



Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAÏD

FACULTE SNV-STU

DEPARTMENT DE BIOLOGIE

LABORATOIRE D'ELECTORCHIMIE ET CHIMIE ANALYTIQUE

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques

Spécialité biologie moléculaire et cellulaire

Inscrit dans le cadre du décret ministériel n°1275, du projet innovant Label

Présenté par :

SEBBOUH Meriem Souha et BENKADA Amina

Thème: Application mobile en santé et nutrition numérique

Soutenu le : 08.07.2025, devant le jury compose de :

Présidente	: SAKER Meriem	Professeure	Université de Tlemcen
Examinatrice	: BOUANANE Samira	Professeure	Université de Tlemcen
Expert BMC	: TEFIANI Choukri	MCA	Université de Tlemcen
Partenaire socio-économique	: SENOUDI Habiba	Médecin généraliste en chef	
Encadrante 1	: BERRAHOUI Samira	MCB	Université de Tlemcen
Encadrante 2	: MEDJATI DENOUNI Nouria	Professeure	Université de Tlemcen
Co-Encadrante	: DALI SAHI Majda	Professeure	Université de Tlemcen

Remerciements

Avant tout, nous rendons grâce à Dieu, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à la réalisation de ce travail.

Ensuite, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui nous ont soutenus tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions tout particulièrement notre encadrante madame **Berrahoui Samira**, maitre de conférences à l'université de Tlemcen, département de biologie, pour sa disponibilité, ses conseils précieux, et son accompagnement tout au long de ce projet. Sa rigueur scientifique et son soutien constant ont été essentiels à l'aboutissement de ce travail.

Nous adressons également nos sincères remerciements à nos co encadrants : mesdames **Medjati Nouria** et **Dali Sahi Madjda**, professeurs a l'université de Tlemcen, département de biologie ; et monsieur **Abed Zakaria**, developpeur et diplômé en sciences biologiques, a l'université de Tlemcen, département de biologie; pour leur contribution a la realisation de ce travail.

Nos remerciements les plus vives vont aux doctorants du laboratoire de electrochimie et chimie analytique, dont les travaux ont servi de bases de données au developpement de notre projet d'application numerique. Nous citons : **Chebieb Ikram, Amraoui Nawel, Behar Ammaria, Benslama Yasmine.**

Nous tenons également à remercier le centre I2E pour l'accompagnement prodigué le long de la realisation de notre projet.

Enfin, nous remercions l'ensemble du corps professoral et administratif de la faculté des sciences de la nature et de la vie de Tlemcen, pour la qualité de l'enseignement reçu durant ces années, et qui nous a permis d'acquérir les compétences nécessaires à la réalisation de ce projet.

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes chers parents,

Pour leur amour inconditionnel, leurs prières, leur soutien indéfectible, leur encouragement constant, leur confiance en moi et leur présence précieuse à chaque étape de ma vie. Leur appui a été une source inestimable de motivation tout au long de mon parcours. Rien de tout cela n'aurait été possible sans eux. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

*A ma famille, et tout particulièrement à mes sœurs **Sara** et **Aya**, ainsi qu'à mon frère **Mohammed**, pour leur affection, leur écoute et leurs encouragements permanents. Leur présence m'a été d'un grand réconfort tout au long de ce chemin.*

*A mon encadrante, Madame **Berrahouï Samira**, pour sa disponibilité, ses conseils et son accompagnement bienveillant.*

*A mon binôme **Sebbouh Souha**, pour son engagement, sa rigueur, sa collaboration efficace, sa patience et l'esprit d'équipe sont elle a fait preuve durant toutes les étapes de ce projet. Ce travail a été pour moi une véritable aventure humaine et intellectuelle, rendue plus agréable par notre complicité.*

*A mes camarades **Zaki, Housseem, Salim, Amira, Douali, Hadjer** et **Ismahane** et **Meriem, Ikram** ainsi qu'à l'ensemble de mes collègues de promotion pour leur soutien, leurs partages et l'ambiance collaborative que nous avons su créer.*

Enfin, je remercie chaleureusement toutes les personnes, de près ou de loï, ayant contribué à l'élaboration de ce travail.

A toutes et à tous, merci

Benkada Amina

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, qui sont le symbole de force et de courage et sans qui je ne serais pas celles que je suis aujourd'hui et à mes sœurs **Fatima z, Meriem et Hanane** et mes frères **Reda et Yasser** Je les remercie pour tout le soutien et l'amour qu'ils me portent et que **ALLAH** les gardes pour moi.*

*Et a mon encadrante **Madame Berrahouï Samira**, pour son accompagnement tout au long de ce mémoire. Sa rigueur scientifique, allée à une bienveillance constante, m'a permis de progresser avec confiance et sérénité.*

*Je remercie sincèrement mon binôme, **Benkada Amina**, pour son sérieux, son implication et sa précieuse collaboration tout au long de ce travail. Sa présence, ses idées et son soutien face aux difficultés ont été d'une grande aide dans la réalisation de ce mémoire. J'ai vraiment apprécié travailler avec elle, dans une ambiance de confiance, de respect et d'entraide.*

Sebbouh Meriem Souha

Les micronutriments incluant les acides gras, les minéraux et les vitamines, sont essentiels pour de nombreuses fonctions physiologiques. En effet, ils interviennent comme cofacteurs et coenzymes dans de nombreuses voies de synthèse. Par conséquent, leurs carences impactent la santé et sont associées à différentes pathologies (autisme, bipolarité, diabète...).

Malheureusement les praticiens prennent très rarement en considération les carences en micronutriments dans le traitement de ces pathologies.

C'est à partir de ce constat qu'a émergé l'idée de notre projet de fin d'études. Nous proposons un service sous forme d'une application mobile, pour palier à ce problème. Nutri assistance ou Nutri A, permet le diagnostic ciblé des carences en micronutriments en fonction de la pathologie et propose des recommandations personnalisées selon les préférences alimentaires de l'utilisateur.

Mots clé : micronutriments, carence, cofacteurs, coenzymes, diagnostic, supplémentation, application numérique, santé numérique

Micronutrients, including vitamins, minerals and fatty acids, are essential for many physiological functions. Indeed, they act as cofactors and coenzymes in numerous synthesis pathways. Consequently, their deficiencies affect health and are associated with various pathologies (autism, bipolar disorder, diabetes...)

Unfortunately, healthcare practitioners rarely consider micronutrient deficiencies when treating these conditions.

Based on this observation, the idea for our final year project was born. We propose a service in the form of a mobile application to address this issue. Nutri Assistance, or Nutri A, enables targeted diagnosis of micronutrient deficiencies according to the pathology and offers personalized recommendations based on the user's dietary preferences.

Keywords: micronutrients, deficiency, cofactors, coenzymes, diagnosis, supplementation, mobile application, digital health

المغذيات الدقيقة و التي تشمل الفيتامينات و المعادن و الاحماض الدهنية، اساسية للعديد من الوظائف الفسيولوجية،حيث تعمل كعوامل مساعدة للانزيمات في العديد من المسارات الفيزيولوجية، و بالتالي فان نقصها يؤثر سلبا على الصحة و يتسبب في امراض مختلفة (مثل التوحد الاضطراب ثنائي القطب داء السكري....)

و لسوء الحظ نادرا ما ياخذ الممارسون الصحيون نقص المغذيات الدقيقة بعين الاعتبار عند علاج هذه الامراض انطلاقا من هذا الواقع ظهرت فكرة مشروع تخرجنا، اذ اننا نقترح خدمة في شكل تطبيق محمول يهدف لمعالجة هذه المشكلة

دقيقا لنقص المغذيات الدقيقة بناء على طبيعة المرض، و يقدم يتيح تشخيصا Nutri A تطبيق مساعدة التغذية

توصيات شخصية بناء على الاغذية المفضلة للمستخدم

الكلمات المفتاحية: نقص المغذيات الدقيقة، نقص، العوامل المساعدة للانزيمات، التشخيص، ، تطبيق محمول، الصحة الرقمية، المساعدة الغذائي

Sommaire

Remerciements	I
Dédicaces	II
Résumé	IV
Abstract	V
ملخص	VI
Liste des tableaux	IX
Liste des figures	X
Liste des abréviations	XI
Introduction	1
Partie 1: Synthèse bibliographique	4
Chapitre I: Les micronutriments	4
1. Définition	4
2. Types	4
2.1 Vitamines	4
2.1.1 Vitamines hydrosolubles	4
2.1.2 Vitamines liposolubles	6
2.2 Minéraux	8
2.2.1 Macroéléments	8
2.2.2 Oligoéléments	9
2.3 Acides gras	11
3. Rôles	13
3.1 Rôle comme cofacteurs	13
3.2 Rôle comme coenzymes	14
Chapitre II : Carences en micronutriments	15
1. Définition	15
2. Conséquences sur la santé	15
3. Diagnostic	18
Partie 2 : Matériels et Méthodes	18
1. Présentation de l'idée de projet	Erreur ! Signet non défini.
2. Banque de données	Erreur ! Signet non défini.
3. Fonctionnement de l'application	Erreur ! Signet non défini.
4. Les étapes de fonctionnement de l'application <i>Nutri Assistance</i>	Erreur ! Signet non défini.
Partie 3 : Résultats	18
Prototype	Erreur ! Signet non défini.

Conclusion générale 31
Références bibliographiques 34
Annexes 46

Tableau 1 : Sources de la banque de données

- Figure1** : Structure chimique des vitamines B
- Figure 2** : Structure chimique des vitamines C
- Figure3**: Structure chimique des vitamines D
- Figure 4** : Structure chimique des vitamines E
- Figure 5** : Structure chimique des vitamines K
- Figure 6**: Catégories des acides gras
- Figure 7**: Structure chimique des Oméga-3
- Figure 8** : Structure chimique des Oméga-6
- Figure 9** : Les étapes du fonctionnement de l'application

AG: Acide Gras

AGE: Acide Gras Essentiel

AGMI: Acide Gras Mono-Insaturé

AGPI: Acide Gras PolyInsaturés

AGS: Acide Gras Saturé

AL: Acide Linoléique

Ca : Calcium

Cr: Chrome

Cu: Cuivre

Fe : Fer

I: Iode

K : Potassium

Mg : Magnésium

Nutri A : Nutri Assistance

P: Phosphore

Se: Sélénium

TSA : troubles du spectre autistique

Vits : vitamines

Zn : Zinc

INTRODUCTION

Les micronutriments, comprenant les vitamines, les minéraux, ainsi que certains acides gras, jouent un rôle fondamental dans le maintien de la santé humaine. Ils participent à de nombreuses fonctions physiologiques clés (**Amiot-Carlin et al., 2017**), telles que la régulation enzymatique, la protection contre le stress oxydatif, la signalisation cellulaire, et divers processus métaboliques, en agissant notamment comme coenzymes et cofacteurs (**Opara et al., 2006**). Par ailleurs, ils sont essentiels au développement et au fonctionnement du cerveau et la régulation de l'inflammation (**Sahley et al., 2010**).

