

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة عنونى للأبحاث  
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana  
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre  
Département de biologie



## *Mémoire de fin d'études*

En vue de l'obtention de diplôme de **Master** en

**Domaine** : Science de la nature et de la vie

**Filière** : Biologie

**Spécialité** : Physiologie cellulaire et physiopathologie

# *Intérêt des Oméga 3 sur la santé de l'homme*

**Présenté par:**

- *Dehamcha Riane*
- *Baroudi Sabrina*
- *Redaouia Elmoatazzbilah*

**Devant le jury :**

Président : Mme Zaouadi N.	MCB	(U.D.B Khemis Miliana)
Promotrice : Mme BENSEHAILA S.	MCA	(U.D.B Khemis Miliana)
Examineur : Mr Boussoubel AEK.	MAA	(U.D.B Khemis Miliana)

**Année universitaire : 2021/2022**

## ***Remerciements***

***En premier lieu et avant tout nous tenons à remercier DIEU le tout puissant qui nous a donné le courage, la patience et la force de terminer ce modeste travail.***

***Nous voudrions tout particulièrement à adresser nos Plus vifs remerciements à notre promotrice Mme Bensehaïla S., d'avoir accepté de nous encadrer et de nous avoir laissé la liberté nécessaire à l'accomplissement de notre travail, tout en y gardant un œil critique et avisé. Merci pour sa rigueur scientifique, ses conseils ainsi que sa sympathie. Nous le remercions également de nous avoir responsabilisés tout au long de notre travail***

***Un grand et respectueux remerciement à membres de jury :  
A Mme. ZAOUADI ,vous avez accepté d'apporter vos critiques constructives à mon mémoire. Votre présence en tant que président du jury est un grand honneur pour nous***

***A Mr. BOUSSOUBEL AEK,quia accepté d'examiner ce travail avec bienveillance.  
Nous remercions également tous les enseignants du département biologie  
Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de loin ou de près ont participé à la réalisation de ce travail.***

## *Dédicace*

*D'emblée, nous rendons grace et louons Dieu qui m'a inspiré à accomplir ce modeste travail, à travers lequel nous espérons réaliser une réalisation scientifique qui en bénéficiera, avec joie, fierté et respect, je dédie ce travail à :*

*A mon très cher père, en témoignage de tant d'années de sacrifices, d'encouragement et de prière. Veuillez trouver dans ce travail, le fruit de vos peines et vos efforts, ainsi que le témoignage de mon grand amour. Puisse Allah vous garde et vous accorde une bonne santé. Je t'aime.*

*A ma très chère mère, aucun mot, aucune dédicace ne saurait exprimer à sa juste valeur, l'ampleur de l'affection et de l'admiration que j'éprouve pour vous. Ce travail représente le si peu avec lequel je pourrai vous remercier. Mon diplôme vous appartient. Que Allah vous garde et vous accorde longue vie afin. Je t'aime.*

*A mon très cher frère « OUSSAMA », à mes très chères sœurs « FATIMA » et « HIND » et « BOUCHRA », à tout mes oncles et mes tantes et bien sûr à leurs filles et fils, qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours. Que Allah les protège et leur offre la chance et le bonheur. Je vous aime.*

*A ma très chère grand mère, qui sont fiers de moi. C'est ma profonde gratitude pour votre éternel amour, j'espère que ce diplôme soit le meilleur cadeau que je puisse vous offrir. Qu'Allah vous donne de longue et joyeuse vie. Je t'aime.*

*A mon très chère trinome « SABRINA » et « ZAHRA » pour leur soutien moral, leur patience et leur compréhension tout au long de ce projet. Je vous aime.*

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur. Merci beaucoup.*

*Enfin, à toute ma famille et tous mes amis qui m'ont aidé dans ma vie. Je vous aime.*

**« RIANE »**

## *Dédicace*

*race à Dieu tout clément et miséricordieux, Qui m'a tracé la route, et  
ma donnée le pouvoir et le courage de continuer jusqu'à la fin.*

*Je dédie ce mémoire : Aux êtres les plus chers, ma mère «MAGHNIA »*

*pour ses précieux conseils, son affection intarissable et son soutien indélébile.*

*Et mon père « Belgacem », pour son orientation, son soutien et ses conseils celui qui  
m'a aidé et encouragé toute au long de ma vie*

*A mes chères frères : « SEYYIDALI » et «YOUCEF » que dieu le garde et le protège*

*A ma chère sœur « NOURELHOUDA » et son mari « kamel »*

*A ma chère fille de ma sœur, mon amour « lodjaien » que dieu la protège et prolonge sa vie*

*A mon chère oncle « ABDELHAQ » et sa fille « sarah »*

*A ma chère grande mère : « ARBIA » que dieu la protège*

*A toutes ma famille BAROUDI*

*A ma chère amie « RIANE » avec la quelle j'ai partagé ce travail*

*A ma chère amie « ZAHROURA » que dieu la garde*

*Au chef de spécialité Mr Sahraoui*

*Enfin une dédicace spéciale à toutes ma promotion de physiologie cellulaire et  
physiopathologie de l'année universitaire 2021/2022*

*« Sabrina »*

## *Dédicace*

*Je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :*

*A l'être le plus cher de ma vie, ma mère « ZAHRA »*

*A celui qui m'a fait de moi un homme, mon père « ABDELKADER »*

*A mes chère frères et sœurs et amis*

*Que ce travail soit le fruit de vos prières et sacrifices, qui m'ont été d'un grand secours*

*Pour attendre ces étapes de ma vie,*

*Et que dieu tout puissant vous procure santé, bonheur et longue vie*

*A mes amours « ABDELKARIM » « FOUAD » « HOCINE »*

*A mes collègues « ABDELHAK » « SABRINA » « RIANE » qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

*A tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom « REDAOUIA »*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui ont participé à ma réussite.*

*« ELMOATAZZBIL »*

## RESUME

Le cerveau est l'un des organes les plus importants du corps humain il est responsable de la pertinence de toutes les activités volontaires dans le corps humain et du comportement associé à l'intelligence, il contrôle toutes les fonctions de base du corps.

la nature de la nourriture joue un rôle fondamental et important dans la formation des nerfs, le développement du cerveau, l'amélioration de son travail et son renforcement, et le développement de ses compétences à différentes étapes de la vie, et certainement l'activation de la mémoire et la prévention de la démence et de la maladie d'Alzheimer et certaines maladies épidermiques et cardiaques ...etc. L'un des nutriments les plus importants dans ce rôle: Oméga-3.

Une consommation d'oméga-3 est nécessaire à tous les âges de la vie, qu'il s'agisse de l'enfance, troisième âge ainsi que pendant une grossesse. Des études scientifiques ont révélé l'importance de ces acides gras polyinsaturés dans de nombreuses fonctions de l'organisme, parmi eux, la fonction cérébrale. le DHA, l'acide docosahexaénoïque un acide gras oméga-3 à longue chaîne, est important pour le développement du cerveau et dans la santé mentale, et pour la fluidité, la fonction et la libération des neurotransmetteurs de la membrane cellulaire. Les preuves indiquent qu'un faible apports en oméga-3 marins augmente le risque de nombreux problème de santé mentale, notamment le trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité (TDAH), l'autisme, le trouble bipolaire, la dépression et les idées suicidaires.

Donc, il est généralement recommandé de manger du poisson gras au moins deux fois par semaine ou de prendre au moins 250 à 500 mg d'EPA et de DHA combinés par jour à partir d'un supplément.

Des études donnant des omega3 supplémentaires se sont révélées prometteuses pour améliorer de nombreux problèmes de la santé mentale, ces travaux porteront sur les preuves entourant les oméga-3 et leur impact sur la fonction cérébrale dans système limbique et leurs sources et la sensibilisation des gens à leur sujet.

**Mots-clés:** omega-3, cerveaux, huile de poisson, attention, dépression

## ABSTRACT

The brain is one of the most important organs of the human body it is responsible for the relevance of all voluntary activities in the human body and the behavior associated with intelligence, it controls all the basic functions of the body.

The nature of food plays a fundamental and important role in the formation of nerves, the development of the brain, the improvement of its work and its strengthening, and the development of its skills at different stages of life, and certainly the activation of memory and the prevention of dementia and Alzheimer's disease and certain epidermal and cardiac diseases, etc. One of the most important nutrients in this role: Omega-3.

A consumption of omega-3 is necessary at all ages of life, whether in childhood, old age as well as during pregnancy. Scientific studies have revealed the importance of these polyunsaturated fatty acids in many body functions, among them brain function. DHA, docosahexaenoic acid, a long-chain omega-3 fatty acid, is important for brain development and mental health, and for the fluidity, function and release of neurotransmitters from the cell membrane. Evidence indicates that low intakes of marine omega-3s increase the risk of many mental health conditions, including attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), autism, bipolar disorder, depression, and thoughts of suicidal. So it's generally recommended to eat oily fish at least twice a week or take at least 250-500 mg of EPA and DHA combined daily from a supplement.

Additional omega-3 studies have shown promise to improve many mental health problems, this work will focus on the evidence surrounding omega-3 and their impact on brain function in the limbic system and their sources and raising people's awareness.

**Key-words :** Omega-3, brain, fish oil, attention, depression.

## ملخص

يعد الدماغ أحد أهم أعضاء جسم الإنسان، فهو مسؤول عن أهمية جميع الأنشطة التطوعية في جسم الإنسان والسلوك المرتبط بالذكاء، إنه يتحكم في جميع الوظائف الأساسية للجسم.

طبيعة الغذاء تلعب دورًا أساسيًا وهامًا في تكوين الأعصاب ، وتطور الدماغ وتحسين عمله وتقويته ، وتنمية مهاراته في مختلف مراحل الحياة ، وبالتأكيد تنشيط الذاكرة و الوقاية من الخرف ومرض الزهايمر وبعض أمراض البشرة والقلب وما إلى ذلك ... ومن أهم العناصر الغذائية في هذا الدور: أوميغا 3.

يعد تناول أوميغا 3 ضروريًا في جميع مراحل الحياة ، سواء في مرحلة الطفولة أو الشيخوخة أو أثناء الحمل. كشفت الدراسات العلمية عن أهمية هذه الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة في العديد من وظائف الجسم ، من بينها وظائف المخ. حمض الدوكوساهيكسانويك ، حمض أوميغا 3 الدهني طويل السلسلة مهم لنمو الدماغ والصحة العقلية ، وللسيولة ووظيفة وإطلاق الناقلات العصبية من غشاء الخلية.

تشير الدلائل إلى أن تناول كميات منخفضة من أوميغا 3 البحرية يزيد من خطر الإصابة بالعديد من حالات الصحة العقلية، بما في ذلك اضطراب نقص الانتباه وفرط النشاط (TDHA) والتوحد، والاضطراب ثنائي القطب، والاكتئاب، والأفكار الانتحارية.

أظهرت الدراسات التي تعطي أوميغا 3 زيادة واعدة في تحسين العديد من الحالات في الصحة العقلية والأمراض الجلدية وأمراض القلب وما إلى ذلك. سيركز هذا العمل على الأدلة المحيطة بأوميغا 3 وتأثيرها على وظائف المخ في الجهاز الحوفي ومصادرها والوعياناس بها.

**الكلمات المفتاحية :** أوميغا 3 ، الدماغ ، زيت السمك ، الانتباه ، الاكتئاب.



## LA LISTE DES ABREVIATIONS

---

**ACSNA** : American Cancer Society Neuroblastoma Atlanta.

**SNC** : Système nerveux central.

**SNP** : Système nerveux périphérique.

**LCR** : Liquide céphalo- rachidien.

**NG2** : L'antigène neuronal /glial.

**SNS** : Système nerveux somatique.

**ATP** : Adénosine-Triphosphate.

**BHE** : Barrière hématoencéphalique.

**DHA** : L'acide docosahexaénoïque.

**EPA** : L'acide éicosapentaénoïque.

**ALA** : L'acide  $\alpha$ -linoléique.

**$\omega$ 3** ou **n-3** : Oméga-3.

**AG**: Acide gras.

**AGPI**: Les acides gras poly-insaturés.

**LC-PUFA**: Acides gras polyinsaturés à longue chaîne.

**HMG-CoA**: L'hydroxyméthylglutaryl-CoA.

**ZnT3**: Transporteur de Zinc 3.

**PE**: La phosphatidyléthanolamine.

**PC**: La phosphatidylcholine.

**PI** : Le phosphatidylinositol.

**UVB** : les rayons ultraviolets aux longueurs d'onde moyennes.

## LA LISTE DE FIGURES

---

<b>Figure 01</b> : anatomie du système nerveux (ACSNA, GA., 2014).....	01
<b>Figure 02</b> : Neurulation de l'embryon de mammifère. A gauche, vues dorsales de l'embryon à différents stades du développement précoce. A droite, les schémas encadrés représentent des coupes transversales passant par le milieu d'un embryon de l'âge indiqué. (Purves et al., 2005).....	03
<b>Figure 03</b> : Fonction du système nerveux (Mandrck, 2013).....	04
<b>Figure 04</b> :la structure du système nerveux central. (Marieb, 2008).....	06
<b>Figure 05</b> : la structure du système nerveux (Kamina, 2011).....	07
<b>Figure 06</b> : structure interne du diencephale (Sinon, 2000) .....	09
<b>Figure 07</b> : structure de la moelle épinière (Kenneth, 2021).....	11
<b>Figure 08</b> : tronc cérébral (Pancrat, 2011).....	12
<b>Figure 07</b> : structure de méninges (trois couches, liquide céphalo-rachidien LCR) (Purves et al., 2005).....	14
<b>Figure 10</b> : Représentation schématique d'un neurone (Hébert, 2012).....	15
<b>Figure 11</b> : les cellules gliales du système nerveux central (Marieb, 2008).....	17
<b>Figure12</b> : le potentiel d'action. (Syrice, 2009).....	19
<b>Figure 13</b> : Localisation du district d'Upernavik au Groenland (Jean et Louis., 2020).....	26
<b>Figure 14</b> : structure des acides gras oméga-3 (Paul, 2012).....	29
<b>Figure 15</b> : Résumé des voies de biosynthèse des Acides gras-3 et oméga-6 (Dyall et Michael-Titus., 2008).....	31
<b>Figure 16</b> : Caractéristiques Socio-Démographiques des répondants.....	45
<b>Figure 17</b> :Les bienfaits de certains aliments sur les maladies cardiaques et exigence humaines avec revenu individuel.....	46
<b>Figure 18</b> : Quantité et type d'huile consommée et sa valeur nutritionnelle.....	47
<b>Figure 19</b> :Suppléments alimentaire et sources d'oméga-3.....	48

## LA LISTE DE TABLEAUX

---

<b>Tableau 1:</b> subdivision du système nerveux ( <b>Rokia, 2017</b> ).....	<b>05</b>
<b>Tableau 2:</b> la localisation et les fonctions des différents lobes du cerveau ( <b>Stuss et al.,1986</b> ).....	<b>07</b>
<b>Tableau 3 :</b> la localisation et les fonctions des structures du diencephale ( <b>Saalmann et al.,2011</b> ).....	<b>08</b>
<b>Tableau 4:</b> les éléments du système limbique( <b>David et Sousa., 2011</b> ).....	<b>09</b>
<b>Tableau 5:</b> les douze paires de nerfs crâniens ( <b>Guclu et al., 2009</b> ).....	<b>14</b>
<b>Tableau 6:</b> Composition en EPA et DHA (% des acides gras totaux) de plusieurs espèces de poissons ( <b>Hossain, 2011</b> ).....	<b>32</b>
<b>Tableau 7:</b> Composition en acides gras de quelques huiles (% des acides gras totaux) ( <b>Evrard et al., 2007</b> ).....	<b>33</b>
<b>Tableau 8:</b> récapitulatif pour résumer les besoins quotidiens en oméga-3 selon les différentes catégories de personnes ( <b>Carlo et al.,2012</b> ).....	<b>37</b>

## Table de matière

**LA LISTE DES ABREVIATIONS**..... 1

**LA LISTE DE FIGURES** ..... 1

**LA LISTE DE TABLEAUX**..... 1

**INTRODUCTION**..... 1

### **CHAPITRE I: Système Nerveux**

**I. Développement embryonnaire du système nerveux** :..... 1

**I.1 Système nerveux** :..... 1

**I.1.1. Formation initiale du système nerveux** :..... 2

**I.1.2. Fonction du système nerveux** :..... 3

**I.2 Organisation et anatomie du système nerveux** :..... 4

**I.2.1. Système nerveux central (SNC) ou axe cérébro-spinal ou névraxe** :..... 5

**I.2.1.1. Cerveau** :..... 6

**I.2.1.2. Moelle épinière**:..... 10

**I.2.1.3. Cervelet**:..... 11

**I.2.1.4. Tronc cérébral**:..... 12

**I.2.1.5. Méninges**:..... 12

**I.3. Système nerveux périphérique (SNP)** :..... 14

**I.4. Organisation tissulaire du cerveau** :..... 15

**I.4.1 Neurone** :..... 15

**I.4.1.1 Structure** ..... 15

**I.4.2. Cellule gliales ou « névroglie »** :..... 16

**I.5. Constitution de la membrane cellulaire neuronale** :..... 17

**I.6. Physiologie de système nerveux** :..... 19

**I.6.1. Potentiel d'action**:..... 19

**I.7. Rôle de la nutrition sur le système nerveux** :..... 21

**I.7.1. Nutrition et mélanisation** ..... 21

**I.7.1.1. Glucose**..... 21

**I.7.1.2. L'insuline**..... 22

**I.7.1.3. Acide gras** ..... 22

**I.7.1.4. Phospholipides** ..... 23

**I.7.1.5. Cholestérol**..... 23

**I.7.1.6. Minéraux** ..... 24

**I.7.1.7 Vitamines**..... 24

<b>I.7.1.8. Lipides .....</b>	<b>25</b>
-------------------------------	-----------

