou compote

PPN : préparation pour nourrissons ou lait 1er âge ; PDS : préparation de suite ou lait 2ème âge.

Annexe 9: Conseils de diversification alimentaire du nourrisson

Conseils de diversification pour le nourrisson avec ou sans risque allergique :

- poursuivre l'allaitement si possible ;
- introduire les aliments entre l'âge de 4 et 6 mois ;
- proposer sans forcer avec des quantités croissantes ;
- commencer par exemple par les légumes et les fruits cuits et crus de saison ;
- puis proposer viandes, poissons (sardine, maquereau en boîte par exemple) ;
- pour l'oeuf : commencer par les biscuits, les gâteaux, crèmes, omelette puis oeuf dur (entier) ;
- introduire les céréales à base de gluten vers 5—6 mois : par exemple une cuillère à café dans un biberon ;
- partager votre culture, vos « habitudes » alimentaires, faire découvrir, re-proposer à distance en cas de « refus » ;
- garder du « bon sens » ;
- soigner, protéger la peau en cas de xérose, dermatite, eczéma (surtout les mains et le visage) afin de diminuer le risque de pénétration transcutanée des allergènes ;
- allergènes fréquents probablement à éviter autant que possible autour/sur de l'enfant avant la diversification.

CATELAIN, Adeline

NUTRITION DU NOURRISSON : QUELLES ALTERNATIVES VEGETALIENNES CONSEILLER A L'OFFICINE ?

Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie
Université de Picardie Jules Verne, Année 2019-2020

Mots clés : nourrisson, alimentation, lait, végétalien, végétalisme

RESUME

L'alimentation du nourrisson est un grand questionnement pour les parents. De nos jours, ils sont de plus en plus nombreux à s'interroger sur la mise en place d'un régime végétalien pour leurs nourrissons, soit par choix (convictions éthiques), soit par nécessité (allergie aux protéines de lait de vache). Bien que l'allaitement maternel reste le meilleur choix et l'alimentation recommandée par l'organisation mondiale de la santé jusque 6 mois, des alternatives pour nourrir son nourrisson sans protéines animales existent sous la forme de préparations pour nourrisson à base de protéines de riz. Ces dernières sont les seules alternatives que le pharmacien pourra conseiller, les autres « laits » ou jus extraits de végétaux (soja, riz, amande etc.) n'étant pas adaptées aux besoins nutritionnels des enfants jusque 6 mois. Il est ainsi du rôle du pharmacien d'officine d'informer les parents quant aux dangers de l'utilisation de ces boissons végétales appelées à tort « lait » qui pourrait mettre en danger la santé de l'enfant. Un régime végétalien sera par contre possible dès 6 mois avec la diversification alimentaire, sous réserve de maitriser totalement les apports recommandés à cette tranche d'âge, en prêtant une attention particulière aux protéines, fibres, calcium, fer ainsi qu'aux vitamines B12 et D. En plus du conseil officinal, il est donc important dans ce cadre de savoir orienter les parents vers un spécialiste de l'alimentation végétalienne pour les nourrissons.

JURY

Présidente :

Madame Catherine Vilpoux, Maître de conférences des universités, Université de Picardie Jules Verne

Membres :

Madame Catherine Mullié-Demailly, Professeur des universités, Université de Picardie Jules Verne
Madame Estelle Marchienne, Docteur en Pharmacie