Par conséquent, leurs carences, peuvent entraîner des altérations métaboliques et physiopathologiques majeures. Ces carences peuvent provoquer des troubles cognitifs, des troubles de l'humeur, perturber la neurotransmission, accroître la résistance à l'insuline, et favoriser le stress oxydatif ainsi que l'inflammation vasculaire (**Höglund et al., 2019 ; Fields et al., 2021**). Et de nombreuses maladies chroniques. Parmi celles figurent, les maladies neurologiques telles que les troubles bipolaires, mais également le diabète, les pathologies cardiovasculaires et le cancer (**Chaturvedi et al., 2021 ; Pandarinathan et al., 2024**).

Cependant, la prise en compte des carences en micronutriments dans le suivi et le traitement de ces pathologies, est négligée par les praticiens. C'est pourquoi, nous avons pensé à attirer l'attention des professionnels de santé et des malades aussi, sur le rôle de la nutrition pour améliorer leur santé, même dans le cadre de pathologies qui ne semblent pas associées à des troubles alimentaires.

Dans un contexte où l'innovation technologique transforme profondément le paysage de la santé, le développement d'outils numériques offre de nouvelles perspectives pour améliorer la prise en charge des patients. Dans cette optique, nous proposons une assistance nutritionnelle pour les malades souffrants de différentes pathologies, à travers *Nutri Assistance (Nutri A)*, une application mobile pour le diagnostic ciblé et la supplémentation personnalisée contre les carences en micronutriments.

Cette application s'adresse à des patients dont la pathologie est déjà diagnostiquée et propose une téléconsultation sans charge physique ou psychique, tout en offrant une approche individualisée. Par simple questionnaire, et en fonction de la pathologie dont souffre l'utilisateur, *Nutri A* identifie les carences potentiellement liées à la pathologie en question, et suggère des régimes alimentaires adaptés, visant à rétablir l'équilibre nutritionnel, en tenant compte des préférences alimentaires des patients.

Ce projet est basé sur l'exploitation de travaux de recherche effectués au sein de notre laboratoire, laboratoire d'électrochimie et chimie analytique et il s'agit d'études publiées, qui ont mis en évidence des associations entre carences en micronutriments et des pathologies neuro-développementales incluant l'autisme, les troubles bipolaires mais aussi des pathologies auto immunes comme le diabète de type 1.

Ces études ont été menées sur des populations de l'ouest algérien, entre 2018 et 2023.

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre des projets 1275, visant à promouvoir l'esprit entrepreneurial dans le milieu universitaire.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: Les micronutriments

1. Définition

Nutriments sans valeur énergétique, les micronutriments sont des substances essentielles à la transformation de l'énergie cellulaire. L'organisme n'est pas capable de les synthétiser, ils doivent donc être apportés par l'alimentation (**Godswill et al., 2020 ; Chowdhury et al.,2024**). Néanmoins, il en produit quelques-uns, mais il ne le fait qu'en très petite quantité, insuffisante pour couvrir les besoins de l'organisme (**Metsu et al.,2023**).

Les besoins en micronutriments sont très inférieurs par rapport aux nutriments représentés par les glucides, lipides et protéines (**Savarino et al.,2021**); toutefois, un apport alimentaire quotidien, allant de quelques microgrammes à quelques milligrammes est indispensable (**Metsu et al.,2023**).

Ces besoins varient selon plusieurs facteurs tels que l'âge, le sexe, la condition physique, le mode de vie et le niveau d'activité physique. Un apport adéquat en micronutriments est essentiel pour prévenir diverses pathologies. (**Gush et al.,2021**).

2. Types

Les micronutriments se divisent en trois catégories : les vitamines, les minéraux et les acides gras (**Metsu et al., 2023 ; Kumar et al., 2024**).

2.1 Vitamines

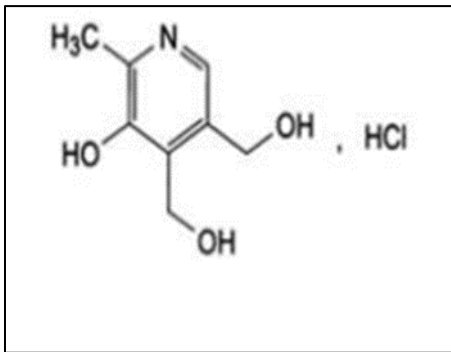
Les vitamines (Vits) se divisent en deux grandes catégories selon leur solubilité. D'une part, les vitamines hydrosolubles. Ces Vits jouent un rôle clé dans le métabolisme cellulaire, l'effet antioxydant et la synthèse du collagène. D'autre part, les vitamines liposolubles. Celles-ci, sont indispensables à diverses fonctions physiologiques, telle que la santé osseuse, la protection contre le stress oxydatif et la coagulation sanguine (**Heer et al., 2015; Zhang et al., 2020**).

2.1.1 Vitamines hydrosolubles

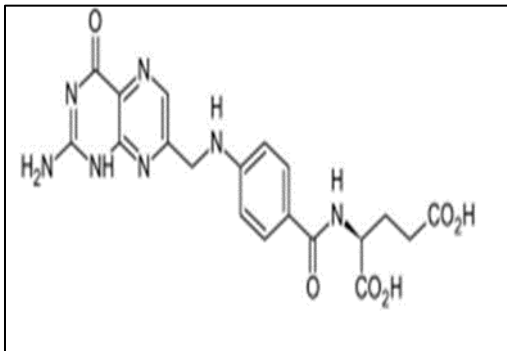
Elles sont solubles dans l'eau et rapidement éliminées par les urines. Un apport quotidien est nécessaire puisque l'organisme ne peut pas les stocker (**Asad et al., 2005**). Parmi ces vitamines, figurent les :

- **Vitamines du groupe B (B6, B9, B12)** : Elles sont toutes impliquées dans la physiologie du système nerveux central et dans l'humeur, ayant une importance cruciale dans la production

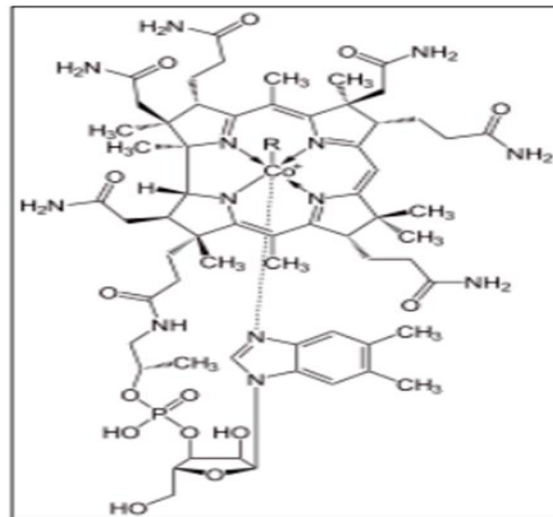
des neurotransmetteurs et le métabolisme de l'homocystéine (Coudron *et al.*, 2019) (Figure 1)



B6



B12



B9

Figure1 : Structure chimique des vitamines B

Vit B6 (British *et al.*,2009), Vit B12 (Loup-Leuciuc *et al.*,2011), Vit B9 (Guilland *et al.*,2013),

Parmi les principales sources des Vit B, figurent les céréales complètes, les légumes (brocoli, épinards), les fruits (bananes, avocats, ...), ainsi que les produits d'origine animale comme la viande (foie, rognons), les poissons (thon, saumon), les œufs, les produits laitiers (Baudin.,2019).

-**Vitamine C (Acide ascorbique)** : Elle est un antioxydant majeur. De plus, elle favorise la synthèse de la dopamine (Bonnan *et al.*,2024) (Figure 2).

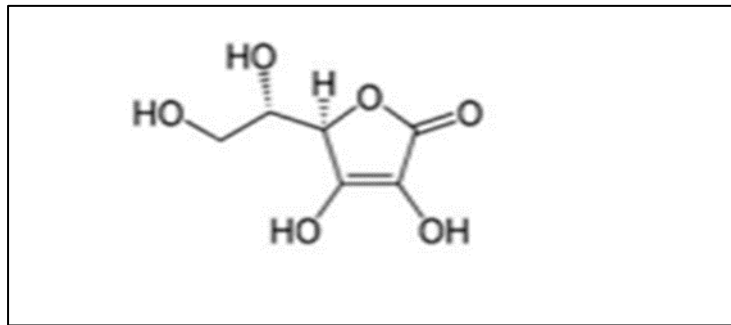


Figure 2 : Structure chimique de la vitamine C (Devaki *et al.*,2017)

On la trouve dans de nombreux aliments dont les agrumes (orange, citron), les fruits tels que : le kiwi, les pommes, les poires, les pêches, le raisin et les fruits rouges (fraise, cassis); mais aussi dans les légumes verts, les choux fleurs et les choux. Les viandes, poissons, foie, rognons, ainsi que les produits laitiers sont également une source de Vit C (Buxeraud *et al.*,2021).

2.1.2 Vitamines liposolubles

Elles sont solubles dans les lipides et dans les solvants organiques. Les matières grasses de l'alimentation facilitent leur transport et leur absorption, selon des mécanismes similaires à ceux des lipides. Elles sont ensuite stockées en quantité relativement importante dans le tissu adipeux et le foie (Lanenga *et al.*, 1999). Parmi ces vitamines, figurent la :

-**Vitamines D (Calciférol)** : Elles existent principalement sous deux formes: le cholécalciférol (vit D3), d'origine animale, et l'ergocalciférol (vit D2), d'origine végétale (Mallet.,2014) (Figure 3).

Elles sont impliquées dans la sante osseuse et cardiovasculaire, permettent la régulation de l'expression de facteurs neurotrophiques, et agissent dans des processus de la plasticité neuronale comme l'axogenèse (Noor *et al.*, 2023).