## **CHAPITRE II: Oméga3**

<b>II. Histoire d'oméga 3: .....</b>	<b>26</b>
<b>II.1. Définition des acides gras: .....</b>	<b>27</b>
<b>II.1.1. Structure:.....</b>	<b>28</b>
<b>A. Structure des principaux acides gras polyinsaturés .....</b>	<b>28</b>
<b>II.1.2. Rôles .....</b>	<b>29</b>
<b>II.1.3. Types .....</b>	<b>30</b>
<b>II.2. Métabolisme:.....</b>	<b>30</b>
<b>II.3. Sources alimentaire :.....</b>	<b>31</b>
<b>II.4. Intérêt de la supplémentation du régime alimentaire en oméga 3 : .....</b>	<b>33</b>
<b>II.4.1. Peau .....</b>	<b>33</b>
<b>II.4.2. Cerveau .....</b>	<b>34</b>
<b>II.4.3. Cœur.....</b>	<b>34</b>
<b>II.4.4. Hypertension artérielle.....</b>	<b>34</b>
<b>II.4.5. Perte du poids.....</b>	<b>34</b>
<b>II.4.6. Cheveux secs et fragiles .....</b>	<b>35</b>
<b>II.4.7. Dépression .....</b>	<b>35</b>
<b>II.5. Apports recommandés :.....</b>	<b>35</b>
<b>II.5.1. besoins quotidiens en acides gras oméga-3 pour adultes .....</b>	<b>35</b>
<b>II.5.2. quantité quotidienne d'oméga-3 pour les sportifs.....</b>	<b>36</b>
<b>II.5.3. Besoins quotidiens en acides gras oméga-3 pendant la grossesse et l'allaitement .....</b>	<b>36</b>
<b>II.5.4. Besoins quotidiens en acides gras oméga-3 pour les enfants et les adolescents .....</b>	<b>36</b>
<b>II.6. Effets métaboliques de l'oméga 3:.....</b>	<b>37</b>
<b>II.7. Effets de l'oméga 3 sur les cellules nerveuses: .....</b>	<b>38</b>
<b>II.8. Effets thérapeutiques de l'oméga3 sur les cellules nerveuses:.....</b>	<b>38</b>
<b>PARTIE PRATIQUE.....</b>	<b>26</b>
<b>III. Méthodologie :.....</b>	<b>40</b>
<b>III.1. Questionnaire .....</b>	<b>40</b>
<b>III.2. Méthode de travail :.....</b>	<b>44</b>
<b>III.3. Résultats et discussion :.....</b>	<b>45</b>
<b>III.3.1. L'analyse et description de questionnaire : .....</b>	<b>45</b>

III.3.1.1. Identification de la population d'études .....	45
III.3.1.2. Relation entre nourriture préférée et l'incidence des maladies cardioques et le temps de consommation correct.....	46
III.3.1.3. Consommation des huiles principales selon l'apport recommandé et la différence de valeur nutritionnelle lors de la cuisson .....	47
III.3.1.4. Aliments enrichis en oméga-3 et compléments alimentaire.....	48
<b>III.4. Interprétations :</b> .....	<b>49</b>
III.4.1. Relation entre nourriture préférée et l'incidence des maladies cardioques et le temps de consommation correct .....	49
III.4.2. Consommation des huiles principales selon l'apport recommandé et la différence de valeur nutritionnelle lors de la cuisson .....	50
III.4.3. Aliments enrichis en oméga-3 et compléments alimentaire .....	51
III.4.4. Informations générales sur motivations de consommation des compléments alimentaires, leurs traitements et les symptômes de carence.....	53
III.4.5. Conclusion : .....	Erreur ! Signet non défini.
<i>conclusion général</i> .....	
<b>Références</b> .....	

## INTRODUCTION

---

# INTRODUCTION

Il est bien connu que le fonctionnement normal de l'organisme, y compris du système nerveux central, nécessite une alimentation équilibrée en qualité et en quantité de nutriments, à toutes les étapes de la vie, depuis la période embryonnaire jusqu'à la vieillesse. Le système nerveux est composé de millions de cellules: les neurones et les cellules gliales qui les entourent. Les deux types de cellules interagissent, permettant le processus normal de transmission de l'influx nerveux. Des efforts considérables sont consacrés à comprendre comment le mode de vie peut influencer le cerveau et le corps. Les résultats de la recherche montrent que les approches non invasives telles que l'alimentation peuvent avoir de profondes conséquences sur l'augmentation de la résilience du système nerveux central (SNC) aux blessures et sur le maintien des capacités cognitives. L'alimentation, une partie très importante du mode de vie et de la routine quotidienne, peut influencer la capacité du cerveau à combattre la maladie et à réagir aux défis (**Gomez-Pinilla, 2008**). Des régimes alimentaires sains, tels que ceux riches en acides gras oméga-3 et en curcumine, contenus dans des aliments tels que le saumon et le curcuma végétal, respectivement, peuvent stimuler les systèmes moléculaires qui servent la fonction neuronale et la plasticité du cerveau et de la moelle épinière.

Alors que les acides gras oméga-3 (n-3) à longue chaîne (LC-PUFA), eicosapentaénoïque (EPA, 20 :5n-3) et docosahexaénoïque (DHA, 22 :6n-3), peuvent être produits en interne par l'homme et certaines espèces de poissons), et son taux de biosynthèse est faible et insuffisant pour répondre aux besoins physiologiques (**Castro et al., 2016 ; Tocher, 2015**). Par conséquent, l'EPA et le DHA sont bien acceptés en tant que composants essentiels d'une alimentation saine et équilibrée et ont des effets bénéfiques sur le développement, en particulier sur le système nerveux (**Innis, 2007; Campoy et al., 2012**), et pour soulager un certain nombre de conditions pathologiques (**Delgado-Lista et al., 2012 ; Calder, 2018**). Cependant, ce qui n'est pas bien connu ou apprécié, c'est que ces nutriments sont rares (**Naylor et al., 2009**). En termes simples, il n'y a pas suffisamment de sources traditionnelles pour répondre aux besoins nutritionnels humains et à l'aquaculture, à la fois en tant que nutriments.

Plusieurs questions sont aujourd'hui posées comment les oméga3 affectent 'ils les cellules nerveuses??

***CHAPITRE I***  
***Systeme Nerveux***



## I. Développement embryonnaire du système nerveux :

### I.1. Système nerveux :

Le système nerveux est le plus petit des systèmes du corps humains et le plus complexe. Un système biologique responsable à la coordination des actions avec l'environnement extérieur et de la communication rapide entre les différentes parties de notre corps, et il est responsable des sensations, de la pensée et du contrôle de notre organisme (Bekri, 2016).

Pour accomplir ces fonctions, il collecte les informations sensorielles en provenance de tout le corps (à partir des terminaisons nerveuses sensorielles spécifiques situées dans la peau, les tissus profond, les yeux, les oreilles etc....) et les transmettent par les nerfs à la moelle et au cerveau. Ces derniers peuvent réagir immédiatement à l'information sensorielle et envoyer des signaux aux muscles ou aux organes internes provoquant une réponse appelée réponse motrice (Bekri, 2016).

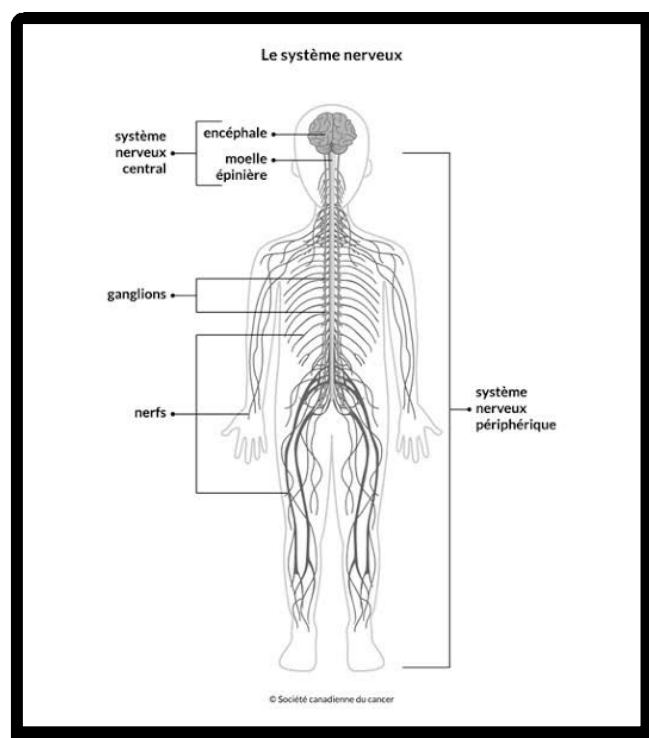


Figure 01 : anatomie du système nerveux (ACSNA, GA., 2014).

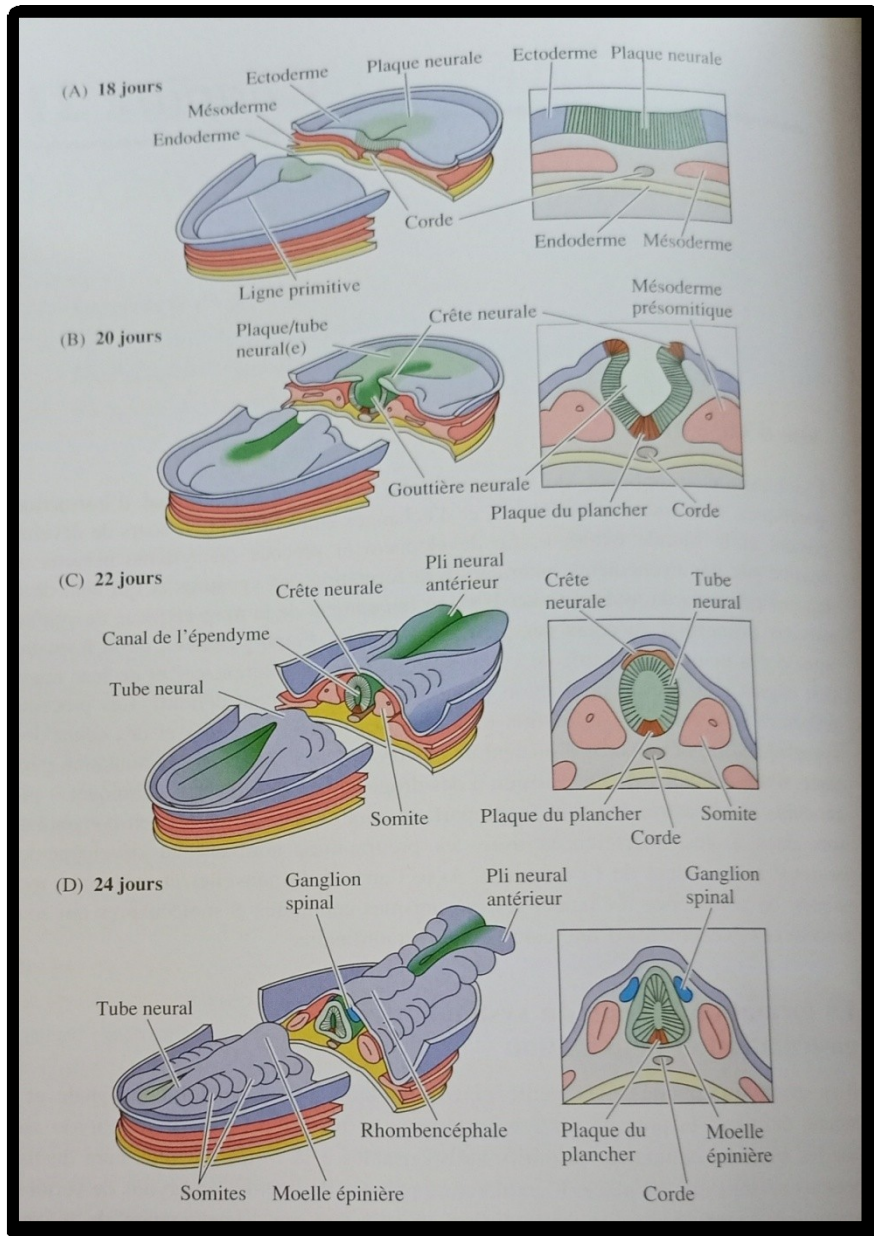
### I.1.1. Formation initiale du système nerveux :

Gastrulation et neurolation : bien qu'apparaisse la petite plage cellulaire qui deviendra l'encéphale et la moelle épinière, la polarité (antéropostérieure et médio-latérale) de l'embryon ainsi que les feuillet cellulaires primitifs indispensables à la formation ultérieure du tissu nerveux se sont mis en place. L'architecture précoce de tous les embryons de vertébrés repose sur le processus de gastrulation, c'est-à-dire sur l'invagination de matériel superficiel pour former un embryon à trois feuillets : un feuillet externe ou ectoderme, un feuillet intermédiaire ou mésoderme et un feuillet interne ou endoderme (**Purves et al., 2005**).

La position du mésoderme et de l'endoderme qui s'invaginent au cours de la gastrulation détermine la ligne médiane ainsi que les axes antéropostérieur et dorso-ventral chez tous les embryons de vertébrés (**Purves et al., 2005**).

L'une des conséquences majeures de la gastrulation et la formation de la corde dorsale (ou notochorde), cylindre individualisé de cellules mésodermiques s'étendant, au niveau de la ligne médiane, du milieu de la partie antérieure de l'embryon jusqu'à son extrémité postérieure. La corde se forme à partir d'une masse mésodermique qui s'invagine et s'étend vers l'intérieur à partir d'une dépression superficielle située au centre du nœud de Hensen, la fossette primitive, qui va s'allonger pour former la ligne primitive. Il résulte des mouvements cellulaires de la gastrulation que la corde se trouve déterminer la ligne médiane de l'embryon, principale axe de symétrie du corps. L'ectoderme situé juste au-dessus de la corde et qu'on appelle neurectoderme donnera la totalité du système nerveux (**Purves et al., 2005**).

En plus de son rôle dans la spécialisation de la topographie embryonnaire de base et dans la détermination de la position du système nerveux original, la corde dorsale est indispensable à la différenciation nerveuse ultérieure. La corde de la même que la fossette primitive, envoie à l'ectoderme situé au-dessus d'elle des signaux inducteurs qui amènent une fraction des cellules ectodermiques à se différencier en cellules précurseurs du tissu nerveux. Durant ce processus, appelé neurulation, l'ectoderme de la ligne médiane où se trouvent ces cellules s'épaissit en une colonne épithéliale individualisée, la plaque neurale. Les bords latéraux de la plaque neurale commencent alors à se replier vers l'intérieur transformant progressivement la plaque neurale en un tube. C'est de cette structure, le tube neural, que dériveront par la suite le cerveau et la moelle épinière. (**Purves et al., 2005**).



**Figure 08 :** Neurulation de l'embryon de mammifère. A gauche, vues dorsales de l'embryon à différents stades du développement précoce. A droite, les schémas encadrés représentent des coupes transversales passant par le milieu d'un embryon de l'âge indiqué. (Purves *et al.*, 2005).

### I.1.2. Fonction du système nerveux :

Le SNC assure trois principales fonctions :

- ✚ **Fonction sensorielle** : permet de détecter et faire la modification interne et externe par des neurones sensitifs qui transportent les influx nerveux vers la moelle épinière et l'encéphale.
- ✚ **Fonction intégrative** : interprète des changements, ces derniers sont réalisés par les inter neurones qui analysent et emmagasinent une partie d'information sensorielle pour décider des réponses appropriées à transmettre à la fonction motrice.
- ✚ **Fonction motrice** : réaction vis-à-vis de l'interprétation. A cette fin, les neurones moteurs transmettent les informations provenant de l'encéphale et de la moelle épinière vers les cellules et organes effecteur tels que les fibres musculaires ou les cellules glandulaires. (Mrieb, 2005).

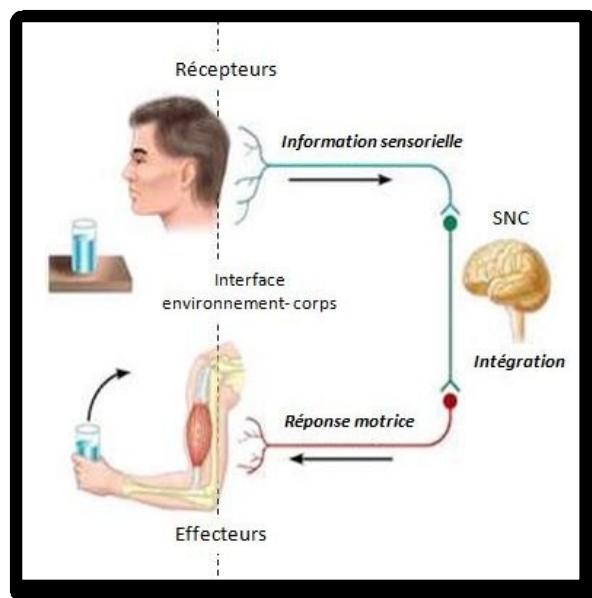


Figure 9 : Fonction du système nerveux (Mandrlick, 2013).

### I.2. Organisation et anatomie du système nerveux :

- le système nerveux est un système complexe dont le fonctionnement de base est électrique.
- Selon des considérations anatomiques, physiologiques ou fonctionnelles il est divisé en deux grandes parties :

**Tableau 1:** subdivision du système nerveux (Rokia, 2017).

<b>S.N. Cérébro-spinal :</b> Système nerveux de la vie de relation avec le milieu extérieur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Système Nerveux Central :</b>                      Cerveau, tronc Cérébral, Cervelet, Moelle Epinière.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Système Nerveux périphérique :</b>                      est constitué par les nerfs dont le rôle est, soit de transmettre au système nerveux central les impressions reçues dans la peau, dans les organes profonds et dans les organes des sens (nerfs sensibles), soit de transmettre aux muscles les excitations motrices qui ont leur origine dans le système nerveux central (nerfs moteurs).</li> <li>✓ Nerfs crâniens : - N. somitiques                        - N. branchiaux</li> <li>✓ Nerfs spinaux, plexus :                        - Le plexus cervical                        - Le plexus brachial                        - Le plexus intercostaux                        - Le plexus Lombaire                        - Le plexus sacré                        - Le plexus coccygien</li> </ul>
<b>S.N. Végétatif ou Autonome :</b> Système nerveux de la régulation du milieu intérieur (viscères, glandes)	<b>Partie Parasymphique</b>
	<b>Partie Sympathique</b>

**I.2.1. Système nerveux central (SNC) ou axe cérébro-spinal ou névraxe :**

Il est nommé ainsi car il est le centre du contrôle du corps puisqu'il reçoit, enregistre et interprète toute l'information envoyée par les neurones et même il donne des ordres aux muscles, aux organes et aux glandes.