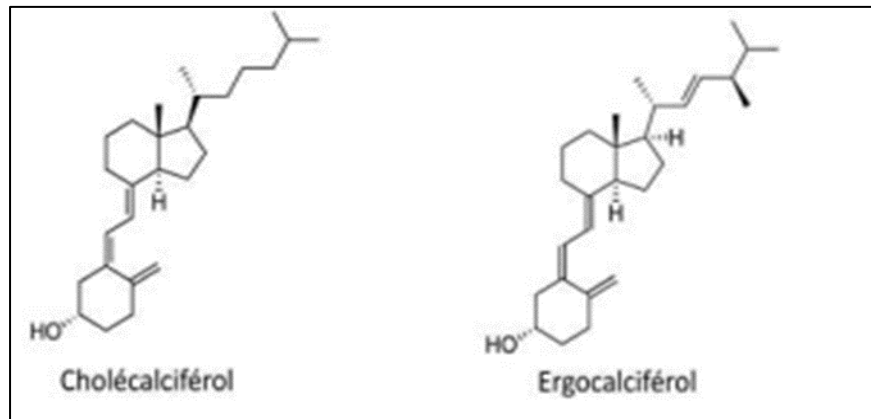


Figure 3: Structure chimique des vitamines D (**Christakos et al., 2016**)

Les sources les plus riches en Vit D, comprennent certains poissons, l'huile de foie de poisson, le foie de bœuf, les œufs, les champignons et quelques fruits de mer. D'autres sources alimentaires contiennent des quantités moindres, comme le chocolat noir, il existe également divers aliments enrichis en Vit D tels que le lait, les yaourts, les jus d'orange et les céréales (**Benedik et al., 2021**).

-Vitamine E (Tocophérol) : Elle joue un rôle protecteur contre les dommages oxydatifs au niveau des vaisseaux sanguins, ce qui est bénéfique pour la santé cardiovasculaire (**Turan et al., 2011**) (**Figure 4**).

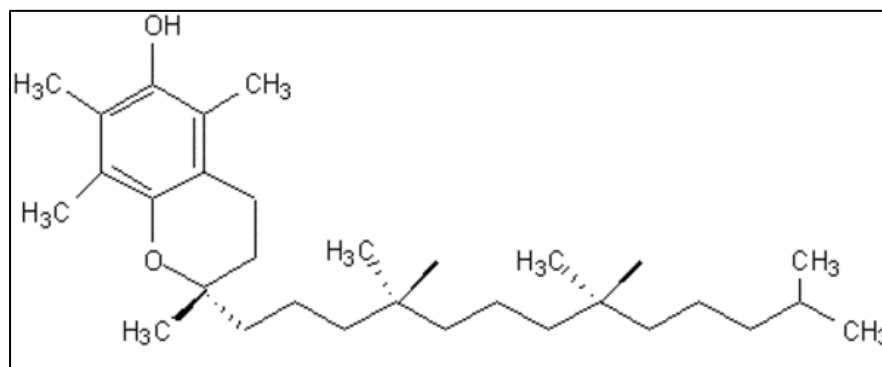


Figure 4 : Structure chimique des vitamines E (**Obdulio et al., 2025**)

Les principales sources alimentaires riches en Vit E, sont les huiles végétales (huile de germe de blé, huile d'olive), les fruits à coque (amandes, noix, noisettes) et les légumes à feuilles vertes (épinards, choux) (**Borel et al., 2016**).

-**Vitamines K** : Elles sont essentielles à l'activation des protéines qui protègent contre les maladies liées à l'âge, notamment celles affectant les fonctions cognitives. Elles jouent un rôle dans la physiologie cérébrale et pourraient inhiber les processus neurodégénératifs (**Popa et al., 2021**) (**Figure 5**).

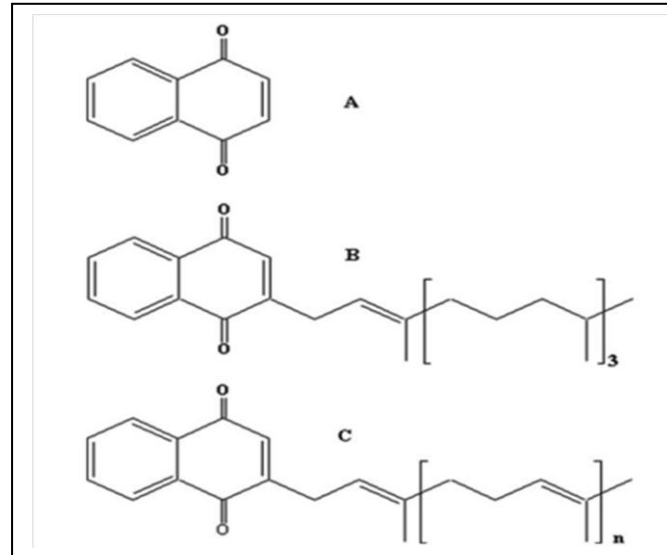


Figure 5 : Structure chimique des vitamines K (A: vit K3, B : vit K1, C : vit K2) (**Pressac et al.,2003**)

Les Vit K se trouvent surtout dans les aliments d'origine végétale, en particulier les légumes verts comme les épinards, le brocoli, le chou frisé et le chou vert (**Suttie et al.,2011**).

2.2 Minéraux

Les minéraux se divisent en deux catégories

- **Les macroéléments** : ils sont nécessaires en grandes quantités, et jouent un rôle clé dans les fonctions structurales ainsi que dans la conduction nerveuse (**Baj et al., 2020**).

- **Les oligoéléments** : ils sont présents dans l'organisme en très petites quantités, et jouent un rôle essentiel dans les processus métaboliques, notamment dans la régulation enzymatique, hormonale ou encore immunitaire (**Roussel et al.,2017 ; Dharmalingam et al., 2021**).

2.2.1 Macroéléments

-**Magnésium (Mg)** : Il est essentiel pour garantir le bon fonctionnement du système nerveux, permet le stockage et la libération de la sérotonine et de la dopamine ainsi que la transmission nerveuse et neuromusculaire (**Kumar et al., 2024**).

Les principales sources alimentaires de Mg sont le cacao et le chocolat noir, suivis des fruits à coque, des mollusques, des céréales complètes, ainsi que des fruits et légumes secs. On en retrouve également dans les fruits et légumes frais, les viandes, les poissons et les produits laitiers (Copp *et al.*,2024).

-Potassium (K) : Il est essentiel au maintien du potentiel membranaire de repos et à la régulation des potentiels d'action des cellules nerveuses. Il permet une bonne communication neuronale, et joue un rôle dans la sécrétion d'insuline et le métabolisme du glucose (Zhang *et al.*, 2024).

Le K est présent dans une grande variété d'aliments, principalement d'origine végétale. Les fruits et les légumes en sont les sources les plus importantes. Parmi les fruits, on trouve la banane, l'avocat, l'abricot, l'orange. Les légumes comme les épinards, les patates douces, les pommes de terre, les betteraves et les tomates en sont également riches. Les légumineuses (lentilles, pois chiche), les noix (les amandes, les noix du Brésil), ainsi que les produits laitiers (lait, yaourt) et certains poissons (saumon, thon) sont également de bonnes sources de K (Weaver *et al.*,2013).

-Phosphore (P) : Il est essentiel au métabolisme du glucose (Brown *et al.*,2020).

Parmi les principales sources de P, on peut citer les produits d'origine animale : poissons, volailles et viandes rouges; mais aussi les produits laitiers (lait, fromage), et certaines légumineuses (haricots) et céréales complètes (Calvo *et al.*,2013).

- Calcium (Ca): Il est essentiel au fonctionnement des muscles lisses vasculaires (Nawaz *et al.*,2014).

Les produits laitiers constituent la principale source de Ca notamment le lait, le fromage et le yaourt. Certains légumes, comme le chou frisé et le brocoli, sont également d'excellentes sources de Ca. On en trouve aussi dans les céréales, la viande et ses dérivés ainsi que dans les poissons. Par ailleurs, certaines eaux minérales sont naturellement riches en Ca (Papageorgiou *et al.*,2022)

2.2.2 Oligoéléments

- Sélénium (Se): Il est essentiel au bon fonctionnement de plusieurs sélénoprotéines, impliquées dans les défenses antioxydants du cerveau et du système nerveux (Wang *et al.*,2019).

Les sources alimentaires de Se se répartissent entre les aliments d'origine végétale et animale. Parmi les sources végétales, figurent les crucifères telles que le brocoli et le chou blanc, les légumes bulbeux comme l'ail et l'oignon, ainsi que certains légumes spécifiques comme les asperges, les lentilles et les champignons. Les noix du Brésil constituent également une source végétale particulièrement riche en Se. Les aliments d'origine animale, notamment la viande, les œufs et le poisson, présentent des teneurs plus constantes et plus élevées en Se (**Kipp et al., 2015**).

- **Fer (Fe)** : Il est impliqué dans la synthèse de nombreux neuromédiateurs (**Kassir et al., 2017**).

Parmi les aliments riches en Fe, on peut citer les produits d'origine animale tels que les viandes rouges (le bœuf, l'agneau et le foie), les abats comme les rognons, la volaille, notamment la dinde et le poulet, ainsi que les poissons et les fruits de mer. Pour les produits d'origine végétale, on peut citer les légumineuses (lentilles, pois chiches, haricots blancs), les légumes à feuilles vertes (épinards, chou frisé), les céréales complètes, ainsi que les fruits secs (**Dillons et al., 2000**).

- **Zinc (Zn)** : Il est essentiel à l'activité synaptique et à la plasticité neuronale, cruciale pour l'apprentissage et la mémoire (**Xue et al., 2022**). Il aide aussi à atténuer le stress oxydatif, lié à divers troubles neurologiques (**Li et al., 2022**).

Les aliments d'origine animale sont généralement les plus riches en Zn comme : les viandes rouges (bœuf, veau), les abats et les produits laitiers. Alors que les aliments d'origine végétale contiennent également du Zn, sa biodisponibilité est souvent réduite comme c'est le cas pour les légumineuses (pois chiches, haricots) et les céréales complètes (riz, blé complet) ainsi que le chocolat noir (**Mai et al., 2024**).

- **Cuivre (Cu)** : Il est essentiel à la synthèse des neurotransmetteurs, à la myélinisation et à la protection contre le stress oxydatif (**Giampietro et al., 2018**).

Parmi les sources alimentaires riches en Cu, figurent le foie, les crustacés, la viande rouge, le lait, le chocolat, les champignons, les noix et les haricots (**Myint et al., 2018**).

- **Iode (I)** : Il entre dans la composition des hormones thyroïdiennes, lesquelles jouent un rôle crucial dans la croissance et le développement précoce de nombreux organes, notamment celui du cerveau (**Sethi et al., 2004**).