Il est composé de l'Encéphale (cerveau, cervelet, tronc cérébral) et la moelle épinière.

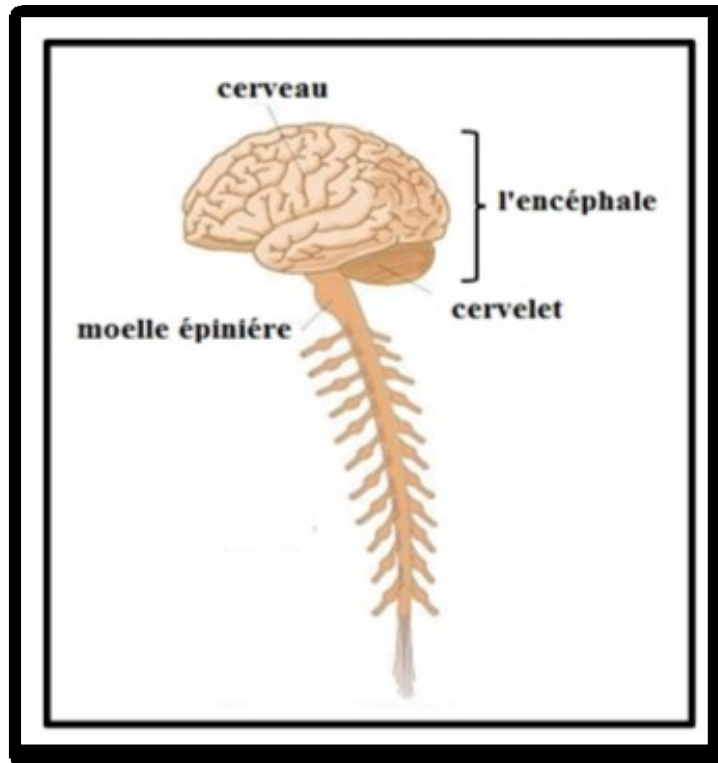


Figure 10: la structure du système nerveux central. (Marieb, 2008).

#### I.2.1.1. Cerveau :

Est la partie la plus volumineuse du système nerveux central. Il est formé de deux hémisphères dont la surface est découpée par des sillons en un certain nombre de circonvolutions. Les hémisphères sont séparés l'un de l'autre, on avant, en haut et en arrière, par la fissure longitudinale du cerveau ou grande scissure inter hémisphérique. Dans la partie moyenne, ils sont réunis par un pont de substance blanche, le corps calleux. Dans chaque hémisphère se trouve une cavité, le ventricule latéral.

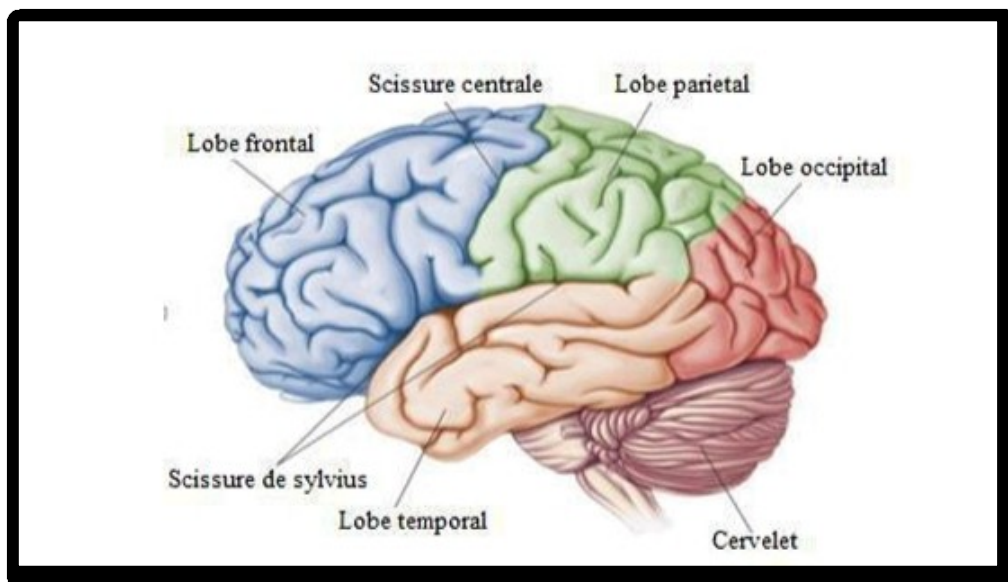
Sur une coupe d'un hémisphère cérébral, on voit que sa partie périphérique est formée de substance grise : c'est le cortex cérébral. Centre de l'hémisphère, se trouvent plusieurs formations grises, les noyaux gris de la base. (Vandervael, 1964).

Sur le plan anatomique le cerveau se divise en deux structures différentes : le télencéphale et le diencephale.

- **Télencéphale** : Selon Solomon (1981) c'est la plus grosse et la plus remarquable partie du cerveau humain.

Le télencéphale est subdivisé en deux hémisphères qui sont séparés par une profonde scissure sagittale (scissure médiane).

Ces deux derniers sont constitués du cortex (substance grise) et d'une substance blanche ; chaque hémisphère est divisé en 4 lobes par des scissures et des sillons (figure 5). Et chaque lobe est scindé en plusieurs régions appelées les aires de Brodmann (Brodman, 1909).



**Figure 11** : la structure du système nerveux (Kamina, 2011).

**Tableau 2** : la localisation et les fonctions des différents lobes du cerveau (Stuss et al., 1986).

Lobe	Localisation et fonction
<b>Le lobe frontal</b>	Il se trouvant à l'avant du cerveau, cette région est impliquée dans le contrôle volontaire des muscles squelettiques ; la personnalité ; les processus intellectuels, la communication verbale ainsi que la prise de décisions
<b>Le lobe temporal</b>	Localisé sur le côté du cerveau ; il comporte l'aire de Broca responsable du langage et l'aire de Wernicke qui représente une aire auditive, ces deux aires sont connectées grâce à un faisceau arqué.
<b>Le lobe pariétal</b>	Situé à l'arrière du lobe frontal, il joue un rôle important dans la somesthésie, c'est-à-dire la perception et l'intégration de différentes modalités sensorielles (vision, toucher, audition) ; mais aussi dans la perception de l'espace et dans l'attention. Les lésions touchant cette région peuvent provoquer un changement de personnalité faisant apparaître des tendances psychotiques.
<b>Le lobe occipital</b>	Situé à l'arrière du cerveau, ce dernier représente le centre visuel ; il permet l'orientation et le traitement de l'analyse visuelle effectuée dans le cortex visuel primaire.



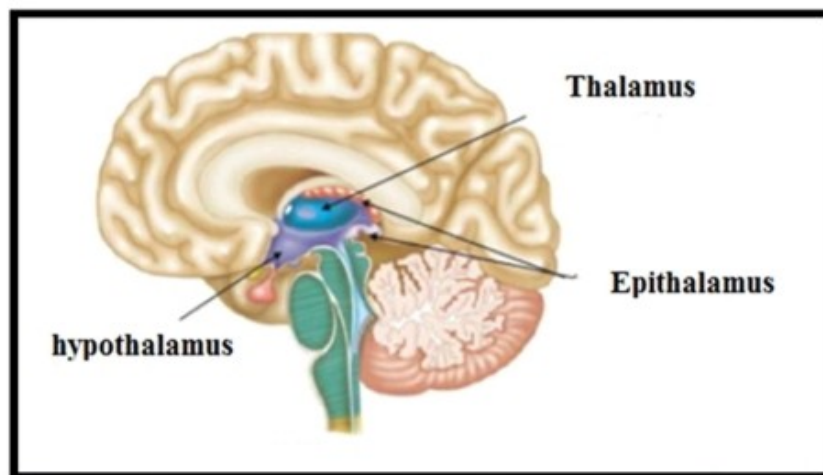
➤ **Diencephale :**

Le diencephale est une région autonome importante du cerveau antérieur, presque entièrement recouverte par les hémisphères cérébraux ; il comprend les structures suivantes (tableau 3) :

**Tableau 3 :** la localisation et les fonctions des structures du diencephale (Saalman et *al.*, 2011).

<b>Structure</b>	<b>Localisation et fonction</b>
<b>Le thalamus</b>	Le thalamus est un organe pair situé juste au-dessous du ventricule latéral, il représente environ 80% du diencephale. Il est le relais de tous les influx sensoriels, sauf ceux de l'odorat, vers le cortex cérébral.
<b>L'hypothalamus</b>	L'hypothalamus comporte plusieurs noyaux interconnectés à d'autres régions de l'encéphale, la plupart des fonctions qu'il assure sont liées à la régulation des activités viscérales incluant la régulation cardio-vasculaire, la régulation de température corporelle, l'équilibre de l'eau et des électrolytes, les activités gastro intestinales et la faim, le sommeil et l'état de veille, la réponse sexuelle, les émotions et le contrôle des fonctions endocrines par la stimulation de l'adénohypophyse.
<b>L'épithalamus</b>	C'est une glande pinéale qui secrète la mélatonine, qui pourrait jouer un rôle dans le déclenchement de la puberté.
<b>L'hypophyse</b> (glande pituitaire)	L'hypophyse est une glande endocrine qui comprend une région antérieure, l'adénohypophyse (antéhypophyse), et une région postérieure, la neurohypophyse.





**Figure 06** : structure interne du diencéphale (Sinon, 2009).

- **Système limbique** : est une des plus anciennes parties du cerveau. Il est présent chez l'homme, mais aussi chez le reptile et le poisson.

Du point de vue anatomique, le système limbique est composé de structures corticales (cortex limbique) et sous-corticales (situées donc sous le cortex).

Il est donc constitué de plusieurs noyaux situés sous le cortex (on dit que ce sont des structures subcorticales) et à proximité du thalamus, jouant un rôle déterminant dans l'apprentissage (David et Sousa., 2011).

**Tableau 4** : les éléments du système limbique (David et Sousa., 2011).

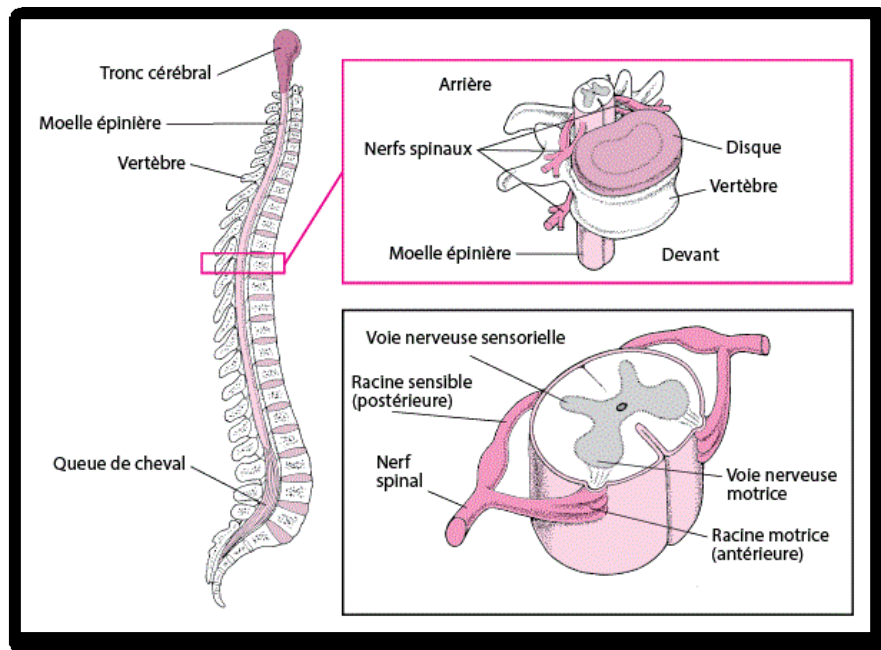
Élément	Fonction
Hypothalamus	Impliqué dans le comportement conscient, les émotions, l'instinct et le contrôle automatique de différents systèmes dont la régulation (via des hormones) de la température, la consommation de nourriture et de liquide, les cycles d'éveil et de sommeil.
Amygdale	Traite l'information et transmet une demande aux autres régions du cerveau afin d'obtenir une réponse émotionnelle appropriée; joue un rôle déterminant dans la gestion de la mémoire émotionnelle (centre de la peur, de l'angoisse et de l'agression); centre de la mémoire implicite.
Hippocampe	Responsable de la proprioception (sixième sens, évaluation de la position du corps, du mouvement et de la posture), de la construction de la mémoire explicite et à la gestion des souvenirs, impliquée dans la concentration et le contrôle de l'humeur.

**I.2.1.2. Moelle épinière:****❖ Configuration extérieur :**

- La moelle épinière est un cordon cylindrique (**VANDERVAEL, 2008**), située dans le canal rachidien.
- Elle est subdivisée en quatre région : cervicale, thoracique, lombaire et sacrée, et présente deux renflements, l'un cervical, le second lombaire (s'arrête à L2).
- Plus courte que la colonne vertébrale.
- A chaque étage naissent de chaque coté 2 racines : une antérieure motrice et une postérieure sensitive (**Daniel et Didier., 2001**).

**❖ Configuration intérieure :**

- Une coupe transversale de la moelle montre que celle-ci est constituée par une substance blanche située à la périphérie et une substance grise au centre.
- La substance grise a la forme d'un H. On lui distingue une partie transversale, la commissure grise, traversée par le canal central de la moelle, et deux parties latérales comportant chacune une corne antérieure, large, et une corne postérieure, plus mince. En outre, dans la région dorso-lombaire, on trouve, entre la corne antérieure et la corne postérieure, une autre petite formation, la corne latérale. Entre le fond de la fissure antérieure et la commissure grise, la substance blanche passe d'un coté à l'autre, en formant la commissure blanche antérieure.
- La substance grise est constituée en majeure partie par des cellules nerveuses tandis que la substance blanche est formée de fibres nerveuses auxquelles leur gaine de myéline donne une coloration blanchâtre. (**VANDERVAEL, 2008**).



**Figure 12** : structure de la moelle épinière (Kenneth, 2021).

### I.2.1.3. Cervelet:

- Le cervelet est situé en arrière de la moelle allongée et du pont. Il est réuni au tronc cérébral. (VANDERVAEL, 2008).
- Le cervelet est l'organe de l'intégration pour la coordination et la synchronisation fine des mouvements et pour la régulation du tonus musculaire. Il se développe à partir de la lame alaire du tronc cérébral et forme le toit du quatrième ventricule. Sa face supérieure est recouverte par le prosencéphale. Dans sa face inférieure se place la moelle allongée. On distingue une partie médiane impaire, le vermis cérébelleux et deux hémisphères cérébelleux. Cette division en trois parties n'est apparente que sur la face inférieure. A ce niveau, le vermis forme le fond d'un sillon, la vallécule cérébelleuse. La surface du cervelet montre de nombreux petits gyri (circonvolutions) pratiquement parallèles, les lamelles du cervelet (Werner et Michael., 2015).
- La substance grise est située au niveau du cortex cérébelleux (en superficie) et dans les noyaux gris centraux (4 paires).
- La substance blanche est centrale, décrite comme « l'arbre de vie » (Werner et Michael., 2015).

#### I.2.1.4. Tronc cérébral:

- le tronc cérébral commence à l'endroit où la moelle épinière pénètre dans le crâne s'étend en remontant jusqu'aux aires inférieures du cerveau antérieur. Le tronc cérébral est la cible d'afférences véhiculant les informations relatives à toutes les perceptions l'organisme, et il en émane des nerfs efférents qui interviennent dans le contrôle des mouvements du corps à l'exception des mouvements les plus complexes des doigts et des orteils. Ainsi, le tronc cérébral contribue à la production de mouvements et à l'élaboration d'un monde sensoriel.
- Le tronc cérébral peut être divisé en trois régions : le cerveau postérieur, le cerveau moyen, et le diencephale, qu'on appelle parfois le cerveau intermédiaire, car il jouxte les parties supérieures du cerveau. **(Bryan et al., 2008).**

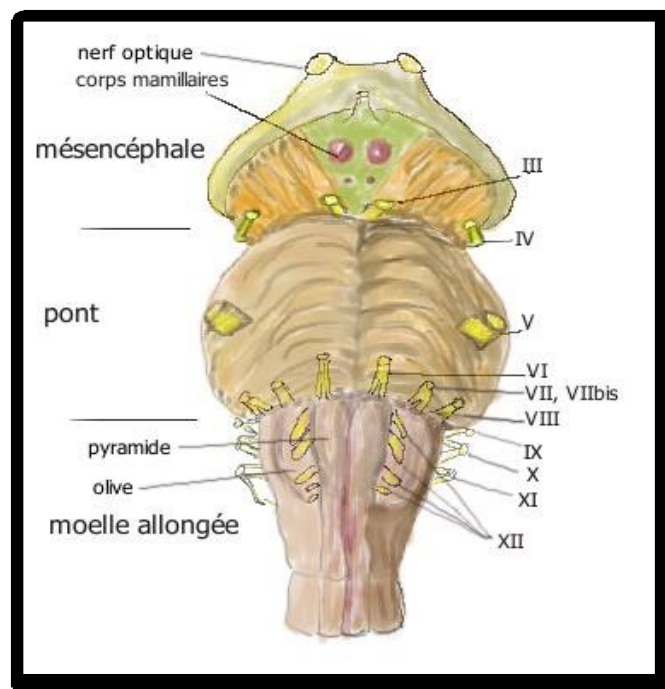


Figure 13 : tronc cérébral **(Pancrat, 2011).**

#### I.2.1.5.Méninges:

Les différentes parties du système nerveux central sont complètement entourées par trois membranes appelées méninges et qui sont, de dehors en dedans, la dure-mère, l'arachnoïde et la pie-mère. **(VANDERVAEL, 2008).**

##### ❖ Dure-mère :

La dure-mère est une épaisse membrane fibreuse qui forme une sorte de sac autour de la moelle et de l'encéphale.