Les aliments les plus riches en I sont les produits de mer comme les poissons de mer (thon, maquereau), les fruits de mer (crevettes, moules), et les algues marines, qui sont parmi les sources les plus concentrées en I. On le trouve aussi dans le lait et les produits laitiers (yaourt, fromage), dans les œufs particulièrement le jaune, ainsi que dans les viandes (**Lecerf et al., 2023**).

2.3 Acides gras

Les acides gras (AG) représentent les principaux constituants des lipides. Ils se présentent sous la forme de monoacides aliphatiques (R-COOH), composés d'une chaîne hydrocarbonée linéaire comportant généralement un nombre pair d'atomes de carbone et se terminant par un groupement carboxyle (-COOH) (**Guesnet et al., 2005**).

Les AG se différencient par la longueur de leur chaîne carbonée et leur degré d'insaturation, déterminé par la présence ou l'absence de doubles entre les atomes de carbone (**figure 6**). Selon ces critères, on distingue : (**Walrand et al., 2010**).

- **Les acides gras saturés** : ces AG ne possèdent aucune double liaison dans leur chaîne carbonée, ce qui leur confère une structure linéaire et une grande stabilité chimique. Les molécules d'AGS peuvent se tasser étroitement les unes contre les autres, expliquant leur état solide à température ambiante (**Nolan et al., 2009 ; Legrand et al., 2015**).

- **Les acides gras mono-insaturés** : possèdent une seule double liaison dans leur chaîne, créant une légère courbure dans la structure moléculaire. Cette courbure empêche les molécules de s'agglutiner aussi étroitement que les AGS, leur conférant ainsi une plus grande fluidité à température ambiante (**Lecerf et al., 2010**).

- **Les acides gras polyinsaturés (AGPI)**, comportent deux doubles liaisons ou plus dans leur chaîne carbonée, ce qui leur confère une structure encore plus souple. Ils jouent un rôle clé dans la régulation de la signalisation antioxydante et des processus inflammatoires (**Calder et al., 2015**).

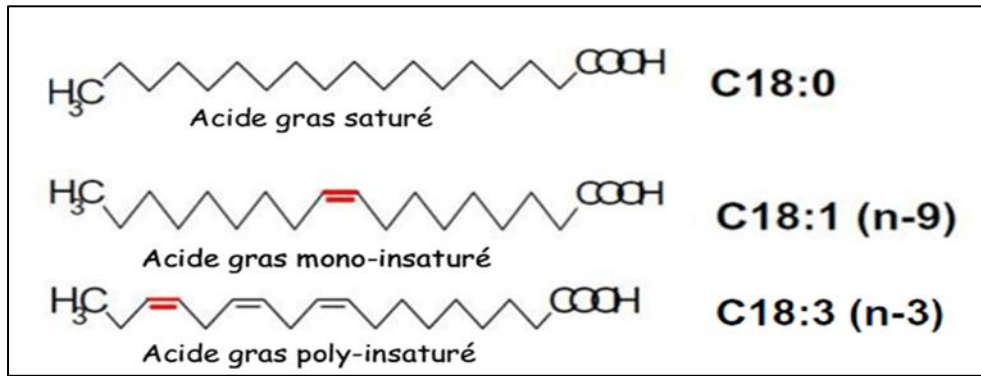


Figure 6 : Catégories des acides gras (Dubois *et al.*,2025)

Les AG sont indispensables au développement cérébral, à la fonction immunitaire, ainsi qu'à la régulation de l'inflammation et de la douleur (Sahley *et al.*, 2010). Parmi eux, on distingue :

- **Les Oméga-3** : qui sont essentiels au développement cérébral et à la transmission neuronale (Djuricic *et al.*, 2023) (Figure 7).

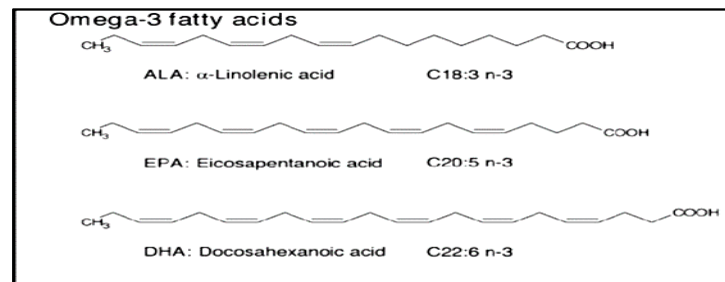


Figure 7: Structure chimique des Oméga-3 (Huang *et al.*,2025)

- **Les Oméga-6** : qui jouent un rôle central dans plusieurs fonctions physiologiques, telles que: la croissance cellulaire, la réponse inflammatoire et le métabolisme cérébral (Sampath *et al.*, 2004) (Figure 8).

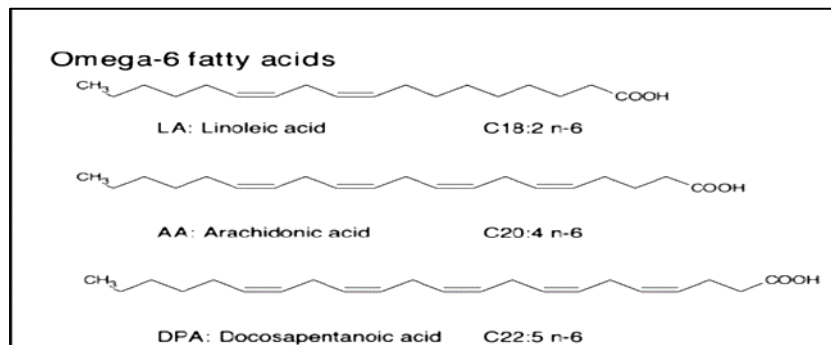


Figure 8 : Structure chimique des Oméga-6 (Huang *et al.*,2025)

Les types d'acides gras majoritaires varient selon les aliments. Les huiles végétales sont riches en AGPI, principalement les oméga-3 et oméga-6. Les poissons gras, contiennent également des AGPI, mais dominés par des oméga-3 spécifiques. Les fruits oléagineux apportent essentiellement les AGMI. Enfin, les viandes contiennent surtout des AGS (**Raclot et al., 2000**).

3. Rôles

Les micronutriments jouent un rôle prépondérant dans de nombreux processus physiologiques, ils sont importants à la fonction immunitaire (**Amiot-Carlin et al., 2017**), au développement du cerveau et à d'autres fonctions importantes tels que le développement, le mouvement et la croissance (**Krause et al., 2012**).

Les micronutriments exercent leurs rôles, dans les différents processus métaboliques de l'organisme en tant que coenzymes ou cofacteurs (**Opara et al., 2006**).

3.1 Rôle comme cofacteurs

Les cofacteurs sont généralement des ions métalliques tels que Mg^{2+} , Zn^{2+} ou Fe. Ils jouent un rôle essentiel dans le bon fonctionnement des enzymes, et participent ainsi à diverses fonctions biologiques fondamentales telles que:

- La transmission de l'influx (**Zhang et al., 2022**),
- La stabilisation enzymatique qui contribue à maintenir la conformation tridimensionnelle des enzymes (**Cowan et al., 2002**),
- Ils participent directement aux réactions catalytiques (**Cowan et al., 2002**),
- La protection contre le stress oxydatif (**Kalinina et al., 2008**). Les cofacteurs sont indispensables au bon déroulement des réactions enzymatiques antioxydantes, mais assurent aussi la neutralisation des radicaux libres formés lors de divers processus métaboliques physiologiques, tels que l'inflammation ou la respiration mitochondriale (**Giraud et al., 2023**).
- La régulation du métabolisme énergétique qui est impliquée dans l'activation d'enzymes clés intervenant dans des voies métaboliques essentielles telles que la glycolyse ou le cycle de Krebs (**Chowanadisai et al., 2016**). Bien qu'ils n'aient pas un rôle énergétique, ils permettent néanmoins la libération d'énergie (**Kennedy et al., 2016**). Ils interviennent notamment en facilitant le transfert d'électrons au sein de la chaîne respiratoire mitochondriale. Ce processus est crucial pour la production de la majeure partie de l'ATP cellulaire par phosphorylation

oxydative, l'ATP constituant la principale source d'énergie nécessaire au fonctionnement des cellules (**Vukotic et al.,2012**).

Les micronutriments interviennent aussi au niveau hormonal. Le Se et l'I sont indispensables à la synthèse des hormones thyroïdiennes. L'I entre directement dans la composition de ces hormones, et une carence en ce minéral peut entraîner un dysfonctionnement de la thyroïde. De son côté, le Se, via les sélénoprotéines, protège les thyrocytes contre les dommages induits par le peroxyde d'hydrogène généré au cours de la synthèse des hormones thyroïdiennes (**Kohrle et al.,2005**).

3.2 Rôle comme coenzymes

Les coenzymes sont des molécules organiques non protéiques, généralement issues de vitamines, qui accompagnent les enzymes dans les réactions biochimiques en transférant temporairement des groupes fonctionnels, des électrons ou des atomes d'hydrogène. Elles jouent un rôle fondamental dans le transfert d'électrons et possèdent également des propriétés antioxydants. (**McCormick et al., 2006**).

Exemples:

- Le coenzyme Q10 (CoQ10), intervient de manière centrale dans la chaîne de transport d'électrons au sein des mitochondries, où il facilite la production d'ATP (**Manzar et al., 2020 ; Gasmi et al., 2022**).

- Le coenzyme A (CoA) intervient dans la régulation du métabolisme énergétique, il est essentiel dans le métabolisme des acides gras, le cycle de Krebs, et la synthèse des neurotransmetteurs (**Dobrzyn et al.,2022**).

Certaines vitamines hydrosolubles interviennent comme précurseurs de coenzymes. Parmi elles, on peut citer :

- La Vit B3 qui est le précurseur du Nicotinamide Adénine Dinucléotide (NAD). Le NAD participe aux réactions catalysées par les enzymes sirtuines et les histones désacétylases, impliquées dans les processus de vieillissement. Il participe aussi au transfert d'électrons dans la chaîne respiratoire mitochondriale (**Guo et al.,2018**).

- La Vit B9 donne naissance au tétrahydrofolate, un cofacteur enzymatique indispensable à la synthèse des bases puriques, pyrimidique, ainsi que de certains acides aminés tels que la sérine, la méthionine et l'histidine (**Stanger et al., 2002**).

Chapitre II : Carences en micronutriments

1. Définition

Les carences alimentaires correspondent à un apport insuffisant en nutriments essentiels, qu'ils soient des macronutriments ou des micronutriments. Elles se manifestent par une diminution significative des niveaux de ces éléments, ce qui peut entraîner des risques importants pour la santé (**Kiani et al., 2022**).