Dans le canal vertébral, elle descend jusqu'au niveau de la deuxième vertèbre sacrée ou elle se termine en cul-de-sac. Comme la moelle épinière ne descend pas en-dessous de la 2ème vertèbre lombaire, le cul-de-sac dure mérien ne renferme que les nerfs de la queue de cheval et le filum terminale.

Dans le crane, la dure-mère adhère fortement aux os de la base mais se laisse décoller au niveau de la voute (**VANDERVAEL, 2008**).

Par sa face interne, elle émet plusieurs prolongements dont les principaux sont :

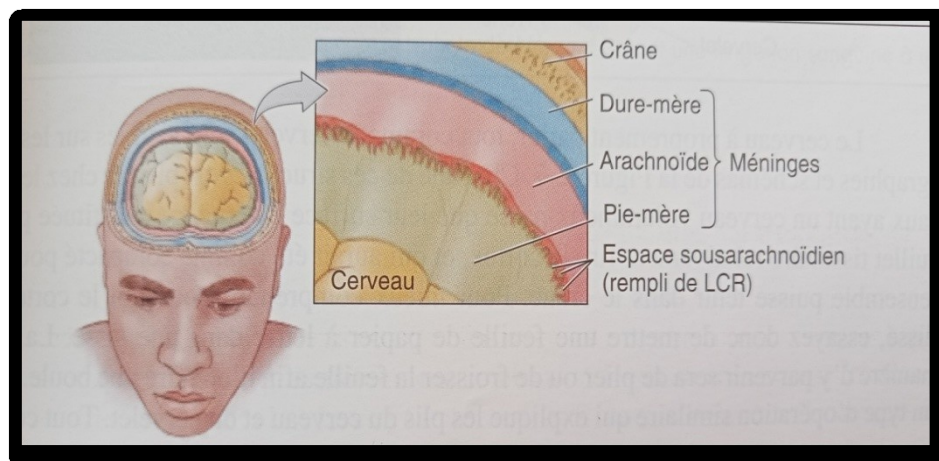
- **La faux du cerveau** : grande cloison médiane séparant les hémisphères cérébraux et s'étendant depuis l'apophyse cristagallijusqu'à la protubérance occipitale interne ; son bord supérieur longe le linge médiane de la voute crânienne ou il est dédoublé et contient un sinus veineux, le sinus sagittal supérieur ; son bord inférieur répond au corps calleux ; il est également dédoublé et contient le sinus sagittal inférieur.
- **La tente du cervelet** : qui sépare le cervelet des hémisphères cérébraux dans son bord supérieur est logé un autre grand sinus veineux, le sinus transverse (**VANDERVAEL, 2008**).

❖ **Arachnoïde** :

L'arachnoïde s'accroche étroitement à la face interne de la dure-mère et n'est séparée d'elle que par une fente capillaire, l'espace subdural. Elle entoure l'espace subarachnoïdien contenant le liquide céphalospinal, ou cavumsubarachnoïdien. Elle est également reliée à la pie-mère par des travées et des septums qui forment un maillage dense et un système de chambres communicantes. (**Werner et Michael., 2015**).

❖ **Pie-mère** :

C'est la méninge porte-vaisseaux. Elle recouvre directement la substance cérébrale et forme le versant mésodermique de la frontière entre pie-mère et glie. A partir de la pie-mère, les vaisseaux s'enfoncent dans la substance cérébrale sont encore accompagnés par cette membrane sur une courte distance (**Werner et Michael, 2015**).



**Figure 09** : structure de méninges (trois couches, liquide céphalo-rachidien LCR) (Purves et *al.*, 2005).

### I.3. Système nerveux périphérique (SNP) :

**Tableau 5** : les douze paires de nerfs crâniens (Guclu et *al.*, 2009).

Paire n°	Nom des nerfs	Rôle
<b>I</b>	N. olfactif	Nerf très court (jus qu'au bulbe olfactif) : Perception des odeurs.
<b>II</b>	N. optique ou ophtalmique	C'est le prolongement des cellules de la rétine, jusqu'au cortex strié.
<b>III</b>	N. moteur oculaire commun	Nerf moteur qui assure les mouvements des muscles de l'œil.
<b>IV</b>	Nerf pathétique	Innervé les muscles grands obliques permettant le mouvement du globe oculaire vers le bas et latéralement.
<b>V</b>	Nerf trijumeau	C'est le nerf sensitif de la face et le nerf moteur des muscles masticateurs.
<b>VI</b>	Nerf moteur oculaire externe	Innervé les muscles droits externes assurant la mobilité du globe oculaire latéralement.
<b>VII</b>	Nerf facial	Nerf mixte car en même temps sensitif et moteur des muscles de la face.
<b>VIII</b>	Nerf vestibulo-cochléaire ou acoustique ou auditif	Nerf sensitif responsables à la fois de l'audition et de l'équilibre.
<b>IX</b>	Nerf glosso-pharyngien	Nerf sensitif et moteur du pharynx, nerf sensitif de la langue.
<b>X</b>	Nerf pneumogastrique ou nerf vague	Nerf sensitif connecté au cœur et aux appareils respiratoire et digestif.
<b>XI</b>	Nerf spinal	Nerf moteur responsable des mouvements des muscles du cou.
<b>XII</b>	Nerf grand hypoglosse	Nerf moteur de la langue.

#### I.4. Organisation tissulaire du cerveau :

Le tissu nerveux se compose de deux types cellulaires majoritaires : les neurones (ou cellules nerveuses), et les cellules gliales (cellules de soutien et d'enveloppement).

##### I.4.1. Neurone :

###### I.4.1.1. Structure

Le neurone est une cellule composée d'un corps cellulaire et d'un noyau. Le corps cellulaire se ramifie pour former ce que l'on nomme les dendrites. Celles-ci sont parfois si nombreuses que l'on parle alors de chevelure dendritique ou d'arborisation dendritique. C'est par les dendrites que l'information est acheminée de l'extérieur vers le soma, corps du neurone.

L'information traitée par le neurone chemine ensuite le long de l'axone (unique) pour être transmise aux autres neurones. La transmission entre deux neurones n'est pas directe. En fait, il existe un espace intercellulaire de quelques dizaines d'Angstroms ( $10^{-9}\text{m}$ ) entre l'axone du neurone afférent et les dendrites (on dit une dendrite) du neurone efférent (Claud, 2016).

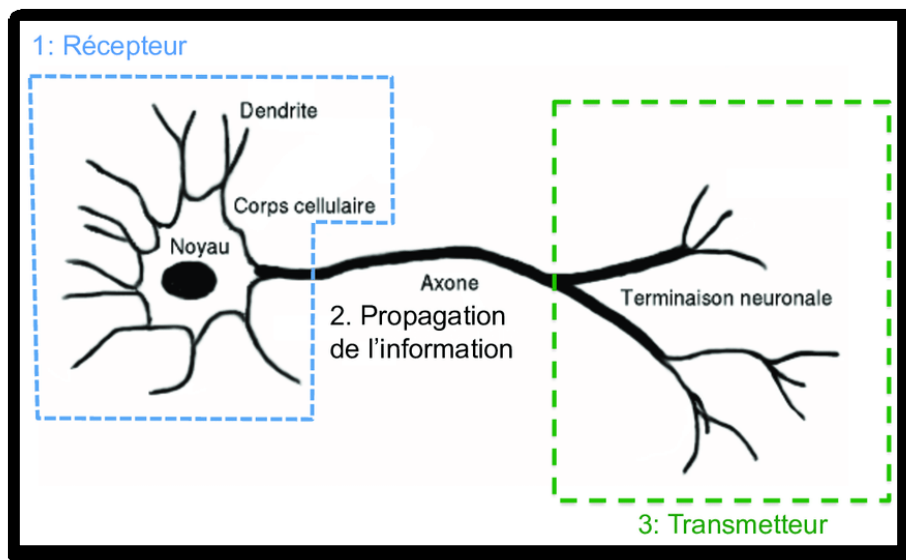


Figure 10 : Représentation schématique d'un neurone (Hébert, 2012)

Les neurones (les cellules nerveuses) cellule amitotique exception faite de quelques zones précises où se déroule une faible mitose neuronale notamment au niveau de

l'hippocampe, les neurones sont bloqués en interphase et donc ne se divisent plus ce qui en fait des cellules à longévité extrême, expliquant ainsi la rareté des tumeurs d'origine neuronal. **(Silbernal et al., 2001).**

Ils constituent l'unité fonctionnelle du système nerveux ; et comportent trois régions distinctes (le corps cellulaire, les dendrites, les axons).

- **Corps cellulaire (soma ou pericaryon) :** il contient le noyau, le cytoplasme, les organites cellulaires ; son diamètre varie entre 5 et 120µm selon le type de neurone. . **(Silbernal et al., 2001).**
- **Dendrites :** ce sont des extensions du pericaryon, elles servent essentiellement à augmenter la surface de réception de l'influx nerveux et sont souvent recouverts de structures en forme de bourgeons appelés épines **(Silbernal et al., 2001).**
- **Axones :** ce sont des prolongements du corps cellulaire, leurs rôle étant de transmettre l'influx nerveux jusqu'aux terminaisons nerveuses, celles-ci sont entourées d'une gaine de myéline visant à améliorer leurs propriétés électriques **(Silbernal et al., 2001).**

#### **I.4.2. Cellule gliales ou « névroglie » :**

Les cellules gliales sont d'origine ectodermique ; elles entourent les neurones et participent au contrôle de l'environnement chimique et électrique, en leur fournissant des nutriments et en éliminant leurs déchets. Elles sont classées en deux grandes familles histologiques :

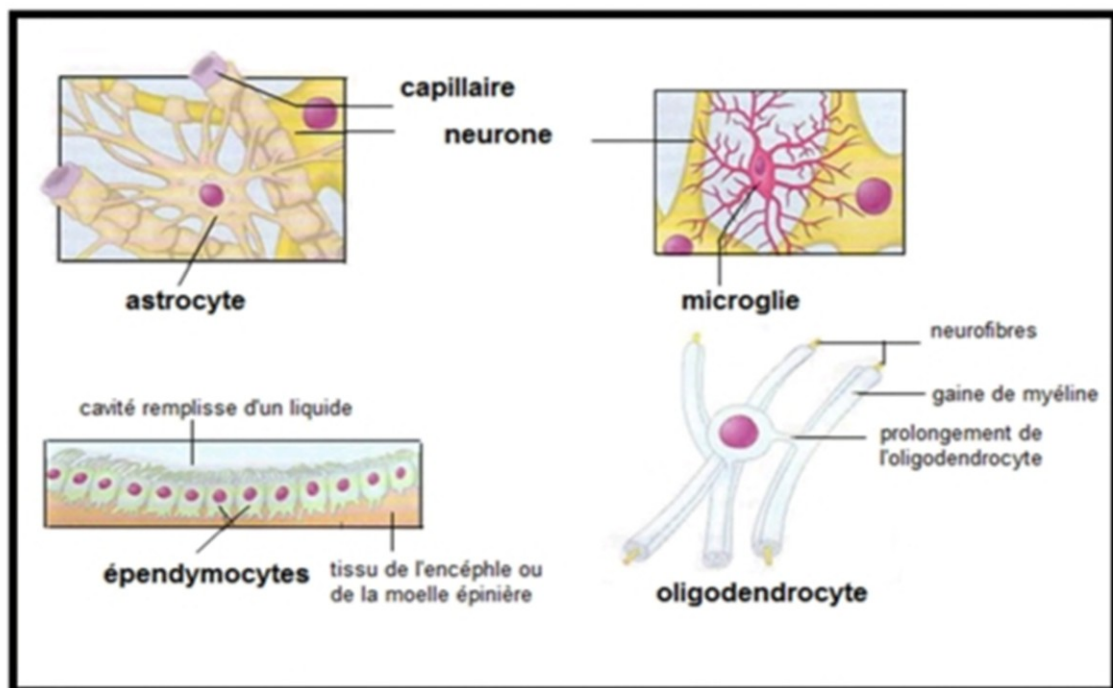
- La macroglie comprenant les astrocytes, les oligodendrocytes, les cellules épendymaires et les cellules NG2 positives **(Nishiyama et al., 2009).**
- La microglie composée de macrophages spécialisés **(Gehrmann et al., 1995).**

On compte plusieurs types de cellules gliales :

- **Astrocytes :** ce sont les plus abondantes et les plus volumineuses des cellules d'origine gliale, elles ont une forme étoilée avec plusieurs prolongements, symétrique, fonction nutritive et rôle de soutien, on distingue alors les astrocytes de type 1, qui sont en contact avec les capillaires sanguins, et les astrocytes de type 2, qui entourent les neurones et les fentes synaptiques empêchant ainsi la dispersion des neurotransmetteurs en les captant et en les métabolisant **(Sum et al., 2012).**



- **Oligodendrocytes** : plus petits que les astrocytes et avec moins de prolongements, asymétrique, elles jouent un rôle de réseau de soutien pour les neurones mais assurent surtout la myélinisation de leurs axons pour les isoler et accélérer l'influx nerveux (**Kierszenbaum, 2006**).
- **Ependymocytes** : elles ont une forme cubique ou cylindrique, petites, ovoïdes, elles sont souvent ciliées et forment un épithélium simple qui tapisse les cavités centrales du cerveau ; elles servent à la création du liquide céphalo-rachidien et favorisent sa circulation (**Minabe et al., 2015**).
- **Microglies** : petites cellules généralement mobiles et en forme d'étoile, dérive du mésoderme, elles appartiennent au groupe des macrophages formant ainsi la principale défense immunitaire active du système nerveux central.



**Figure 11** : les cellules gliales du système nerveux central (**Marieb, 2008**).

### I.5. Constitution de la membrane cellulaire neuronale :

La membrane cellulaire du neurone présente des propriétés particulières qui la rendent électriquement excitable. Elle est formée d'une double couche bi lipidique d'une épaisseur d'environ cinq nanomètres qui sépare le milieu intracellulaire du milieu extracellulaire et forme une barrière au passage des ions solubles dans l'eau (**I.Ingster-Moati et al., 2002**). Il existe par ailleurs plusieurs voies de passage des ions à travers la membrane permettant la

génération du potentiel d'action. Les voies de passage impliquées dans le mécanisme du potentiel d'action sont les canaux ioniques, les canaux de fuite et les pompes ioniques **(N.Acampbell, 2006)**.

Les canaux ioniques sont des protéines imbriquées dans la membrane qui fonctionnent comme des portes laissant passer un type d'ion préférentiel, et qui s'ouvrent sous l'action d'une tension, d'une action mécanique ou d'un agent chimique.

Les canaux contrôlés en tension, et principalement les canaux sodiques et potassiques, sont responsables de l'initiation et de la propagation du potentiel d'action.

On en trouve sur la membrane du neurone principalement au niveau du soma et de l'axone, et en plus grande concentration au niveau de la zone intermédiaire entre le soma et l'axone, au niveau du cône axonal et du segment initial **(Borke et al., 1998)**.

Les canaux ligands ou chimio-dépendants sont responsables de la transmission synaptique de l'influx nerveux. Les ligands sont dans ce cas appelés neurotransmetteurs. Quand les canaux sont activés, les ions diffusent selon leur gradient de concentration vers le milieu de moindre concentration suivant la loi de diffusion de Fick **(Buehler, 2006)**.

Il existe ensuite des canaux de fuite (typiquement les canaux chloriques) qui permettent une diffusion des ions à travers la membrane selon leur gradient de concentration. Il existe par exemple une diffusion des ions  $K^+$  du milieu intracellulaire vers le milieu extracellulaire et une diffusion de  $Na^+$  dans le sens inverse.

Le pompe sodium/potassium est une protéine qui permet, par un transport actif et consommateur d'énergie de contrebalancer la diffusion passive des ions  $Na^+$  et  $K^+$ .

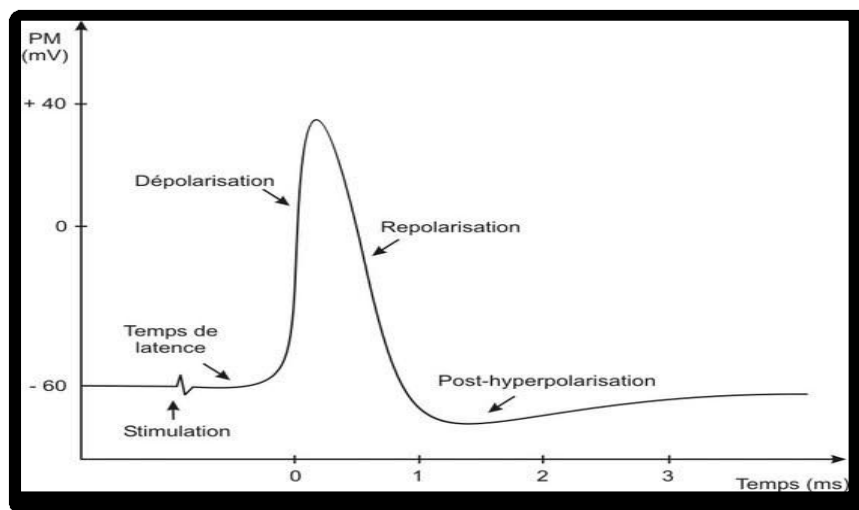
Ces protéines assurent le transport actif des ions à contre-courant de leurs flux diffusionnels passifs. Elles permettent ainsi le maintien des différences de concentrations ioniques entre les milieux intra et extracellulaire à l'origine du potentiel de repos membranaire **(Hammond et Tritsch, 1990)**.