Les carences en micronutriments, ou « faim cachée », sont un problème de santé mondial majeur touchant plus de deux milliards de personnes. Elles résultent d'un manque des vitamines, de minéraux et d'acides gras, indispensables au développement physique et mental (**Ritchie et al., 2017**).

2. Conséquences sur la santé

Les carences des micronutriments peuvent affecter la production des neurotransmetteurs et perturber le fonctionnement des neurones, ce qui peut entraîner des troubles moteurs et une diminution des capacités cognitives (**Maxwell et al., 2013**).

Le Fe par exemple est essentiel à la production de dopamine, et sa carence peut entraîner des troubles cognitifs ainsi qu'une fatigue émotionnelle. Un déficit en Fe peut également altérer la production d'ATP et intensifier le stress oxydatif, favorisant ainsi le développement de maladies neurodégénératives (**Höglund et al., 2019**).

Par ailleurs, un déficit en vitamines et minéraux est particulièrement associé à un risque accru de troubles cognitifs et psychologiques, en raison d'une altération du métabolisme - énergétique cérébral (**Bastian et al., 2020**).

De plus, les carences en micronutriments sont associées à plusieurs maladies, notamment le diabète, le cancer, la dépression et la bipolarité (**Pandarathan et al., 2024**).

Cette association entre carences en micronutriments et dépression/bipolarité, serait probablement due à des déficits en vitamines B, Mg et Fe. Ces carences peuvent perturber le fonctionnement du cerveau puisque ces éléments sont impliqués dans plusieurs voies métaboliques (**Sánchez-Villegas et al., 2018**).

Par exemple, la vit B6 est essentielle à la conversion du tryptophane et la synthèse de la sérotonine et de la dopamine (**Allen et al., 2010**). Une carence peut donc altérer la

signalisation de la sérotonine, ce qui peut entraîner des troubles de l'humeur (**Fields et al., 2021**).

D'autre part, un faible taux de vit B9 et /ou vit B12, est fréquemment observé chez les personnes souffrant de troubles mentaux (**Rajen et al., 2025**), de déclin cognitif ainsi que des troubles de l'humeur et même de dépression (**Moretti et al., 2017**). Cette carence est associée à une élévation des niveaux d'homocystéine (**Moretti et al., 2017 ; Rajen et al., 2025**). L'accumulation de l'homocystéine peut entraîner des effets neurotoxiques en provoquant un stress oxydatif et des lésions de l'ADN, favorisant ainsi les processus neurodégénératifs et augmentant le risque de dépression (**Rajen et al., 2025**).

L'une des principales fonctions neurologiques du Mg est due à son interaction avec le récepteur N-méthyl-D-aspartate. De faibles taux de Mg pourraient théoriquement potentialiser la neurotransmission glutamatergique, créant ainsi un environnement propice à l'excitotoxicité, entraînant un stress oxydatif et la mort des cellules neuronales (**Kirkland et al., 2018**).

En plus des troubles neurologiques et mentaux, le manque de micronutriments peut perturber les mécanismes métaboliques et favoriser les complications liées au diabète.

En effet, une carence en vit D serait liée à une augmentation de la gluconéogenèse hépatique, entraînant une production excessive de glucose par le foie et un risque accru de diabète. Des études suggèrent que la forme active de la vit D, la 1,25-dihydroxyvitamine D, joue un rôle essentiel dans la régulation du métabolisme du glucose, notamment par l'intermédiaire de sirtuine 1 et de la voie de signalisation mTORC2/Akt. Un déficit en vit D réduit l'expression de Sirt1, favorisant ainsi l'activation des gènes impliqués dans la gluconéogenèse et une surproduction de glucose hépatique (**Yuan et al., 2022**).

D'autre part, les carences en Mg et en Cr altèrent significativement la signalisation de l'insuline, notamment via la voie PI3K/Akt, et seraient liées à une diminution de la fonction des cellules bêta pancréatiques, entraînant une diminution de la sécrétion d'insuline et une augmentation de la résistance à l'insuline (**Akimbekov et al., 2024**).

Le cancer aussi ne serait pas sans lien avec les carences en micronutriments. Des études ont montré que celles-ci jouent un rôle clé dans le développement du cancer en affectant des voies métaboliques essentielles (**Kim et al., 2023**).

Par exemple, la voie de la réparation de l'ADN est directement impactée par la carence en vit B9, une carence qui entraîne une mauvaise incorporation de l'uracile et une altération de la méthylation, ce qui peut provoquer des cassures de l'ADN et des aberrations chromosomiques (**Salih et al., 2024**).

D'autre part, la vit B12 est essentielle à la régulation du cycle de l'homocystéine et à la méthylation de l'ADN, sa carence peut entraîner des altérations épigénétiques favorisant l'expression de gènes oncogènes (**Babu et al., 2024**).

Une carence en Mg aussi serait liée au cancer. Puisque cet élément est essentiel à la production d'ATP et au fonctionnement des enzymes, une carence peut perturber la phosphorylation oxydative, favorisant ainsi les voies glycolytiques dans les cellules cancéreuses (**Tyumin et al., 2024**).

Les carences en micronutriments affectent également le développement des cancers en raison de leur relation avec le stress oxydatif et l'inflammation (**Duarte et al., 2022**). Parmi le manque de Mg/Zn et Se, affecte les fonctions enzymatiques et les mécanismes de défense antioxydante, et leurs carence peuvent entraîner un stress oxydatif (**David et al., 2023**).

Par ailleurs, l'association carences en micronutriments et maladies inclue également les pathologies cardiovasculaires. Il est établi que des carences en vit B6, B9 et B12, éléments essentiels au cycle de la méthionine et le recyclage de l'homocystéine, peuvent entraîner une hyperhomocystéinémie augmentant le risque cardiovasculaire (**Semme et al., 2024**).

La carence en vit D serait également liée au risque cardiovasculaire. En effet, elle stimule la libération d'oxyde nitrique par l'endothélium, ce qui diminue l'inflammation vasculaire (**Dusso et al., 2024**). Les récepteurs de la vit D se trouvent dans les cellules cardiovasculaires et affectent la prolifération cellulaire et l'apoptose. Ainsi, un déséquilibre nutritionnel lié à la vit D, affecte directement cette voie, augmentant le risque de complications cardiovasculaires (**Rafi et al., 2024**).

La carence en vit E aussi serait liée aux pathologies cardiovasculaires. Elle inhibe l'oxydation des LDL, ce qui est crucial dans la prévention de l'athérosclérose (**Papandreou et al., 2024**). Un manque de vit E entraîne une accumulation accrue de cholestérol oxydé dans les artères, favorisant l'athérosclérose (**Zaidi et al., 2024**).

3. Diagnostic

Le diagnostic de carences en micronutriments repose sur une approche combinée d'évaluation clinique, de tests biologiques et une enquête alimentaire (**Berger et al., 2023**). Ce diagnostic permet de détecter précocement les déséquilibres nutritionnels, souvent discrets, qui peuvent aggraver diverses pathologies chroniques, notamment neurologiques, psychiatriques, métaboliques ou cardiovasculaires (**Weisshof et al., 2015**).

Le diagnostic clinique permet de détecter certains symptômes doivent alerter sur des carences en micronutriments, notamment une fatigue persistante, des troubles cognitifs discrets des modifications de l'humeur, des douleurs musculaires diffuses, ou encore des signes neurologiques périphériques (paresthésies, crampes) et la neuropathie ou la rétinopathie (**Verma et al., 2021**).

Le diagnostic biologique comprend le dosage sanguin mesurant les niveaux de micronutriments essentiels (**De Luca et al., 2021**).

Le dosage plasmatique de la vitamine B6 permet d'identifier des déficits susceptibles d'affecter le système nerveux central, la synthèse des neurotransmetteurs, ainsi que la régulation de l'homocystéine. Plusieurs techniques analytiques sont utilisées pour évaluer le statut en vitamine B6, notamment les tests microbiologiques, enzymatiques, ainsi que les méthodes chromatographiques couplées à la détection par spectrofluorimétrie ou spectrométrie de masse (**Kessler et al., 2003**).

Une méthode indirecte d'évaluation des réserves en B6 consiste à mesurer des métabolites du tryptophane, tels que le kynurénate et le xanthurénate, dont la synthèse dépend du pyridoxal-5-phosphate (PLP), forme active de la vitamine B6 (**Sujol et al., 2011**).

Par ailleurs, le dosage plasmatique du zinc et du sélénium constitue la méthode de référence utilisée en routine clinique pour évaluer le statut en ces oligo-éléments essentiels, en particulier chez les patients à risque de déficiences (**Shames et al., 2000; Rayman et al., 2012**).

Concernant le dosage sérique, il est couramment utilisé pour évaluer le statut en vitamine D, en mesurant le taux de 25-hydroxyvitamine D [25(OH)D], considéré comme le principal biomarqueur circulant. Toutefois, la validité de ce marqueur reste sujette à controverse en raison des variabilités méthodologiques et des résultats contradictoires rapportés dans la littérature (**Bivona et al., 2022**).

Enfin le dosage des vit 9 sériques reflète le statut de vit 9 à court terme et dépend fortement de l'apport alimentaire récent. Cette variabilité peut entraîner des faux négatifs, masquant une éventuelle carence tissulaire persistante. Il est donc recommandé, dans certains cas, d'associer ce test à la mesure des folates intra-érythrocytaires, plus représentative des réserves de l'organisme (**Guyader *et al.*, 2019**).

Références bibliographiques

A

Abu-Ouf N.M., Jan M.M. (2014) The influence of fish oil on neurological development and function. *Can J Neurol Sci*; 41(1):13-8.

Akimbekov N., Coban S.O., Atfi A.,Razzaque M.S. (2024) The role of magnesium in pancreatic beta-cell function and homeostasis. *Frontiers in Nutrition*, 11.

Akimbekov N., Coban S.O., Atfi A.,Razzaque M.S. (2024) The role of magnesium in pancreatic beta-cell function and homeostasis. *Frontiers in Nutrition*, 11.

Ali M.N., Masaad A.A., Papandreou D. (2024) Vitamin D and Cardiovascular Diseases. 60–69.

Allen G.F.G., Neergheen V., Oppenheim M., Fitzgerald J.C., Footitt E., Hyland K., Clayton P. E., Land J.M., Heales S. (2010) Pyridoxal 5'-phosphate deficiency causes a loss of aromatic l-amino acid decarboxylase in patients and human neuroblastoma cells, implications for aromatic l-amino acid decarboxylase and vitamin B6 deficiency states. *Journal of Neurochemistry*, 114(1), 87–96.