## I.6. Physiologie de système nerveux :

### I.6.1. Potentiel d'action:

Le potentiel d'action appelé parfois « Influx Nerveux » est un évènement court durant lequel le potentiel électrique d'une cellule (notamment les neurones, mais aussi d'autres cellules excitables telles que les cellules musculaire, les cellules endocrines...) augmente puis chute rapidement. Il est provoqué par la dépolarisation membranaire qui change de  $-60\text{mV}$  à  $+40\text{mV}$ .

Ce Potentiel, qui correspond à une modification temporaire de la polarité membranaire comprend des phases (figure 12).



**Figure12** : le potentiel d'action. (Syrice, 2009).

L'apparition du potentiel d'action est liée à l'intensité de la stimulation, une fois le seuil critique atteint, il est immédiatement maximal. Son amplitude et sa durée dépendent du tissu et de l'espace mais sont, tout comme le potentiel de repos, constantes pour un type cellulaire donné chez une espèce donnée. En effet, soit l'intensité de stimulation est insuffisante pour atteindre le seuil critique – on dit qu'elle est infraliminaire – et le potentiel d'action n'apparaît pas ; soit l'intensité de stimulation est suffisante pour atteindre le seuil critique – on dit qu'elle est supraliminaire – et le potentiel d'action est immédiatement maximal. On dit que la fibre obéit à la loi du tout ou rien.

Ce potentiel, qui correspond à une modification temporaire de la polarité membranaire comprend trois phases :

- Une première phase de dépolarisation, extrêmement brève puisqu'elle ne dure qu'une fraction de milliseconde et qui se traduit par une brusque inversion du potentiel de membrane (on passe en moyenne de  $-60\text{ mV}$  à  $+40\text{ mV}$ ).
- Une seconde phase de repolarisation, un peu plus lente et qui permet au potentiel de membrane de revenir à son niveau de repos.
- Une troisième phase de post-hyperpolarisation encore plus lente (plusieurs millisecondes) et de très faible amplitude pendant laquelle les concentrations ioniques intracellulaires retrouvent leurs valeurs initiales.

Ce sont en effet des mouvements de sodium et de potassium qui sont à l'origine des différentes phases du potentiel d'action.

Au repos, la perméabilité membranaire au sodium ( $p_{\text{Na}}$ ) est très faible car la plupart des canaux au sodium sont fermés. Or, ces canaux étant sensibles au potentiel de membrane (on dit qu'ils sont électro-dépendants ou voltage-dépendants), une légère dépolarisation suffit à provoquer leur ouverture. Les ions sodium rentrent alors massivement dans la cellule en raison de leur gradient de concentration et de leur gradient électrique ce qui augmente la dépolarisation et finit par inverser le potentiel de membrane qui atteint une valeur d'environ  $+40\text{ mV}$ .

Cette forte dépolarisation finit par inactiver les canaux au sodium mais induit l'ouverture de canaux au potassium, également électro-dépendants, ce qui a pour effet d'augmenter la perméabilité au potassium ( $p_{\text{K}}$ ). Les ions potassium, beaucoup plus nombreux à l'intérieur qu'à l'extérieur, quittent alors la cellule en masse et permettent au potentiel de membrane de retrouver sa valeur initiale.

Toutefois les canaux au potassium n'étant pas immédiatement inactivés au moment où la fibre retrouve son potentiel de repos, les ions potassium continuent à quitter la cellule et provoquent ainsi une légère hyperpolarisation, le temps que la perméabilité au potassium retrouve sa valeur de repos. En parallèle, la pompe Na-K s'active et expulse le sodium entré la phase de dépolarisation (**Mark et al., 2016**).

## I.7. Rôle de la nutrition sur le système nerveux :

### I.7.1. Nutrition et mélanisation

La déplétion en fer joue un rôle particulier dans la diminution de la quantité de myélinisation et affecte la physiopathologie des oligodendrocytes dans le SNS (**Sialvesttroff et al., 2013**). Fait intéressant, les patients diagnostiqués avec la schizophrénie ont montré non seulement une carence en fer, mais aussi une anémie et gènes de myéline altérés, soulignant que la privation développementale de fer peut être un modèle animal pour l'étude des troubles psychiatrique, y compris le trouble dépressif, le trouble bipolaire, le trouble anxieux et l'autisme (**Chen et al., 2013 ; Nielsen et al., 2016**).

L'iode est un élément essentiel au bon développement du cerveau et sa déficience gestationnelle entraîne une réduction de la myélinisation (**De Escobar et al., 2007 ; Dussault et al., 1987**).

#### I.7.1.1. Glucose

Le glucose est la principale source d'énergie du cerveau et est nécessaire pour fournir des précurseurs à la synthèse des neurotransmetteurs et de l'ATP. En bonne santé, le niveau de glucose dans le sang reste dans certaines limites (80 à 110 mg/dl), qui sont contrôlées par l'interaction des réponses physiologiques du foie, du pancréas et du muscle squelettique. Le système nerveux est également impliqué dans ce contrôle, puisque le glucose à ses fonctions.

Le glucose est également la source de biosynthèse d'autres composés requis par le cerveau, y compris les glucides complexes tels que les glycoprotéines, les glycolipides et les acides aminés. C'est aussi un donneur de carbone pour les réactions de méthylation et fournit des précurseurs de neurotransmetteurs (**Mergenthaler et al., 2013**). Le glycogène, malgré son niveau relativement faible dans le SNS par rapport à celui présent dans les tissu périphériques, est la plus grande réserve énergétique, du cerveau. au niveau cellulaire, le glycogène se trouve exclusivement dans les astrocytes, dans le cerveau adulte (**Magistretti et al., 1993 ; Brow, et al., 2004**). Bien que les neurones expriment la glycogène synthase, des preuves récentes montrent que cette machinerie est maintenue inactives dans les neurones par des mécanismes dépendants du protéasome (**Vilchez et al., 2007**). Le plus frappant est que l'activation du stockage du glycogène dans les neurones en culture provoque l'apoptose (**Vilchez et al., 2007**), ce qui montre également que le glycogène est une caractéristique spécifique du

métabolisme du glucose dans les astrocytes au lieu des neurones, là où l'énergie est nécessaire. Cela suggère que le métabolisme du glycogène nécessite des interactions métaboliques entre les astrocytes et les neurones. D'autre part, les glycogènes des astrocytes semblent être directement pertinents pour l'apprentissage (**Hertz et al., 2009**). Et la lactase produit final glycolytique, semble jouer un rôle dans la formation de la mémoire à long terme (**Suzuki et al., 2011**).

### I.7.1.2. L'insuline

L'insuline influence tous les aspects de la physiologie humaine. En plus de réguler l'homéostasie du glucose périphérique, l'insuline est un neuromédiateur qui contribue aux processus neurologiques. L'insuline a été considérée comme une hormone périphérique et on supposait donc qu'elle ne traverserait pas la barrière hémato-encéphalique (BHE) (**Banting, 1922**). Démontrant que l'insuline est capable de traverser la barrière hémato-encéphalique.

L'insuline est un peptide sécrété par les cellules bêta pancréatiques, et elle est facilement transportée dans le SNS via la BHE par un récepteur saturable (**Bank et al., 2012**).

### I.7.1.3. Acide gras

Un aspect unique de la composition lipidique de tous les tissus neurologiques des mammifères est la concentration extraordinairement élevée de DHA.

Elément constitutif le plus abondant du cerveau, le DHA représente plus de 30% des acides gras des phospholipides des neurones (**Salem et al., 1986**). Le DHA est principalement concentré dans les terminaisons neuronales et les synaptosomes, et est également associé aux cônes de croissance des neurites, où il a été démontré qu'il favorise la croissance des neurites (**Ikemoto et al., 1997**).

Le cerveau est un organe bien protégé : il utilise les acides gras alimentaires de manière très spécifique. Une restriction à très court terme des acides gras  $\omega$ -3 dans une alimentation par ailleurs complète entraîne peu d'anomalies dans le profil des AGPI dans le cerveau et ses organites (**Delas et al., 2008**), ainsi une carence en acides gras  $\omega$ -3 dans l'alimentation ne provoquera pas d'anomalies au niveau du cerveau, sauf si elle est extrêmement prolongée (**Bourre et al., 1989**) cependant, même si la composition en acides gras des lipides cérébraux est connue pour être relativement constante, elle ne répond pas aussi facilement aux

changements dans la composition des graisses alimentaires que les autres tissus (**Salem et al., 2001**), consommation et risque de troubles neurologiques (**Appleton et al., 2010**). Une carence alimentaire chronique en LC-PUFA peut entraîner des modifications des phospholipides de la membrane neuronale du cortex et de l'hippocampe, et peut être liée à une altération de la fonction du système nerveux central. En particulier, le déficit en DHA semble être impliqué dans les troubles neuropsychiatriques (**Ferreira et al., 2015**). Il a été observé que la supplémentation en LC-PUFA ( $\omega$ -3) est efficace pour le traitement des patients de schizophrénie ou à haut risque de psychose, il existe également des preuves qu'il est pertinent dans la physiopathologie de la dépression. Certains auteurs ont observé dans des études populationnelles qu'une consommation accrue de poisson/fruits de mer est corrélée à des taux plus faibles de prévalence au cours de la vie de la dépression unipolaire et bipolaire.

#### **I.7.1.4. Phospholipides**

Les graisses dans le cerveau sont en partie composées de phospholipides. Les acides gras sont rarement trouvés sous forme de molécules libres en raison de leurs effets détergents et cytotoxiques, mais sont généralement estérifiés dans les espèces moléculaires plus grandes telles que les phospholipides et les triglycérides. Les phospholipides forment spontanément des bicouches lipidiques et constituent la majeure partie des éléments membranaires dans la cellule. Ils sont également la source prédominante d'acides gras pour les réactions de signalisation cellulaire. De plus en plus, des preuves indiquent que les perturbations du métabolisme des acides gras et des phospholipides peuvent jouer un rôle dans un large éventail de troubles psychiatriques, neurologiques et développementaux chez l'adulte (**Perica et al., 2011**).

#### **I.7.1.5. Cholestérol**

Le cerveau contient cinq à dix fois plus de cholestérol que tout autre organe, et ce stérol représente 2 à 3 % du poids total et 20 à 30 % de tous les lipides du cerveau. Déclare que pendant le développement postnatal, les neurones régulent négativement leur synthèse de cholestérol et importent le composant des astrocytes, qui se différencient après la naissance et libèrent des lipoprotéines riches en cholestérol. La biosynthèse du cholestérol dans le cerveau implique plusieurs intermédiaires et enzymes médiatrices. On pense que la régulation de la biosynthèse du cholestérol implique des gènes induits (INSIG) et des protéines régulatrices de liaison aux éléments stérols, en particulier SREBP-2 (**DeBose-Body, 2008**) l'HMG-CoA

réductase l'enzyme contrôlant la vitesse de la biosynthèse du cholestérol, est la principale cible de la régulation du cholestérol (**Wang et al., 2008**).

#### **I.7.1.6. Minéraux**

Minéraux et système nerveux des grandes quantités de métaux co-localisent dans le cerveau, ou des métaux tels que le fer, le cuivre et le zinc agissent comme des cofacteurs essentiels dans les métalloprotéinases. Ils sont nécessaires au fonctionnement normal du tissu nerveux. Le zinc est principalement stocké dans les vésicules synaptiques des synapses excitatrices, le zinc libre est important pour la myélination et pour la libération des neurotransmetteurs acide gamma-aminobutyrique et glutamate, qui sont des modulateurs clés de l'excitabilité neuronale (**Peres-Rosello et al., 2013**).

Cet élément joue un rôle dans le développement cognitif (**Bhantgar et al., 2001**) et les récepteurs sensoriels et les régions cérébrales qui perçoivent et interprètent les plaisirs de manger sont eux-mêmes très riches en zinc, et les niveaux dans les papilles gustatives sont fortement élevés, suggérant que le zinc est nécessaire pour la fonction (**Chou et al., 2001**).

La carence périnatale en oméga3 induit une surexpression du ZnT3 (transporteur identifié dans les vésicules synaptiques et présent dans certaines régions comme le cortex et l'hippocampe) et provoque un métabolisme anormal du zinc dans le cerveau. De plus l'apport périnatal d'acides gras polyinsaturés Oméga3 modifie l'homéostasie cérébrale du zinc à l'âge adulte (**Jayasooriya et al., 2005**).

#### **I.7.1.7. Vitamines**

Le déclin du statut antioxydant est associé à la démence, en particulier à de faibles niveaux de vitamine C. L'acide ascorbique (la forme réduite de la vitamine C) est un agent chélateur aux propriétés antioxydantes qui protège les cellules du stress oxydatif (**Patra et al., 2001**), (**Ramanathan et al., 2002**).

Un certain nombre d'études ont trouvé des associations entre les antioxydants tels que la vitamine C et la fonction cognitive. En fait, il a été constaté que l'acide ascorbique seul ou en association avec la vitamine E et le bêta-carotène améliore la fonction cognitive (**Peacock et al., 2000** ; **Yongha et al., 2015**).



Des études récentes ont montrés les effets chroniques potentiels d'un statut sous-optimal en vitC dans le développement cérébral altéré et dans les troubles neurodégénératif (**Bowman et al., 2009 ; Mosdol et al., 2008**).

#### **I.7.1.8. Les lipides**

Le cerveau des mammifèrent est un organe riche en lipides,ou la matière gris contient 36 à 40 de lipides, la matière blanche 49à66% et la myéline 78 à 81% (**O'brien, 1965**). Le principal 500 lipides comprennent la phosphatidyléthanamines(PE), laphosphatidylcholin (PC),le phosphatidylinositol(PI), lasphingomyéline, le cérébroside, le sulfate de cérébrosides,et la céramide (**O'brien, 1965**). La plupart des lipides sont présents sous forme de phospholipides comprenant le réseau complexe de fibres neurales qui composent du système nerveux centrales.

# CHAPITRE II

## *Oméga3*

## II. Histoire d'oméga 3:

Tout est parti d'une étude observationnelle effectuée entre 1950 et 1974 auprès des 1 800 habitants du district d'Upernavik, au Groenland (Figure 01). Son but était d'étudier les indicateurs de santé en fonction du mode de vie de cette population ethniquement homogène et stable (moins de 10 % d'étrangers, principalement danois). Chez les Esquimaux Inuits ayant conservé un mode de vie traditionnel – vivant de la pêche à la baleine, de la pêche et de la chasse – (Kromann et Green., 1980).



**Figure 13 :** Localisation du district d'Upernavik au Groenland (Jean et Louis., 2020).

En 1971, le mode de vie et l'alimentation des Esquimaux avaient bien changé lorsque deux autres Danois, Jorn Dyerberg (1937) et Olaf Hans Bang(1913-1994) se trouvèrent dans le secteur nord-ouest du Groenland, à 600 km au nord du cercle polaire, au prétexte d'une épidémie de varicelle. Connaissant la dangerosité des graisses animales pour les maladies cardiovasculaires, qui venait d'être démontrée par ailleurs, ils furent intrigués par la discordance entre l'alimentation hyper lipidique et la faible incidence des maladies coronariennes des Esquimaux rapportée par Berthelsen et Kronman, et confirmée par un rapport du médecin-chef du Groenland en se basant sur les certificats de décès et les motifs d'hospitalisation d'une population ayant peu accès aux soins.

En comparant les paramètres lipidiques chez 130 Inuits des deux sexes à ceux d'un groupe témoin composé de Danois et d'Esquimaux vivant au Danemark, ils furent frappés par les taux de cholestérol et de triglycérides nettement diminués.

Cela leur parut suffisant pour expliquer la faible incidence des maladies ischémiques du cœur, bien que - de leur propre aveu : « la relation entre les concentrations basses de la plupart

des lipides sanguins (à l'exception des  $\alpha$ -lipoprotéines) est frappante mais pas nécessairement causale » ... Ils soulignèrent que « l'alimentation des Esquimaux est principalement composée de chair de cétacé, de phoque, d'oiseaux marins et de poisson, et est extrêmement riche en protéines et en graisses » (**Bang et lancet et al., 1971**). Pour **Dyerberg et Bang**, cette relation pour le pouvait s'expliquer par la teneur élevée en AG polyinsaturés à chaîne longue caractéristiques des graisses d'origine marine, en l'occurrence les AG oméga-3 (**Dyerberg et Bang et al., 1975**).

Au cours de l'hiver 1976, ils réalisèrent une enquête alimentaire auprès de 25 couples de Groenlandais pendant 5 jours, par la technique de duplication des ingesta pour réaliser une analyse qualitative. Ils démontrèrent que la nourriture traditionnelle comportant plus de 400 g de poisson ou d'équivalents marins par jour était riche en AG polyinsaturés de la série oméga-3 ou n-3. Le ratio acide gras polyinsaturés/saturés est de 0,84 chez les Inuits, contre 0,24 chez les Danois. Par ailleurs, les acides gras  $\omega$ 3 sont prépondérants chez les Inuits, alors que ce sont les acides gras  $\omega$ 6 qui sont dominants chez les Danois (**Bang et Dyerberg., 1980**). Forts de ces résultats, Dyerberg et Bang soulignent l'existence d'une relation entre la faible incidence des maladies coronariennes et la forte concentration sérique en AG n-3 dans les populations Inuits, bien qu'ils n'avaient entrepris aucune étude d'incidence ou de prévalence. Ils s'évertuent dès lors à démontrer que la rareté de l'incidence des maladies cardiaques pourrait être la conséquence d'un effet anti-thrombotique de l'acide eicosapenténoïque présent dans les huiles de poissons et de mammifères marins. La folle histoire des oméga-3 venait de débiter.