Amiot-Carlin M.J., Coxam V. (2017) Vitamines et minéraux, micronutriments essentiels. *Jardins de France*, (645), 3-6.

Amraoui N., Dennouni-Medjati N., Dali-Sahi M., Harek Y., Guermouche, B., Benosman C. (2024). L'apport alimentaire en micronutriments dans le trouble du spectre de l'autisme chez des enfants de l'ouest Algérien. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 38(1), 16-21.

B

Babu K.R., Adepv V.K.,Nagaraju R. (2024) L'hypométhylation de l'ADN pourrait être un biomarqueur prédictif des carences en vitamine B chez la population active. *Toxicology International* .

Bagheri S., Haddadi R., Saki S., Kourosch-Arami M., Rashno M., Mojaver A., Komaki A. (2023) Neuroprotective effects of coenzyme Q10 on neurological diseases: a review article. *Frontiers in Neuroscience*, 17.

Baj J., Flieger W., Teresiński G., Buszewicz G., Sitarz E., Forma A., Karakula K., Maciejewski R. (2020) Magnesium, Calcium, Potassium, Sodium, Phosphorus, Selenium, Zinc, and Chromium Levels in Alcohol Use Disorder: A Review. *Journal of Clinical Medicine*, 9(6), 1901.

Barbagallo M., Dominguez L.J. (2015) Magnesium and type 2 diabetes. *World J Diabetes*;6(10):1152–1157.

Bastian T.W., Rao R., Tran P.V., Georgieff M.K. (2020) Les effets d'une carence en fer en début de vie sur le métabolisme énergétique cérébral : 15 , 2633105520935104.

Baudin B. (2019) Les vitamines du groupe B: structures et rôles dans le métabolisme, déficits nutritionnels. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2019(514), 36-44.

Behar A., Dennouni-Medjati N., Dali-Sahi M., Harek Y., Belhadj M., Benslama Y., Kachecouche Y. (2020). Dietary selenium intake and risk of type 2 diabetes in a female population of western Algeria. *Nutrition Clinique et Metabolisme*, 34(3), 254-258.

Benedik E. (2021) Sources of vitamin D for humans. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*.

Benslama Y., Dennouni-Medjati N., Dali-Sahi M., Kahloula S., Behar A., Kachecouche Y., Harek Y. (2020). Dietary intake of magnesium in a type 1 diabetic pediatric population. *Magnesium Research*, 33(2), 37-44.

Berger M.M., Bindels L.B., Calder P.C., de Man A.M.E., Delzenne N.M., Genton L., Laviano A., Serlie M.J. (2023) La science des micronutriments en pratique clinique – Compte rendu du symposium ESPEN. *Nutrition clinique*.

Berger M.M., Roussel A.M. (2017) Complémentation ou supplémentation en oligo-éléments: qui, pourquoi, comment? *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 31(2), 93-102.

Blackwell T.L et McDermott A.N. (2014) Revue du questionnaire de santé du patient-9 (PHQ-9).

Bonnan.(2024) Itamines en neurologie : la vitamine C, *Pratique Neurologique - FMC*, Volume 15, Issue 3

Borel P., Amiot-Carlin M. J. (2016) Absorption, métabolisme et effets santé de la vitamine E. *Lipid Nutri+*, (32), 1-6.

Brown R.B. (2020) Diabetes, Diabetic Complications, and Phosphate Toxicity: A Scoping Review. *Current Diabetes Reviews*, 16(7), 674–689.

Budinger D., Barral S., Soo A.K.S., Kurian M.A., Kurian M.A. (2021) The role of manganese dysregulation in neurological disease: emerging evidence. *Lancet Neurology*, 20(11), 956–968.

Buxeraud J., Faure S. (2021). La vitamine C. *Actualités Pharmaceutiques*, 60(604), S24-S26.

C

Calder P.C., Calder P.C., Calder P. C. (2015) Functional Roles of Fatty Acids and Their Effects on Human Health. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 39.

Calvo MS., Uribarri J. (2013) Impact de l'excès de phosphore alimentaire sur la santé osseuse et cardiovasculaire de la population générale. *The American Journal of Clinical Nutrition* , 98 (1), 6-15.

Chasapis C.T., Loutsidou A.C., Spiliopoulou C.,Stefanidou M.(2012) Zinc and human health: an update. *Archives of Toxicology*, 86(4), 521–534.

Chaturvedi A., Guin N.B. (2021) Micronutrient Deficiency. *International Journal of Science and Research*, 10(8), 1210–1212.

Chowdhury S.R., Ray S. (2024) Micronutrient Deficiency in Indian Diet.

Christakos S., Dhawan P., Verstuyf A., Verlinden L., Carmeliet G. (2016) Vitamine D : métabolisme, mécanisme d'action moléculaire et effets pléiotropes. *Revue physiologique*,96 (1), 365-408.

Copp K.L., Steffen L.M., Yi S. Y., Lutsey P. L., Rebholz C. M., Rooney M. R. (2024) Magnesium-Rich Diet Score is Inversely Associated with Incident Cardiovascular Disease: The Atherosclerosis in Communities (ARIC) Study. *European Journal of Preventive Cardiology*.

Coudron O. (2019) Rôle de la nutrition et de la micronutrition dans la lutte contre les troubles de l'humeur. *Actualités Pharmaceutiques* 58 (590): 33 38.

D

Dai J. (2022) The Relative Deficiency of Potassium Ions in Nerve Cells Causes Abnormal Functions and Neurological and Mental Diseases. *Natural Science*, 14(10), 441–447.

Das U.N. (2006) Essential Fatty acids – a review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 7(6), 467–482.

David C.G ., Norma O.B., Maribel O.H., Armando V.P ., Ernestina H.G., Gerardo B.J ., Hugo J.O . (2023) Évaluation des rôles du magnésium et du zinc dans les troubles cliniques. Recherche neurovasculaire actuelle , 20 (4), 505-513.

De Martinis M., Allegra A., Sirufo M.M., Tonacci A., Pioggia G., Raggiunti M., Raggiunti M., Ginaldi L., Ginaldi L., Gangemi S. (2021) Carence en vitamine D, ostéoporose et effet sur les maladies auto-immunes et l'hématopoïèse : une revue. Journal international des sciencesmoléculaires, 22 (16), 8855.

Devaki S. J., Raveendran R. L. (2017) Vitamin C: sources, functions, sensing and analysis. In Vitamin C. IntechOpen.

Dharmalingam K., Birdi A., Tomo S., Sreenivasulu K., Charan J., Yadav D., Purohit P., Sharma P. (2021) Trace Elements as Immunoregulators in SARS-CoV-2 and Other Viral Infections. Indian Journal of Clinical Biochemistry, 36(4), 1–11.

Di Pasquale M.G. (2009) The Essentials of Essential Fatty Acids. Journal of Dietary Supplements, 6(2), 143–161.

Dillon J. C. (2000) Prévention de la carence en fer et des anémies ferriprives en milieu tropical. Médecine tropicale, 60(1), 83-91.

Djuricic I., Philip C.,Calder. (2021) Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: An Update for 2021 . Nutrients 13 (7): 2421.

Djuricic I.,Calder P.C (2023) Pros and Cons of Long-Chain Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Cardiovascular Health. Annu Rev Pharmacol Toxicol. Jan 20;63:383-406.

Dobryniewski J., Szajda S.D., Waszkiewicz N., Zwierz K.(2007) Biology of essential fatty acids (EFA). Przegląd Lekarski, 64(2), 91–99.

Duarte G.B.S., Reis B.Z., Rogero M.M. (2022) Rôle des micronutriments zinc et sélénium dans l'inflammation et le stress oxydatif (pp. 181–188).

Dusso A., Bauerle K.T.,Bernal- Mizrachi C. (2024) Vitamin D and the cardiovascular system (pp. 511–535). Elsevier BV.

E

Ebrahimi A., Kamyab A., Hosseini S., Ebrahimi S., Ashkani-Esfahani S. (2023) Involvement of Coenzyme Q10 in Various Neurodegenerative and Psychiatric Diseases. *Biochemistry Research International*, 2023.

F

Fields A.M., Welle K.A., Ho E.S., Mesaros C., Susiarjo M. (2021) Vitamin B6 deficiency disrupts serotonin signaling in pancreatic islets and induces gestational diabetes in mice. 4(1), 421.

G

Giampietro R., Spinelli F., Contino M., Colabufo N.A. (2018) Le rôle essentiel du cuivre dans la neurodégénérescence : une nouvelle stratégie thérapeutique pour les maladies neurodégénératives. *Molecular Pharmaceutics* , 15 (3), 808–820.

Giraud S. (2023) Le rôle des micronutriments dans le cancer du sein et de la prostate: conseils à l'officine.

Godswill A.G., Somtochukwu I. V., Ikechukwu A. O., Kate E. C. (2020) Health benefits of micronutrients (vitamins and minerals) and their associated deficiency diseases: A systematic review. *International Journal of Food Sciences*, 3(1), 1-32.

Gromova O.A., Torshin I.Y., Gromov A.N. (2023) Possibilities of using coenzyme Q10 for the treatment of diseases associated with mitochondrial dysfunction and chronic inflammation.

Guilland J.C., Aimone-Gastin I. (2013) Vitamine B9. *La Revue du praticien* , 63 (8), 1079-1081.

Guo R., Gu J., Zong S., Wu M., Yang M. (2018) Structure and mechanism of mitochondrial electron transport chain. *Biomedical journal*, 41(1), 9-20.

Gush L., Shah S., Gilani F. (2021) Macronutriments et micronutriments. Dans *Une prescription pour une vie saine* (pp. 255-273). Presses universitaires.

Guyader M., Loïc G. (2019) « Les vitamines B9 et B12 : rôle métabolique, étiologies et conséquences des carences, méthodes d'exploration et recommandations nutritionnelles ». *Revue Francophone des Laboratoires* 2019 (514) : 55- 64.

H

Heer M., Titze J., Smith S.M., Baecker N. (2015) Vitamines hydrosolubles (p. 37–40).

Höglund E., Øverli Ø., Winberg S. (2019) Tryptophan Metabolic Pathways and Brain Serotonergic Activity: A Comparative Review. *Frontiers in Endocrinology*, 10, 158.

Horrobin D.F., Bennett C.N. (1999) Depression and bipolar disorder: relationships to impaired fatty acid and phospholipid metabolism and to diabetes, cardiovascular disease, immunological abnormalities, cancer, ageing and osteoporosis. Possible candidate genes. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 60(4), 217–234.

I

Islam H., Hassaan S.M., Islam R., Islam T., Zaidi F.H., Rehman H.U., Haque M.d.M., Turabee, Z., Asim M., Ahmad I., Naveed A.K. (2024) Vitamin D's Role in Cardiovascular Diseases. *Discovery Medicine*, 36(189), 1973.

J

Jakubowski H., Witucki Ł. (2025) Homocysteine Metabolites, Endothelial Dysfunction, and Cardiovascular Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(2), 746.

Jurowski K., Szewczyk B., Nowak G., Nowak G., Piekoszewski W. (2014) Biological consequences of zinc deficiency in the pathomechanisms of selected diseases. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 19(7), 1069–1079.

K

Karim N. (2018) Copper and human health- a review., *Journal of Bahria University Medical and Dental College*, 8(2), 117–122.

Karthikeyan K., Jagadeesan R., Mohapatra R.K., Jena J.K. (2024) Role of Micronutrients in Preventing Chronic Diseases: A Review. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 16(12), 159–178.

Kassir A. (2017) Carence en fer : une perspective diagnostique et thérapeutique en psychiatrie. *L'Encéphale* 43 (1): 85 89.

Kennedy, D.O. (2016) Vitamines B et cerveau : mécanismes, dose et efficacité – Une revue. *Nutriments*, 8 (2), 68.

Kiani A., Dhuli K., Donato K., Aquilanti B., Velluti V., Matera G., Iaconelli A., Connelly, S.T., Bellinato F., Gisoni P., Bertelli M. (2022) Main nutritional deficiencies
Journal of Preventive Medicine and Hygiene, 63, E93-E101.

Kieliszek M.(2019)Selenium–fascinating microelement, properties and sources in food.Molecules 24, 1298.

Kipp A.P., Strohm D., Brigelius-Flohe R., Schomburg L., Bechthold A., Leschik-Bonnet E., Hesecker H.,German.(2015) Nutrition S. Revised reference values for selenium intake. J. Trace Elem. Med. Biol., 32, 195–199.

Kirkland S., Holton. (2018) The Role of Magnesium in Neurological Disorders.2018 Jun 6 ;10(6) :730.

Kirkland A.E., Sarlo G.L.,Holton K.F. (2018) Le rôle du magnésium dans les troubles neurologiques. Nutrients , 10 (6), 730.

Kohrle J., Jakob F., Contempré B., Dumont J. E. (2005) Selenium, the thyroid, and the endocrine system. Endocrine reviews, 26(7), 944-984.

Krause M., Mahan L., Escott-Stump S., Raymond, J. (2012) Krause's Food & the Nutrition Care Process. 13th. US: Saunders, 151-3.

Kroenke K, Spitzer RL, Williams JB. The PHQ-9. (2001) validity of a brief depression severity measure. J Gen Intern Med. Sep;16(9):606-13.

Kumar A., Mehan S., Tiwari A., Khan Z., Gupta G. D., Narula A. S., Samant, R. (2024) Magnesium (Mg²⁺):Essential Mineral for Neuronal Health: From Cellular Biochemistry to Cognitive Health and Behavior Regulation. Current Pharmaceutical Design, 30.

L

Landrier J.F. (2011) Vitamine E et physiologie du tissu adipeux ». Oléagineux, Corps gras.

Lderón Guzmán D., Osnaya Brizuela N., Ortíz Herrera M., Valenzuela Peraza A., Hernández García E., Barragán Mejía G. et Juárez Olguín H. (2023) Évaluation des rôles du magnésium et du zinc dans les troubles cliniques. Recherche neurovasculaire actuelle , 20 (4), 505-513.

Lecerf J. M .(2023) Dothead dossier Sous-dothead Les algues, une alimentation du futur L'iode dans l'alimentation.

Li Z., Li Y., Wei, R., Yong V.W., amp .,Xue M. (2022) The Important Role of Zinc in Neurological Diseases. *Biomolecules*, 13(1), 28.

LiLayen S. (2010) Polyunsaturatedfattyacids, neuroinflammation and wellbeing.pides 18 (2): 83 87.

Loup-Leuciuc A., Loup P. J., Lombardi T., Samson J. (2011) Carence en vitamine B12 (1re partie): mise au point. *Médecine Buccale Chirurgie Buccale*, 17(3), 211-224.

M

Mallet E. (2014). Vitamine D. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 27(1), 29-38.

Martins L.G., Carvalho, A.S.E.S., Nunes F.V., Peixoto L.S., Ribeiro, M.A.P.S., Plácido G. R. (2022) Vitamina E como um fator de proteção contra doenças neurológicas. *Research, Society and Development*, 11(3).

Maxwell P.J., Montgomery S.C., Cavallazzi R., Martindale R.G .(2013) Quelles carences en micronutriments faut-il prendre en compte dans différents troubles neurologiques ? *Current Gastroenterology Reports* , 15 (7), 331.

Metsu D., Caspar-Bauguil S., Galinier A. (2023) Carences et excès en micronutriments. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 37 (3), 130-148.

Moravcová M., Siatka T., Lenka K.K., Matoušová K., Přemysl M. (2024) Biological Properties of Vitamin B12. *Nutrition Research Reviews*, 1 33.

Moretti R., Dal Ben M., Gazzin S., Tiribelli C. (2017) Homocysteine in Neurology: From Endothelium to Neurodegeneration. *Current Nutrition & Food Science*, 13(3), 163–175.

Murillo-Garcia, A., Leon-Llamas, JL, Villafaina, S., Rohlfs-Domínguez, P., et Gusi, N. (2021). Comparaison entre le MoCA et le MMSE chez les patients atteints de fibromyalgie : le rôle possible des tests à double tâche dans la détection des troubles cognitifs. *Journal of Clinical Medicine* , 10 (1), 125. <https://doi.org/10.3390/JCM10010125>

Myint Z.W., Oo T.H., Thein K.Z., Tun A.M., Saeed H. (2018) Copper deficiency anemia.*Annals of hematology* 97, 1527–1534.

N

Nawaz R., Amin R., Gul S., Khanani R.(2014) Association of Hypovitaminosis D and Hypocalcemia with Neuropsychiatric Disorders REVIEW LITERATURE.

Nitin R., Bowman A.B. (2018) Connections Between Manganese Neurotoxicity and Neurological Disease Editor(s):Michael Aschner, Lucio G.Costa,Advances in Neurotoxicology,AcademicPress,Volume 2,Pages 87-113,

Noor A., Shah, S.I.A. (2023) The Emerging Role of Vitamin D in Neurological Health and Disease. Global Journal of Medical, Pharmaceutical, and Biomedical Update, 18, 28.

O

O’Leary F., Samman S. (2010) Vitamin B12 in health and disease. Nutrients.;2(3):299–316.

Obdulio B.G. (2025) Novel neuroprotective therapies for Alzheimer's and Parkinson's disease - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-vitamin-E-tocopherol_fig2_286139594 [accessed 7 Jun 2025]

Opara E.C., Rockway S.W (2006) Antioxidants and micronutrients. Dis Mon.avr; 52(4):151-63.

P

Pandarathan S., Khatri A., Niharika M., Karthikeyan K., Jagadeesan R., Mohapatra R.K., Jena J.K. (2024) Rôle des micronutriments dans la prévention des maladies chroniques : une revue. Revue européenne de nutrition et de sécurité alimentaire, 16 (12), 159–178.

Papageorgiou M., Merminod F., Ferrari S., Rizzoli R., Biver E. (2022). Associations of calcium intake and calcium from various sources with blood lipids in a population of older women and men with high calcium intake. Nutrients, 14(6), 1314.

Papaneophytou C. (2024) L'effet Warburg : est-il toujours un ennemi ? Frontiers in Bioscience, 29 (12).

Pochwat B., Nowak G., Szewczyk B. (2015) Relation entre les récepteurs du zinc (Zn²⁺) et du glutamate dans les processus sous-jacents à la neurodégénérescence. Plasticité neuronale, 2015, 591563.

Popa D.S., Bigman G., et Rusu M.E.(2021) Le rôle de la vitamine K chez l'homme : implications dans le vieillissement et les maladies associées à l'âge. *Antioxydants*, 10 (4), 566.

Pressac M., Moussa F. (2003). Vitamine K et os: quelle relation?. *Immuno-analyse & Biologie Spécialisée*, 18(5), 242-247

R

Rafi M.S.,Merigala G.,Kattekola S. (2024) A Review on Vitamin D Deficiency and Risk of Cardiovascular Disease. *International Journal of Integrative Cardiology*.

Rajen N.,Velure H.W., Johnsen E., Bjørke- Monsen A. (2025) Impaired folate status in patients with mental disorders. *Acta Neuropsychiatrica*, 1–17.

Redman K., Ruffman T., Ce Fitzgerald P., Skeaff S. (2016) Iodine Deficiency and the Brain: Effects and Mechanisms. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(16), 269S.

Riphagen I.J., Riphagen I.J., Keyzer C.A ., Drummen N.E.A ., de Borst M.H., Beulens J.W.J., Beulens J.W.J., Gansevoort R.T., Geleijnse J.M., Muskiet,F.A.J., Navis G.,Visser S.T., Vermeer C., Kema I.P., Bakker S.J.L.,Bakker S.J.L.(2017) Prevalence and Effects of Functional Vitamin K Insufficiency: The PREVEND Study. *Nutrients*, 9(12), 1334.

Ritchie H et Roser M (2017) Carence en micronutriments Publié en ligne sur OurWorldInData.org. Consulté sur : <https://ourworldindata.org/micronutrient-deficiency>

Róg J., Łobejko Ł., Hordejuk M., Marciniak W., Derkacz R., Kiljańczyk A., Matuszczak M., Lubiński J., Nesterowicz M., Żendzian- Piotrowska M., Zalewska A., Maciejczyk M., Karakula- Juchnowicz H. (2024) Pro/antioxidant status and selenium, zinc and arsenic concentration in patients with bipolar disorder treated with lithium and valproic acid. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 17.

Roussel A. M. (2017) Déficits en micronutriments dans le surpoids et l'obésité: conséquences métaboliques et cliniques. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 31(4), 268-275.

S

Saari J. T. (2000) Copper deficiency and cardiovascular disease: role of peroxidation, glycation, and nitration. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 78(10), 848–855.

Salih A.A .(2024) Instabilité de l'ADN associée à une carence en folate. *Journal of Medical Genetics and Clinical Biology* , 1 (9), 16–22.