## II.1. Définition des acides gras:

Les acides gras insaturés sont des acides gras comportant une ou plusieurs doubles liaisons. Les acides gras ayant une double liaison sont dits monoéniques ou mono insaturés et ceux en ayant plusieurs sont dits polyéniques ou polyinsaturés) (**Cuvelier et al., 2004**).

Les acides gras (AG) polyinsaturés sont des AG à longues chaînes de carbone (18 à 22 Carbones) qui possèdent plusieurs doubles liaisons carbone-carbone (C-C) (**Fuller et al., 2004**). Ils proviennent de l'alimentation et les différents AG polyinsaturés sont incorporés dans les phospholipides des membranes cellulaires partout dans l'organisme, dans des proportions similaires à celles retrouvées dans la diète (**Wathes et al., 2007**). Les AG polyinsaturés agissent sur la composition et la fonction des membranes, sur les voies de

signalisation et sur la régulation de l'expression des gènes (**Jump, 2002**). De plus, vu leur structure particulière, les AG polyinsaturés augmentent la fluidité membranaire (**Schmitz et Ecker., 2008**).

Les oméga-3 font partie de la famille des acides gras polyinsaturés (PUFA; de l'anglais polyunsaturatedfattyacid) à chaînes longues qui par définition sont des acides gras comportant un minimum de deux insaturations. Les n-3 se caractérisent par leur premier double lien sur le carbone 3 à partir du groupement méthyle de la chaîne carbonée (**Oliveira et al., 2015**).

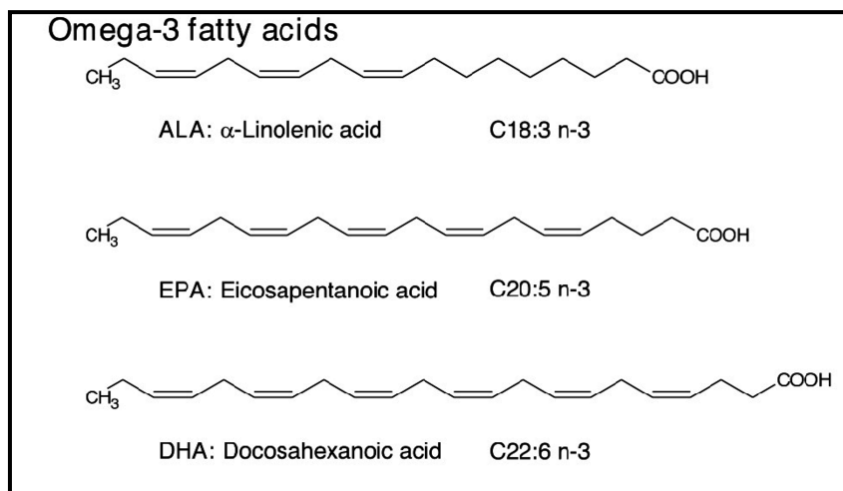
### II.1.1. Structure:

Les acides gras polyinsaturés se divisent en deux familles : les oméga-3 (n-3) et les oméga-6 (n-6). Pour les AG n-3, le premier double lien C-C est entre les atomes de carbone 3 et 4, à partir du groupement méthyle (CH<sub>3</sub>) terminal. Lie (**Fuller et al.,2004**). On peut donc désigner les différents acides gras polyinsaturés selon le nombre d'atomes de carbone (C) qu'ils contiennent et le nombre de double lien dans la molécule (e.g. C18:3, n-3) L'acide linoléique (LA, n-6) et l'acide alpha-linolénique (ALA, n-3) sont dits essentiels, car ils ne peuvent pas être synthétisés (**Abayasekara et Wathes.,1999**) et doivent donc provenir de l'alimentation. Chez les mammifères, ces AG peuvent ensuite être modifiés après leur ingestion pour donner d'autres AG de la même famille avec des propriétés.

Les acides gras polyinsaturés (AGPI) : les chaînes d'atomes de carbone possèdent plusieurs doubles liaisons qui sont généralement séparées par un groupe méthylène (**Budge et al., 2006**) On les trouve essentiellement dans les huiles de poissons, les huiles de lin, de colza, de noix, de soja.

#### II.1.1.1. Structure des principaux acides gras polyinsaturés

Les acides gras oméga-3 ont leur premier double lien carbone-carbone (C-C) sur le troisième atome de carbone en partant du groupement méthyle (CH<sub>3</sub>) de l'acide gras. Le nom chimique des acides gras débute par le nombre total de carbones dans la molécule, suivi du nombre de doubles liens C-C et de l'emplacement du premier double lien C-C Inspiré (**Din et al., 2004**).



**Figure 14** : structure des acides gras oméga-3 (Paul, 2012).

Les omégas 3 sont des acides gras polyinsaturés. Trois d'entre eux sont indispensables, c'est-à-dire non synthétisés par l'organisme et indispensables aux fonctions vitales. Il s'agit de l'acide linoléique (LA), appartenant à la famille des omégas 6, de l'acide alpha linoléique (ALA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA), appartenant tous deux à la famille des omégas 3 (Budge *et al.*, 2006).

### II.1.2. Rôles

Les Oméga3 possèdent de multiples rôles variés au sein de divers systèmes. Entre autres, les ω3 entrent dans la composition des phospholipides présents dans les membranes cellulaires. Celle-ci varie grandement en fonction du type de cellules et de son emplacement. L'acide alpha linoléique est davantage intégré dans les membranes cellulaires que l'acide eicosapentaénoïque, et ce, majoritairement au sein des cellules cérébrales et de la rétine (Thaler *et al.*, 2012 ; Morselli *et al.*, 2014).

La composition membranaire est également influencée par l'apport alimentaire. En effet, il a été démontré qu'une supplémentation en n-3, et plus spécifiquement en DHA, augmente la fluidité membranaire (Talukdar *et al.*, 2011 ; DY *et al.*, 2010).

D'ailleurs, la fluidité membranaire est essentielle à l'expansion des membranes cellulaires, démontrant l'importance des n-3, en particulier le DHA, lors du développement neuronal (Auguste *et al.*, 2016).

L'intégration des oméga3 dans cette structure influence aussi les mécanismes de signalisation intracellulaire, l'activation et la formation des récepteurs transmembranaires,

l'épaisseur de même que la perméabilité de la membrane (**Tschöp et al., 2011 ; Auguste et al., 2016**). Aussi, les oméga3 jouent un rôle crucial dans la réduction de l'inflammation. Entre autres, l'augmentation de l'apport en n-3 favoriserait la biosynthèse de médiateurs anti-inflammatoires, au détriment de ceux dérivés des n-6 pro-inflammatoires, puisque ces deux types d'acides gras partagent les mêmes enzymes de conversion (**Martinez-Fernandez., 2015**). De multiples évidences ont aussi démontré l'effet des n-3 sur les niveaux circulants de molécules pro-inflammatoires telles les interleukines 6 (IL-6), d'IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$  ainsi que la protéine C réactive (**Belchior et al., 2015 ; Décarie-Spain et al., 2018**).

Dans le même ordre d'idée les oméga3 bloquent la cascade d'activation du facteur de transcription pro-inflammatoire nuclear factor-kappa B (NF $\kappa$ B), qui lui-même promeut l'expression de cytokines pro-inflammatoires (**O'connor et al., 2009**). Les  $\omega$ 3 ont également démontré des effets bénéfiques au niveau du développement fœtale (**Zhang et al., 2014**), de la fonction visuelle (**Aguliar-Valles et al., 2013**) et immunitaire (**Dantzer, 2001**) (**Cazareth et al., 2014**).

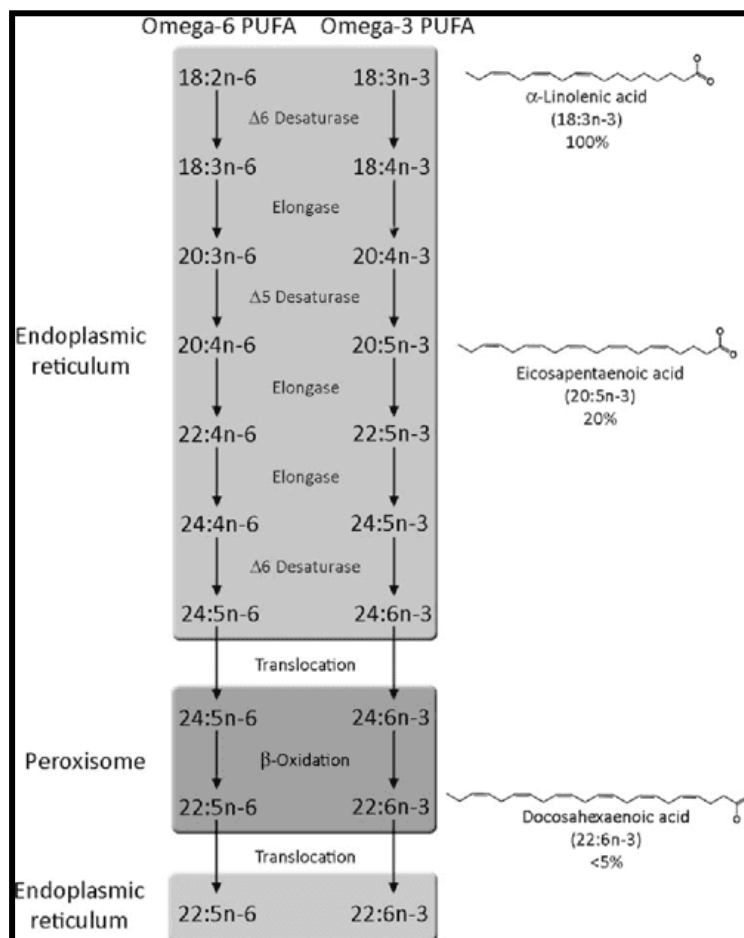
### II.1.3. Types

Les principaux acides gras du groupe oméga 3 sont :

- olde (alpha-linolenic acid), ou  $\omega$ 3  $\alpha$  (18:3; ALA).
- L'acide éicosapentaénoïque EPA de (eicosapentaenoic acid) (20:5; EPA) ou acide timnodonique.
- L'acide docosahexaénoïque DHA de (docosahexaenoic acid) (22:6; DHA) ou acide cervonique (**Burdge et al., 2006**)

### II.2. Métabolisme:

Le métabolisme des acides gras essentiels passe par une série progressive d'étapes de désaturation et d'élongation dans le réticulum endoplasmique jusqu'à 24 :5n-6 et 24 :6n-3, qui sont transloquées vers le peroxyosome, où les chaînes sont raccourcies par C2 par un cycle de la  $\beta$ -oxydation pour former 22 :5n-6 et 22 :6n-3 (DHA), respectivement. Ceux-ci sont ensuite retransloqués vers le réticulum endoplasmique pour une estérification ultérieure en aminophospholipides. Les séries oméga-6 et oméga-3 PUFA partageant les mêmes enzymes, comme résumé à la (Figure 15) (**Infanta et Huszagh., 1998**).



**Figure 15 :** Résumé des voies de biosynthèse des Acides gras-3 et oméga-6 (Dyall et Michael-Titus., 2008).

### II.3. Sources alimentaire :

Les sources d'oméga-3 se divisent en deux grandes catégories : marines et végétales. L'ALA est présente majoritairement dans les huiles végétales, les noix, la graine de lin et les produits dérivant du soya (Bourre et Dâœmomt et al., 1992/1993), ce qui en fait l'acide gras n-3 prédominant dans l'alimentation des Nord-Américains (L'Mohrhauer et al., 1963) EPA et le DHA se retrouvent principalement dans les aliments d'origine marine. Plus précisément, l'huile dérivée du krill et des algues sont les plus riches en EPA et DHA (Thaler et al., 2012).

Les poissons pélagiques d'eaux froides telles le saumon, la sardine et le hareng sont également d'excellentes sources de ces n3. En revanche, il est maintenant connu que la teneur en acides gras de ces poissons varie grandement selon la localisation géographique, la période de l'année où ils sont pêchés, ainsi que l'alimentation des poissons eux-mêmes. En effet, les poissons issus de pisciculture, mangeant une diète à contenu constant en n-3, auront une



teneur en n-3 beaucoup plus stable tout au long de l'année comparativement aux poissons sauvages. D'importantes variations dans le contenu en EPA et DHA des suppléments 11 sous forme de capsule ont également été observées (**Burdge et al.,2006**).

Cette variabilité complique l'évaluation de l'apport exact en ces acides gras auprès de la population à l'aide de méthodes traditionnelles telles que le rappel de 24 heures ou le questionnaire de fréquence alimentaire.

**Tableau 6** : Composition en EPA et DHA (% des acides gras totaux) de plusieurs espèces de poissons (**Hossain, 2011**).

Les aliments	EPA	DHA
Poisson		
<b>Anchois</b>	9.0-18.2	8,7-13,09,
<b>Sardine</b>	12.4-14.5	8-12,5
<b>Maquereau</b>	6.1-5.7	7,0-8,7
<b>Hareng</b>	7.4	6,7-8,7
<b>Saumon</b>	12.7-13.4	10,0-10,2
<b>Flétan</b>	12.2	25,4
<b>Anguille</b>	10.9	9.7
<b>Menhaden</b>	10.6	6,4-9,2
<b>Capelan</b>	9.9	7,9
<b>Thon</b>	4.6	18.3

**Tableau 7** : Composition en acides gras de quelques huiles (% des acides gras totaux) (Evrard et al., 2007).

les huiles	EPA	DHA	ALA	AGPI
<b>Colza</b>	--	--	8-10	26-32
<b>Soja</b>	--	--	4-10	54-72
<b>Noix</b>	--	--	9-15	63-80
<b>Lin</b>	--	--	<0.9	4-22
<b>Olive</b>	--	--	–	50
<b>Foie de morue</b>	13	11	<0.2	62-70
<b>Tournesol</b>	–	–	<0.6	40-48
<b>Sésame</b>	–	–	<2	57-64
<b>Germe de maïs</b>	–	–	–	–

#### II.4. Intérêt de la supplémentation du régime alimentaire en oméga 3 :

Les acides gras omega-3 sont des graisses présentes dans l'alimentation qui sont essentielles pour le corps humain:

- La peau, les articulations et les tissus mous.
- Le cerveau (et le système nerveux).
- le cœur.
- Hypertension artérielle.
- Perte du poids.
- Les cheveux secs et fragiles.
- Dépression.

##### II.4.1. Peau

Les omega-3 est un élément nutritif pour la peau. Il la conserve en parfaite santé tout en la renforçant et la protégeant contre certaines maladies épidermiques. Les allergies (UVB-érythémateuse) (Rhodes et al., 1994), le psoriasis (Balbas et al., 2011) et surtout l'acné (Mark et al., 2008), du moment qu'il n'est pas d'origine hormonale, peuvent être traités par l'oméga-3. Grâce à cet acide gras, la peau devient plus souple, plus élastique et génère une protection naturelle contre les brûlures solaires. Élément vital pour la peau,

l'oméga-3 aide celle-ci à résister aux agressions des rayons UV projetés par le soleil (**Pilkingtonet *al.*, 2011**). On peut suivre un traitement cutané en consommant régulièrement des aliments riches en oméga-3 comme la chair des poissons gras des mers froides, l'huile de noix ou l'huile de colza.

#### **II.4.2. Cerveau**

Les acides gras oméga-3 EPA et DHA sont essentiels au fonctionnement et aux développements normaux du cerveau à toutes les étapes de la vie.

L'EPA et le DHA semblent jouer le développement du cerveau du bébé. En fait, plusieurs études ont corrélé la consommation de poisson ou l'utilisation d'huile de poisson par les femmes enceintes avec des scores plus élevés pour leurs enfants aux tests d'intelligence et de fonction cérébral dans la petite enfance (**Helland *et al.*, 2003**).

Chez les adultes plus âgés, des niveaux inférieurs de DHA dans le sang ont été associés à une plus petite taille du cerveau, un signe de vieillissement cérébral accéléré (**Tan, 2012**). De toute évidence, il est important de s'assurer d'avoir suffisamment d'acides gras oméga-3 pour éviter certains de ces effets néfastes sur le fonctionnement et le développement du cerveau.

#### **II.4.3. Cœur**

Les oméga-3 sont parmi les nutriments les plus intéressants pour la prévention des maladies cardiovasculaires. Les populations qui en consomment le plus sont moins souvent victimes d'infarctus (**Von *et al.*, 2006 ; Lee & Hiramatsu, 2011**).

#### **II.4.4. Hypertension artérielle**

De nombreux praticiens de la santé affirment, à juste titre, que les huiles de poisson et les oméga-3 de manière générale aident à réduire la pression artérielle et, donc, à réduire les risques cardiovasculaires. Une étude a examiné ces affirmations, aux coté de preuves scientifiques, et déterminé que les huiles de poisson avaient un effet direct sur la tension artérielle « des taux sanguins plus élevés d'oméga-3 peuvent protéger contre l'hypertension artérielle » (**Mark *et al.*, 2018**).

#### **II.4.5. Perte du poids**

Plusieurs études ont mis en évidence que les acides gras oméga-3 favorisant la lipolyse, c'est-à-dire la mise à disposition des graisses pour fournir de l'énergie, un atout intéressant pour faciliter la perte de masse grasse pendant un régime. Ainsi, dans une essai clinique mené sur une quarantaine de personnes, le groupe qui a reçu l'huile d'olive a perdu en moyenne 5.8% de son poids, contre 7.2% pour le celui qui a pris des oméga-3 (**Munro *et al.*, 2013**).

#### **II.4.6. Cheveux secs et fragiles**

L'utilisation de l'oméga-3 est très tendance depuis de nombreuses années pour prévenir un grand nombre de maladies, telles que la calvitie ou la perte de cheveux. C'est une maladie fréquente qui touche environ 66% des hommes.