Sampath H., Ntambi J.M. (2004) Polyunsaturated fatty acid regulation of gene expression. *Nutrition Reviews*, 62(9), 333–339.

Sánchez-Villegas A., Perez-Cornago A., Zazpe I., Santiago S., Lahortiga F., Martínez-González M.Á., Martínez-González M.Á .,Martínez-González M.Á. (2018) Adéquation de l'apport en micronutriments et risque de dépression dans l'étude de cohorte SUN. *Journal européen de nutrition* , 57 (7), 2409-2419.

Savarino G., Corsello A., & Corsello G. (2021) Macronutrient balance and micronutrient amounts through growth and development. *Italian journal of pediatrics*, 47(1), 109.

Semme M.Y., Salam M.R.R.,Budiamin F.A. (2024) The role of folate, vitamin b12 and b6 in hyperhomocysteinemia as the risk factor of cardiovascular disease: narrative review. *Healthy Tadulako Journal (Jurnal Kesehatan Tadulako)*.

Sethi V., Kapil U Iodine deficiency and development of brain. Indian J Pediatr.(2004) Apr;71(4):325-9.5–2713.

Simopoulos A.P. (2004) Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio and Chronic Diseases. *Food Reviews International*, 20(1), 77–90.

Stanger O. (2002) Physiologie de l'acide folique en santé et dans la maladie. *Métabolisme actuel des médicaments* , 3 (2), 211-223.

Suttie J.W., Booth S.L (2011) Vitamine K. *Progrès en nutrition* , 2 (5), 440-441.

Szewczyk B., Poleszak E., Pilc A., Nowak G.,Nowak G. (2010) Modulateurs ioniques du glutamate dans la dépression (zinc, magnésium) (pp. 21-38). Birkhäuser Bâle.

T

Takeda E.,Ikeda S., Nakahashi O. (2012) Lack of phosphorus intake and nutrition. *Clinical Calcium*, 22(10), 1487–1491.

Thèse CHEBIEB IKRAM (2023/2024). Troubles bipolaires dans la wilaya de Tlemcen : impact du statut en micronutriments et de la variabilité génétique des enzymes sélénodépendantes.

Turan B., Vassort G. (2011) Vitamin E in oxidant stress-related cardiovascular pathologies: focus on experimental studies. *Current Pharmaceutical Design*, 17(21), 2155–2169

Tyumin IV., Grivtsova L.Y.u. ,Tyumina O.V. (2024) Etude du métabolisme énergétique des cellules malignes : de nouveaux horizons pour les thérapies ciblées.

V

Vukotic M., Oeljeklaus S., Wiese S., Vögtle, F. N., Meisinger C., Meyer H. E., Deckers M. (2012) Rcf1 mediates cytochrome oxidase assembly and respirasome formation, revealing heterogeneity of the enzyme complex. *Cell metabolism*, 15(3), 336-347.

W

Wang.(2018) Zinc, Magnesium, Selenium and Depression: A Review of the Evidence, Potential Mechanisms and Implications *Nutrients*. 2018 May 9;10(5):584

Weaver C.M (2013) Potassium et santé. *Progrès en nutrition* , 4 (3), 368S-377S.

Weisshof, R. et Chermesh, I. (2015) Carences en micronutriments dans les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin. *Opinion actuelle en nutrition clinique et soins métaboliques*, 18(6), 576–581.

Y

Yuan Q., Zhang R.D., Sun M., Guo X., Yang J., Bian W., Xie C., Miao D., Mao L. (2022) Sirt1 Mediates Vitamin D Deficiency-Driven Gluconeogenesis in the Liver via mTorc2/Akt Signaling. *Journal of Diabetes Research*, 2022, 1–16.

Z

Zhang J., Yao Z., Zhang M., Yan J., Zheng Y., Lin Y., Li Z., Shao Z.D., Chen Y.(2024) Potassium channels in depression: emerging roles and potential targets. *Cell & Bioscience*, 14(1).

Zhang Y., Zhang Y., Bala V., Bala V., Mao Z., Chhonker Y.S., Murry D.J. (2020) Quantification of fat-soluble vitamins and their metabolites in biological matrices: an updated review. *Bioanalysis*, 12(9), 625–640.

Annexes

Annexe 1 : Apports journaliers recommandés en micronutriments

Carence	Apport journalier	Produite alimentaire
Magnésium	F (19-30) :310mg/j (>30) :320mg/j H (19-30) :400mg/j (>30) :420mg/j	Céréales complètes. Légumes à feuilles. Légumineuses. Fruits. Légumes verts.
Sélénium	F (>19) :55ug/j H (>19) :55ug/j	Poisson et fruit de mer. Viande rouge. Produit laitiers. Céréales complètes. Noix du brésil.
Fer	F (19-50) :18mg/j (>50) :8mg/j H (19->70) :8mg/j	Viande rouge. Fruit sec. Légumineuses. Céréales complètes.
Calcium	F (19-70) :1000mg/j (>70) :1200 mg/j H (19-70) :1000mg/j (>70) :1200mg/j	Légumineuses et oléagineux. Eaux minérales riche en Calcium. Fruit. Produit laitiers.
Vitamine E	F (19->70) :15mg/j H (19->70) :15mg/j	Huiles végétales. Poissons gras. Légumes verts. Fruit à coque et graines.
Vitamine K 1	F (19->70) :120ug/j H (19->70) :90ug/j	Produits fermentes. Herbes fraîches. Choux et crucifères.

Vitamine B9	F (19->70) :400ug/j H (19->70) :400ug/j	Légumes verts. Légumineuses. Produit enrichis.
Zinc	F (19->70) :8mg/j H (19->70) :11mg/j	Viande rouge. Légumineuses. Fruits de mer.
Iode	F (19->70) :150mg/j H (19->70) :150ug/j	Produit laitiers. Poisson blanc. Produits de la mer.
Cuivre	F (19->70) :900ug/j H (19->70) :900ug/j	La viande rouge. Abats. Champignons

Annexe 2 : Exemples d'aliments par catégories

Céréales complètes et graines.

- Riz complet.
- Pain complet.
- Flocons d'avoine.
- Graines de tournesol.

Légumes.

- Broccoli.
- Asperges.
- Petits pois.
- Artichaut.
- Choux de Bruxelles.

Légumineuses.

- Lentilles.
- Pois chiches.
- Haricots Blancs, rouges.
- Fèves.

Fruits.

- Orange.
- Fraises.
- Kiwi.
- Avocat.

Produits enrichis.

- Céréales du petit-déjeuner enrichies.
- Certains pains et farines.
- Fruits de mer.
- Huîtres.
- Moules.
- Crabes.
- Crevettes.

Viandes et abats.

- Bœuf (surtout steak).
- Veau.
- Agneau.

- Foie de veau ou de volaille.
- Poulet (cuisses, haut de cuisse).

Poissons.

- Sardines.
- Maquereau.
- Hareng.
- Thon.

Produits laitiers.

- Fromage (surtout cheddar, emmental).
- Yaourt.
- Lait entier.

Oléagineux et graines.

- Graines de courge (très riches).
- Noix de cajou.
- Amandes.
- Noix du Brésil.
- Graines de sésame et tournesol.

Eaux minérales riche en Calcium.

Annexe 3 : Questionnaire Rappel de 24h**JOURNAL ALIMENTAIRE**

Nom : Prénom :

Date et lieu de naissance : à

Address:

Horaire, Lieu	Nom de l'aliment et composition du plat	Quantité consommé
Petit-déjeuner		
Déjeuner		
Gouter		
Diner		
Grignotage		

Résumé

Les micronutriments incluant les acides gras, les minéraux et les vitamines, sont essentiels pour de nombreuses fonctions physiologiques. En effet, ils interviennent comme cofacteurs et coenzymes dans de nombreuses voies de synthèse. Par conséquent, leurs carences impactent la santé et sont associées à différents pathologies (autisme, bipolarité, diabète...).

Malheureusement les praticiens prennent très rarement en considération les carences en micronutriments dans le traitement de ces pathologies.

C'est à partir de ce constat qu'a émergé l'idée de notre projet de fin d'études. Nous proposons un service sous forme d'une application mobile, pour palier à ce problème. Nutri assistance ou Nutri A, permet le diagnostic ciblé des carences en micronutriments en fonction de la pathologie et propose des recommandations personnalisées selon les préférences alimentaires de l'utilisateur.

Mots clé : micronutriments, carence, cofacteurs, coenzymes, diagnostic, supplémentation, application numérique, santé numérique

Abstract

Micronutrients, including vitamins, minerals and fatty acids, are essential for many physiological functions. Indeed, they act as cofactors and coenzymes in numerous synthesis pathways. Consequently, their deficiencies affect health and are associated with various pathologies (autism, bipolar disorder, diabetes.....)

Unfortunately, healthcare practitioners rarely take micronutrient deficiencies into account when treating these conditions.

Based on this observation, the idea for our final year project was born. We propose a service in the form of a mobile application to address this issue. Nutri Assistance, or Nutri A, enables targeted diagnosis of micronutrient deficiencies according to the pathology and offers personalized recommendations based on the user's dietary preferences.

Keywords: micronutrients, deficiency, cofactors, coenzymes, diagnosis, supplementation, mobile application, digital health

ملخص

المغذيات الدقيقة و التي تشمل الفيتامينات و المعادن و الاحماض الدهنية، اساسية للعديد من الوظائف الفسيولوجية، حيث تعمل كعوامل مساعدة للانزيمات في العديد من المسارات الفيزيولوجية، و بالتالي فان نقصها يؤثر سلبا على الصحة و يتسبب في امراض مختلفة (مثل التوحد الاضطراب ثنائي القطب داء السكري....)

و لسوء الحظ نادرا ما ياخذ الممارسون الصحيون نقص المغذيات الدقيقة بعين الاعتبار عند علاج هذه الامراض

انطلاقا من هذا الواقع ظهرت فكرة مشروع تخرجنا، اذ اننا نقترح خدمة في شكل تطبيق محمول يهدف لمعالجة هذه المشكلة

تطبيق مساعدة التغذية Nutri A يتيح تشخيصا دقيقا لنقص المغذيات الدقيقة بناءا على طبيعة المرض، و يقدم

توصيات شخصية بناءا على الاغذية المفضلة للمستخدم

الكلمات المفتاحية نقص المغذيات الدقيقة، نقص، العوامل المساعدة للانزيمات، التشخيص، ، تطبيق محمول، الصحة الرقمية، المساعدة الغذائية