Ce type d'acide gras favorise la croissance et la résistance des cheveux. En ajoutant la quantité idéale d'oméga-3 dans votre régime alimentaire, vos cheveux retrouveront leur éclat. Selon la recherche scientifique, les graisses polyinsaturées supplémentaires ont été notées pour augmenter la douceur et la brillance des cheveux (**Jung ,2018**).

#### **II.4.7. Dépression**

L'alimentation affecte la santé mentale, tandis que les populations les plus fortes consommatrices de poissons (source d'oméga-3) seraient moins exposées à la dépression, les présenteraient fréquemment un déficit en oméga-3. Un aperçu de la recherche depuis 2004 source de confiance sur les oméga-3 et la dépression ont montré que le DHA pouvait également jouer un rôle important avec l'EPA dans le traitement de divers types de dépression. Les personnes souffrant de dépression mineure, de dépression post-partum et d'idées suicidaires avaient des niveaux inférieurs d'EPA et de DHA. Ces études ont montré qu'une combinaison d'EPA et de DHA semblait améliorer les symptômes de dépression de la plupart des participants testés (**Alan et Logan., 2004**).

Une consommation d'oméga-3 est nécessaire à tous les âges de la vie, qu'il s'agisse de l'enfance, troisième âge ainsi que pendant une grossesse. Des études scientifiques ont révélé l'importance de ces acides gras polyinsaturés dans de nombreuses fonctions de l'organisme.

### **II.5. Apports recommandés :**

Les besoins quotidiens en oméga-3 varient d'une personne à l'autre, en fonction de son âge, de sa condition et de son activité physique. Les besoins et l'apport en oméga-3 dépendent également du rapport oméga-3/ oméga-6. Nous allons vous révéler comment calculer précisément vos besoins en oméga-3 en fonction de différents facteurs, et indiquer s'il existe une dose maximale d'oméga-3 à ne pas dépasser

#### **II.5.1. besoins quotidiens en acides gras oméga-3 pour adultes**

Les valeurs de référence établies par la DGE doivent constituer, en ce qui concerne un adulte en bonne santé, 0,5 % de l'apport énergétique quotidien total. Ainsi, si l'on se base sur un apport

énergétique de 2400 kcal, il faudrait consommer 1,3 g d'acides gras oméga-3 par jour, valeur correspondant en réalité uniquement à l'acide alpha-linolénique. D'après l'Institut fédéral allemand pour l'évaluation des risques (BfR), il serait possible de couvrir les besoins en acide alpha-linolénique en consommant une cuillère à soupe (15 ml) d'huile de colza. En ce qui concerne les EPA et DHA, on recommande une prise quotidienne de 250 à 300 mg. Cependant, les besoins quotidiens en oméga-3 ne sont pas connus avec précision, il est donc difficile de donner des recommandations précises, ces valeurs doivent donc être considérées comme des estimations **(Danielle et al., 2012)**.

### **II.5.2. quantité quotidienne d'oméga-3 pour les sportifs**

Les oméga-3 sont particulièrement importants pour les sportifs : ils peuvent, entre autres, empêcher les réactions inflammatoires liées à l'effort dans les muscles et les articulations. Le professeur Artemis Simopoulos, chercheuse américaine dans le domaine de la nutrition, recommande aux sportifs de compétition un apport quotidien élevé : 1-2 g d'EPA et de DHA. Pour les personnes pratiquant le sport comme une activité récréative ou faisant de la musculation, un apport moyen quotidien d'au moins 300 mg suffit. Il est déjà possible de couvrir ces besoins en consommant une à deux portions de poisson (100 à 200 g) par semaine **(Carlo et al., 2012)**.

### **II.5.3. Besoins quotidiens en acides gras oméga-3 pendant la grossesse et l'allaitement**

Pour les femmes enceintes ou qui allaitent, les besoins en oméga-3, surtout en DHA, sont plus élevés. Pour un développement normal des capacités cérébrales et visuelles du bébé à naître, il est conseillé d'augmenter l'apport en DHA de 200 mg par jour. Cela équivaut donc à un apport quotidien en EPA et DHA d'environ 450 mg, puisque la mère doit être doublement approvisionnée : pour elle, et pour le fœtus. En cas d'apport insuffisant en oméga-3 par le biais de la nourriture, la prise de compléments alimentaires à base d'oméga-3 peut s'avérer pertinente **(Furuhjelm et al., 2009)**.

### **II.5.4. Besoins quotidiens en acides gras oméga-3 pour les enfants et les adolescents**

Le cerveau continue à se développer pendant les 24 premiers mois après la naissance, et ce bon développement dépend d'un apport suffisant en acides gras oméga-3. Du 6<sup>e</sup> au 24<sup>e</sup> mois, l'apport en oméga-3 devrait être de 100 mg par jour. Pour les enfants à partir de 2 ans et les adolescents, on recommande un apport quotidien de 250 mg. Si les enfants ou les adolescents n'aiment pas le poisson, ne le supportent pas ou en mangent trop peu, il peut être judicieux là encore de miser sur les alternatives, à savoir des aliments enrichis en EPA et DHA ou des gélules d'huile de poisson de bonne qualité **(Kelly et al., 2018)**.

**Tableau 8:** récapitulatif pour résumer les besoins quotidiens en oméga-3 selon les différentes catégories de personnes (Carlo *et al.*, 2012).

Categories	Besoins quotidiens en oméga-3 en g (EPA et DHA)
Adultes	0.25-0.3 g
Enfants en bas âge	0.1 g
Enfants et adolescents	0.25 g
Femmes enceintes ou qui allaitent	0.45 g
Sportifs (de haut niveau)	1 -2 g
Sportifs (amateurs)	0.3 g

Vous savez maintenant quelle est la quantité d'oméga-3 à consommer chaque jour pour être en forme, mais existe-t-il également une limite à ne pas dépasser ? Les autorités recommandent de ne pas dépasser 3 g d'oméga-3 par jour. Ces précieux acides gras sont certes généralement bien digestes, mais certaines études montrent qu'une surdose est non seulement inutile, mais également susceptible d'avoir un effet négatif sur le taux de cholestérol LDL. Mieux vaut donc de ne pas exagérer avec les « bonnes matières grasses ». Dans tous les cas, on ne peut que conseiller de consulter un médecin lorsque l'apport quotidien en oméga-3 dépasse 700 mg.

## II.6. Effets métaboliques de l'oméga 3:

Plusieurs études ont montré que le rééquilibrage de l'apport d'acides gras par la consommation d'aliments contenant davantage d'oméga-3 permettait d'améliorer de nombreux paramètres biologiques tels que le taux de triglycérides (TG) circulants, de la pression artérielle, des marqueurs de l'inflammation voire de la stéatose hépatique.

Ces bénéfices métaboliques sont expliqués par les fonctions biologiques des oméga 3 : sous forme de phospholipides, ces AG sont des constituants universels des membranes biologiques, ils modulent leur fluidité et l'activité des protéines qu'elles contiennent (enzymes, récepteurs, transporteurs...).

Certains de ces AG notamment l'EPA sont aussi les principaux précurseurs de médiateurs lipidiques oxygénés hautement spécifiques (eicosanoïdes : prostaglandines, thromboxanes...) modulant de très nombreuses fonctions cellulaires. Les fonctions de ces médiateurs sont multiples et variées : l'hémostase et l'agrégation plaquettaire, l'activité du système immunitaire, l'activité neuronale et l'inflammation au niveau du système nerveux central, la croissance et la différenciation cellulaires (y compris les adipocytes), la lipolyse, et de nombreux aspects de la physiologie de la reproduction. Le DHA est également précurseur de dérivés oxygénés lui conférant des fonctions spécifiques dans le cerveau. Les AGPI essentiels sont aussi régulateurs d'un grand nombre de gènes par l'intermédiaire de l'activation de facteurs de transcription. Les gènes concernés sont en particulier ceux du métabolisme lipidique et de la  $\beta$ -oxydation dans le foie (Anses, 2011 ; Martin, 2001 ; Saravananet *al.*, 2010).

### **II.7. Effets de l'oméga 3 sur les cellules nerveuses:**

Les membranes des cellules nerveuses sont particulièrement riches en DHA. Une carence alimentaire en AGPI n-3 ou un déséquilibre du rapport AGPI n-6/AGPI n-3 (il devrait être de 5 et est de 20 avec les régimes actuels) se répercute sur l'incorporation membranaire des AGPI à longue chaîne, tels que le DHA, et peut altérer les processus relevant de la plasticité cérébrale comme l'apprentissage et la mémorisation. Ainsi, des altérations de la teneur membranaire en AGPI ont été mises en évidence au cours du vieillissement et dans des maladies neuro-dégénératives (Champeil et Potokar, 2002).

Le DHA constitue 56% des acides gras des membranes des cellules photoréceptrices de la rétine. Une consommation suffisante de DHA réduit le risque de dégénérescence maculaire liée à l'âge (Seddon, 2003).

### **II.8. Effets thérapeutiques de l'oméga3 sur les cellules nerveuses:**

Lorsque l'on parle d'Oméga 3, on désigne une famille d'acides gras polyinsaturés (AGPI) dits essentiels car indispensables au bon fonctionnement de notre organisme. Ces molécules ont des effets favorables sur la composition des membranes cellulaires ainsi que sur de nombreux processus biochimiques de l'organisme et notamment sur le processus de transmission de l'information au niveau des cellules nerveuses. Les Oméga 3 sont d'ailleurs une composante majeure de notre cerveau et représentent plus de 30% des graisses

structurelles de notre système nerveux. En présence d'Oméga 3, votre cerveau conservera sa plasticité et sa capacité à influencer la communication entre les neurons(**Yehuda et al., 2002**).

Les cellules riches en acides gras polyinsaturés (AGPI) sont très malléables. Ces AGPI et notamment les Oméga 3 contribuent à la plasticité synaptique. La formation des vésicules synaptiques en est favorisée et, de ce fait, la transmission d'informations entre les cellules nerveuses est améliorée et accélérée. L'abondance des AGPI dans le cerveau présente donc un avantage dans la capacité et la rapidité des neurones à se connecter et à communiquer entre eux (**Mccann et Ames., 2005**).

D'après **Simon (2015)**, Les Oméga 3 et notamment le DHA ont un effet également positif dans la multiplication et la survie des neurones en aidant à lutter contre le stress oxydatif. Un manque d'Oméga 3 impliquerait donc une fragilisation voire une détérioration accélérée du système nerveux.

L'implication des Oméga 3 dans l'activité cérébrale est telle qu'elle participe à de nombreux processus comme ceux impliqués dans la mémoire, l'apprentissage et tout autre processus cognitif (**Burckhardt et al., 2016**).

De nombreuses études scientifiques ont permis de montrer des effets bénéfiques dans :

- la réduction et la prévention des troubles de l'humeur et de l'anxiété
- l'amélioration de la concentration et les processus d'apprentissage
- la réduction des troubles de l'attention
- la diminution du risque de démence
- la préservation des capacités cognitives du cerveau âgé
- la prévention des maladies cérébrales dégénératives

Il reste donc important de consommer des quantités adaptées en Oméga 3 pour éviter les déficits qui fragilisent les processus neurobiologiques impliqués dans la mémoire, l'humeur et le maintien des fonctions cérébrales (**Burckhardt et al., 2016**).



# ***PARTIE PRATIQUE***

### III. Méthodologie :

Notre recherche a été accomplie par un questionnaire de 20 questions, a été donnée à différentes personnes, différente age et sexe.

#### III.1. Questionnaire

##### 1- Sexe :

Homme

Femme

Autre : .....

##### 2- L'âge :

20 – 30

30 – 40

40 – 50

50 – 60

##### 4- Type de l'emploi : 3- Poids : 5 - La vie quotidienne :

Etudiant

Employé

Retraité

(45 – 55)

(55 – 65)

(65 – 75)

(75 – 80)

Sportif

Non sportif

Fumeur

Non fumeur

Autre : .....

##### 6-Quelle est votre type de nourriture préférée ?

Viande

Poisson

Végétaux

## Partie pratique

---

- Les œufs

Autre : .....

### **7-Souffrez-vous de maladies cardiovasculaires (hypertension artérielle, maladies des artères, insuffisance cardiaque, cholestérol...) ?**

- Oui

- Non

### **8- A quelle fréquence consommez-vous de l'huile (pour cuisson, en vinaigrette ...)**

- 2fois par jour ou plus

- 1 fois par jour

- Quelques fois par semaine

- Rarement

- Jamais

### **9- Quelles huiles utilisez-vous le plus souvent ?**

- Huile de tournesol

- Huile d'olive

- Huile de colza

- Je n'en utilise jamais

### **10- A quelle fréquence consommez vous du poisson gras (saumon, thon ...)**

- 3 fois par semaine ou plus

- 1 ou 2fois par semaine

- 2 ou 3 fois par mois

- 1 fois par mois

**11- Connaissez-vous les compléments alimentaires ?**

Oui

Non

**12 Consommez-vous un complément alimentaire ?**

Oui

Non

- **Lequel :**

.....

**13- Connaissez vous le complément alimentaire ‘l’oméga3’?**

Oui

Non

**14- Est-ce que vous consommez le complément alimentaire ‘oméga3’?**

Oui

Non

**15- Pourquoi vous consommez le complément alimentaire ‘oméga3’?**

.....  
.....

**16- A votre avis que soignez les oméga3 ?**

.....  
.....

**17- Dans quelles substances peut-on trouver des oméga3 ?**

- La viande rouge
- La viande blanche
- Végétaux
- Grains

**18- La valeur nutritionnelle diffère\_t\_elle lors de la cuisson :**

- Oui
- Non

**19- A votre avis, comment une personne sait-elle qu'elle a un manque d'oméga 3 ?**

.....  
.....

**20- Y a-t-il un changement dans votre consommation de suppléments nutritionnels contenant des oméga-3 :**

- Oui
- Non

### III.2.Méthode de travail :

L'analyse et interprétation de questionnaire

- structure de questionnaire ; ce questionnaire se composait 20 questions se répartissant comme suit :

La première question permettait de connaître la personne, l'identité, à partir de 5 questions.

- les 15 autres questions étaient basés sur nos sujets

Ces 20 questions, on peut les classé par thèmes :

- Le questionnaire est réparti selon les items suivants :

Item1 :.....Identification de la population d'études

Item2 :.....La relation entre nourriture préférée et l'incidence des maladies cardioques et le temps de consommation correct

Item 3 :.....Consommation des huiles principales selon l'apport recommandé et la différence de valeur nutritionnelle lors de la cuisson

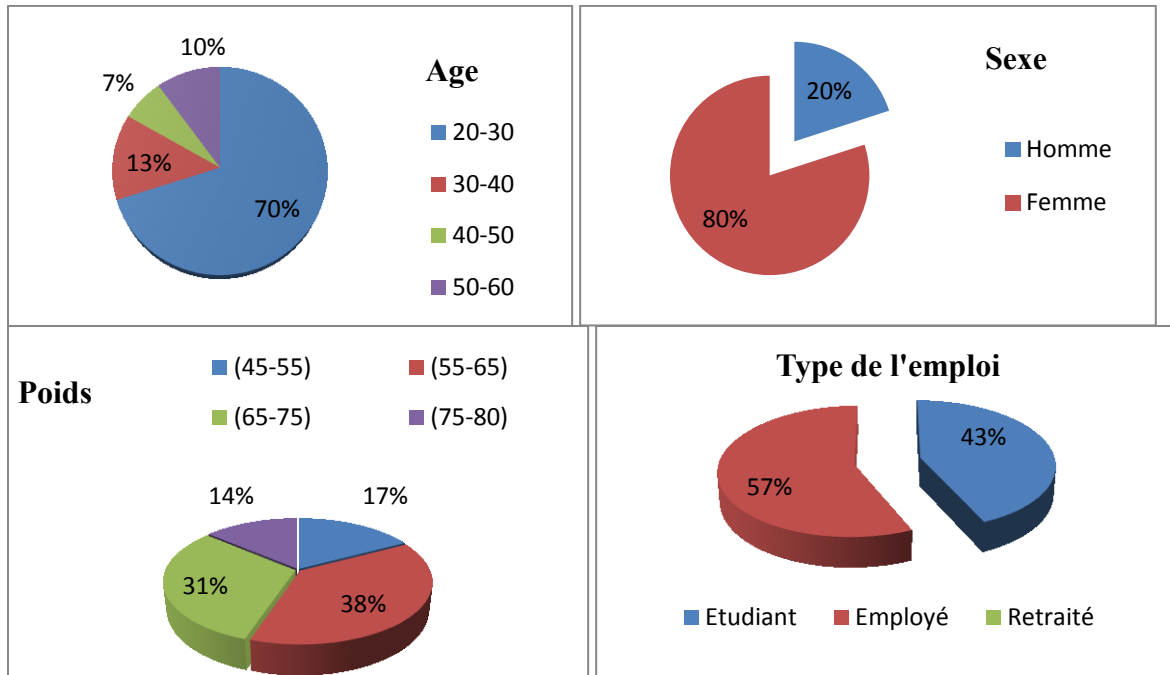
Item4 :..... Aliments enrichis en oméga-3 et compléments alimentaire

Item5 :..... Informations générales sur motivations de consommation des compléments alimentaires, leurs traitements et les symptômes de carence

### III.3.Résultats et discussion :

#### III.3.1.L'analyse et description de questionnaire :

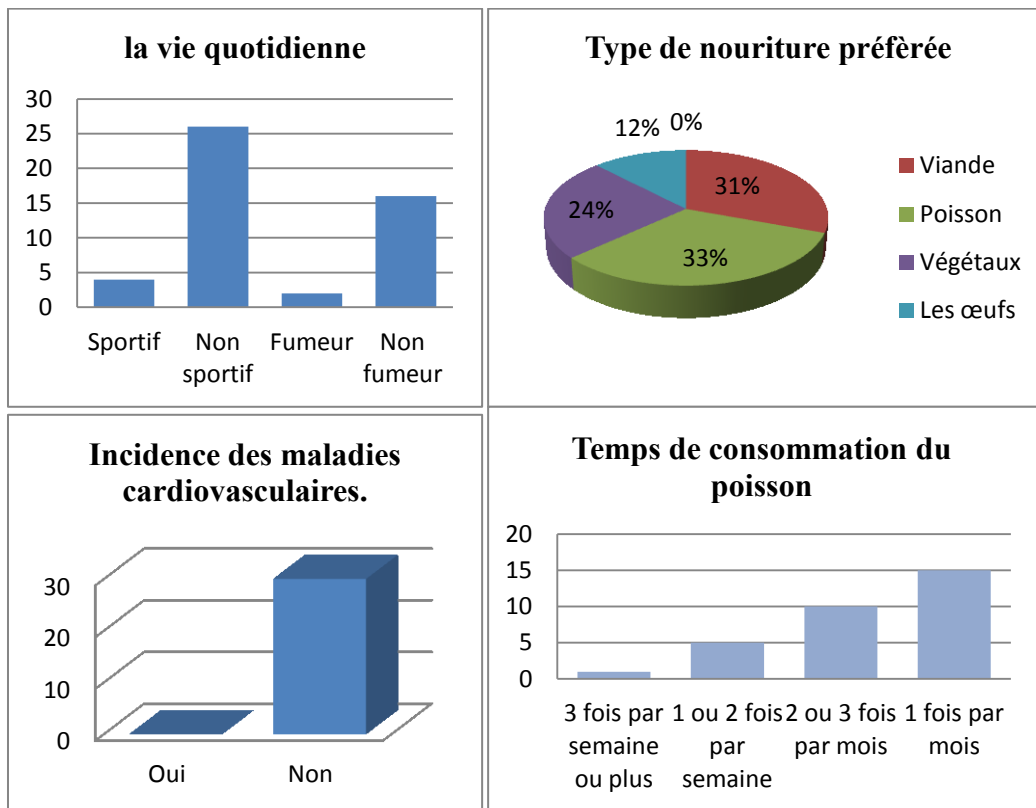
##### III.3.1.1. Identification de la population d'études



**Figure 16 :** Caractéristiques Socio-Démographiques des répondants.

\*D'après les reponses à notre questionnaire, nous constatons que la proportion de Femme est supérieure à celle des hommes, Et la majorité sont jeune. Et le poids entre 55 kg à 75. Et la population était divisé entre les étudiants et les employeurs.

**III.3.1.2. La relation entre nourriture préférée et l'incidence des maladies cardiaques et le temps de consommation correct**



**Figure 17:** Les bienfaits de certains aliments sur les maladies cardiaques et exigence humaines avec revenu individuel.

\* Notre population était des gens non sportif et non fumeurs et quine souffrent pas des maladies cardiaques.

\* D'après les figures, La majorité des individus préfèrent les poissons 53.33%, ensuit 50 % des viandes et 40% des végétaux et 20% des œufs. Et la consommation des poissons n'est pas régulière dans chaque semaine.



### III.3.1.3. Consommation des huiles principales selon l'apport recommandé et la différence de valeur nutritionnelle lors de la cuisson

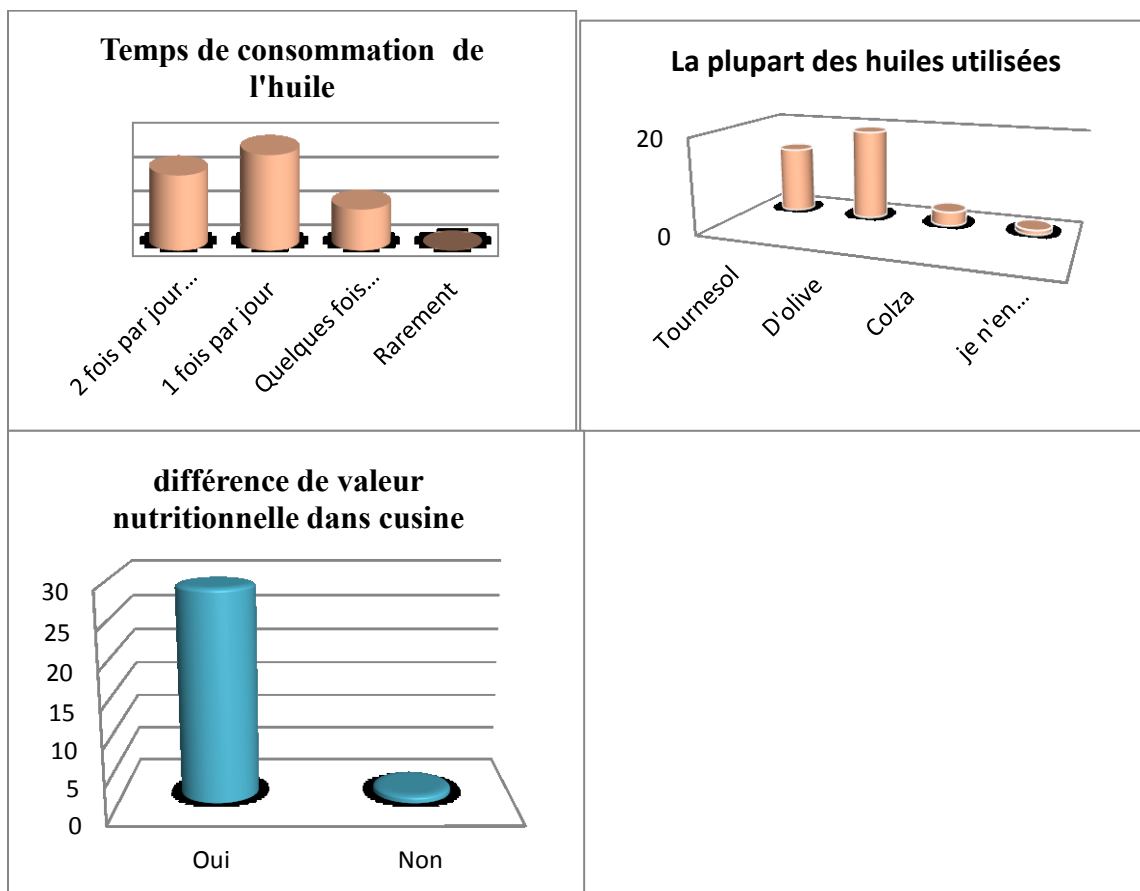


Figure 18 : Quantité et type d'huile consommée et sa valeur nutritionnelle.

\* Il nous apparaît à travers les résultats obtenus que la consommation de l'huile d'olive une fois par jour et la valeur nutritionnelle lors de la cuisson diffèrent.

III.3.1.4. Aliments enrichis en oméga-3 et compléments alimentaire

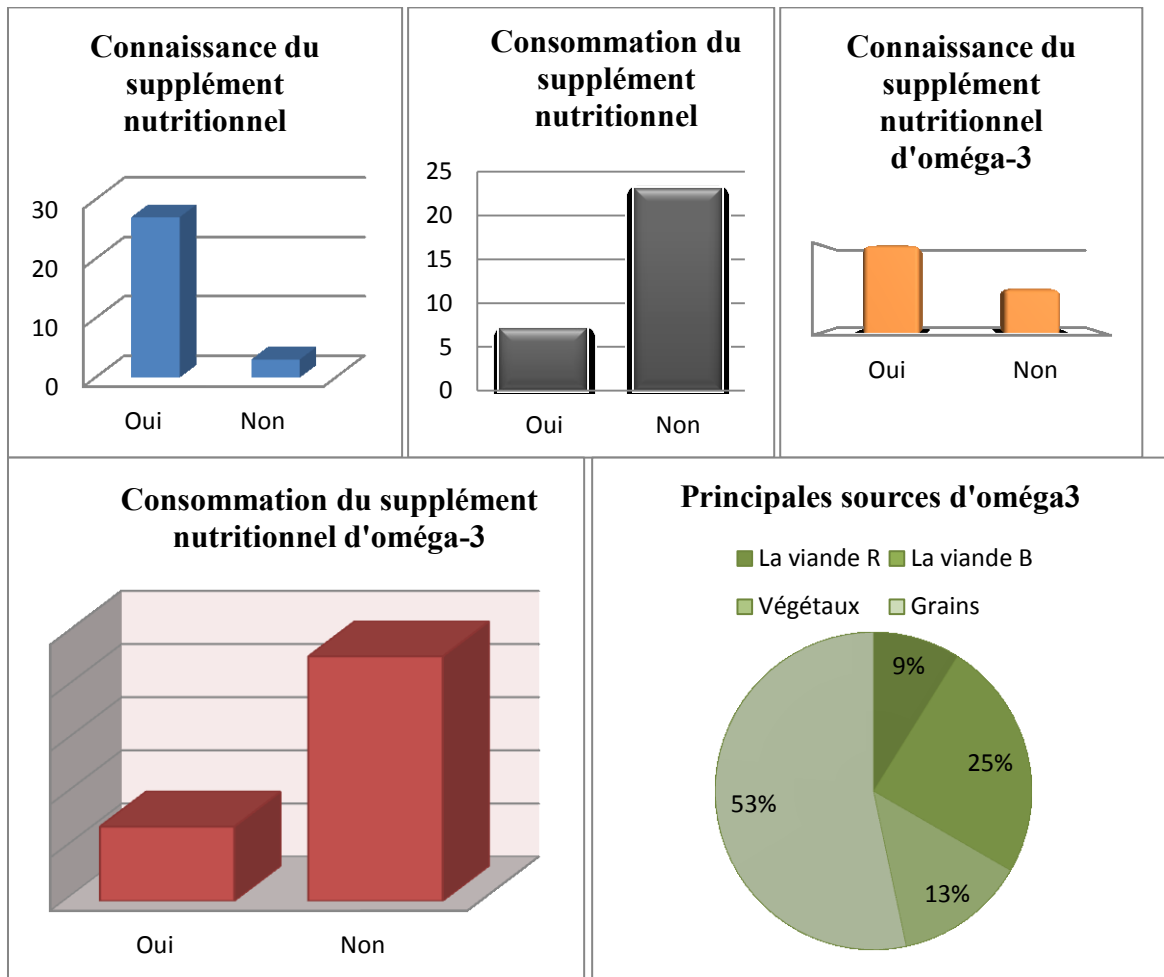


Figure 19 : Suppléments alimentaire et sources d'oméga-3.

\* La population étudiée préfère de consommer les grains (53%), la viande blanche (25%), végétaux (13%) et la viande rouge (9%), alors que la majorité connaît également le supplément d'oméga-3, mais ne le consomme pas.

### III.4. Interprétations :

#### III.4.1. Relation entre nourriture préférée et l'incidence des maladies cardioques et le temps de consommation correct

Aucune des ces personnes ne souffre de maladies cardiovasculaires, et cela est du au fait qu'elles ne fument pas et qu'elles sont sensibilisées à la consommation d'oméga3 étant donné que leur nourriture préférée est le poisson comme substance principale.

L'alimentation marine représente une part importante du régime méditerranéen. Les bénéfices de ces régimes méditerranéens sont certainement dus à ses hautes concentrations en  $\omega_3$ , notamment en EPA et DHA. En Algérie par exemple, les poissons les plus consommés sont la sardine, l'anchois, 1 ou 2 fois par semaine en raison de son prix abordable, le hareng, le maquereau, le capelan, la morue, ou le menhaden, 1 fois par mois pour son prix élevé, représentant les meilleures sources en acides gras  $\omega_3$  (**Barnathan, 2007**).

De nombreuses études ont été menées afin de démontrer le rôle bénéfique des acides gras  $\omega_3$  dans les maladies coronariennes. Ainsi, l'étude Zutphen menée en Hollande sur 20 ans, montre qu'une consommation hebdomadaire d'un ou deux repas de poisson permet la prévention des maladies coronariennes (**Kromhout et al., 1985**). De même, **Torres et al., (2000)** démontrent que la fréquence des accidents cardiaques mortels est 3,8 fois inférieure chez les pêcheurs qui ont une forte consommation de poisson que chez les fermiers. La formation de la plaque d'athérome repose sur deux facteurs de risques : l'excès de cholestérol et de triglycérides dans le sang. Les acides gras  $\omega_3$  agissent à ces niveaux. En effet, un apport du mélange EPA+DHA induirait une diminution de la triglycéridémie (**Harris, 1997**).

La consommation de poisson sur une base régulière (1 à 2 fois par semaine) est associée à une réduction du risque de mortalité causée par la maladie coronarienne. (**Ahmed et al., 2018**) ou modérée (2 à 4 portion/semaine) à un effet significativement bénéfique sur la mortalité coronarienne. (**Jushenget al., 2011**)

Les mesures de prévention des maladies cardiovasculaires ne reposent pas seulement sur la consommation alimentaire d'acide gras oméga3, mais sur une alimentation variée et équilibrée et la pratique d'une activité physique. (**Galanet al., 2010**).

### III.4.2. Consommation des huiles principales selon l'apport recommandé et la différence de valeur nutritionnelle lors de la cuisson

Beaucoup de gens, en particulier dans la région méditerranéenne (Algérie, Tunisie, Maroc, Grèce, Italie...), préfèrent utiliser l'huile d'olive fréquemment 1 fois par jour ou 2 fois par jour ou plus, ce que nous avons observé plus tôt lors de notre questionnaire de sa place importante dans le régime alimentaire traditionnel par rapport aux autres huiles végétales, il est riche en nutriments et aide à traiter de nombreuses maladies à contenir (oméga-9 avec 71.58g/100g, oméga-3 0.76g/100g, oméga-6 5.76g/100g) (**Evrard et al.,2007**), l'huile d'olive est un ingrédient essentiel dans la cuisine de la population méditerranéenne et est considérée comme très saine.

Selon les études, l'huile d'olive prévient de nombreuses maladies car grâce à ses graisses insaturées, elle peut prévenir les maladies cardiovasculaires (**Stark,2002**), et une réduction du risque d'infarctus du myocarde (**Martinez-Gonzalez et al., 2002**), de la mortalité par maladie coronarienne (**Barzi et al., 2003**) meilleur contrôle de la tension artérielle (**Alonso et al.,2006**) diminution des taux sanguins de triglycérides, de glucose (**Esposito et al.,2004**) de cholestérol total (**Archer et al.,2003**) et de cholestérol-LDL (mauvais cholestérol) (**Kris-Etherton et al.,1999**) ainsi qu'un effet anticoagulant (**Larsen et al.,1999**).

L'huile de tournesol est également populaire dans les cuisines pour son faible pris et son grand dans la cuisson (friture, en vinaigrette...), car elle est une source de graisse insaturée (oméga-3 0g ou <0.2%, oméga-6 65%) (**Evrard et al., 2007**), présente un ratio oméga-6/oméga-3 trop déséquilibré par rapport aux recommandations de l'AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments), contrairement à l'huile de colza, son utilisation est très petite et rare pour son prix élevé, bien qu'il soit l'une des sources les plus importantes d'oméga-3 composée de 7 à 13% d'AGPI- $\omega$ 3 est une huile  $\alpha$ -linoléique(**Evrard et al., 2007**).

En revanche, selon la majorité, la cuisson peut conduire à des changements dans la valeur nutritionnelle, la couleur, la saveur et la texture des aliments, pour de nombreux aliments, la cuisson leur confère des caractéristiques que nous associons à leur comestibilité. Par conséquent, sans cuisson, ces changements ne pourraient pas se produire et de nombreux aliments seraient considérés comme non comestibles. Cela augmente la diversité d'aliments

qui est à notre disposition et optimise ainsi la probabilité de consommer un grand nombre de nutriments utiles (**Zavadlavet al., 2020**), Sauf lorsqu'on recuit plusieurs fois de suite des légumes ou qu'on les grille au barbecue, il est rare que la cuisson altère leur qualité diététique. Selon l'auteur **Zavadlav (2010)**, La cuisson enlève une partie des vitamines, certes, mais permet aussi de mieux absorber les fibres et de densifier la ration pour un même volume.

En termes de cuisson, on retiendra que le triptyque chaleur/temps/humidité est le plus important pour rendre savoureux et plus ou moins diététique.

D'un point de vue santé, les cuissons les plus lentes, qui ont lieu à faible température et en milieu humide (comme les cuissons mijotées, à l'eau, à la vapeur ou sous-vide) sont les plus saines. Nous vous conseillons de privilégier ces dernières pour votre alimentation quotidienne. À l'inverse, les cuissons plus ou moins longues, à haute température et en milieu sec, sont très appréciées au goût, mais peu recommandables en termes de santé, par exemple, l'huile d'olive perd sa valeur nutritionnelle en formant des composés toxiques après une température élevée pour devenir un aliment non comestible (**Pamela et Siga., 2022**).

### III.4.3. Aliments enrichis en oméga-3 et compléments alimentaire

D'après **Derbré (2010)**, la consommation d'oméga-3 sous forme de compléments alimentaires représente 35% des consommateurs. Ce sont majoritairement de plus de 50 ans qui en consomment principalement pour leur vieillissement et leur incidence élevée de maladie, et cherchent ainsi à prévenir les effets du vieillissement et à réduire le risque de maladie.

Pour certaines personnes, les suppléments nutritionnels sont une police d'assurance contre une alimentation imparfaite en raison de l'inconscience de leurs différents bienfaits, ce qui pique notre intérêt pour notre étude.

Par exemple, la vitamine C soutient l'immunité et est un antioxydant, ou provoque des effets secondaires graves car il s'agit de matériaux manufacturés.

D'autres peuvent en prendre parce qu'ils ne veulent pas manger certains aliments. Quelle que soient les raisons, la prise de suppléments de vitamines et de minéraux peut sembler être un excellent raccourci vers une vie saine. Mais ces derniers mois, de sérieux

doutes ont été émis quant à savoir si ces compléments nutritionnels sont réellement bons pour nous. Nos oméga3 par exemple, pour beaucoup de gens prendre ces capsules dorées est un moyen d'obtenir les acides gras essentiels dont on nous dit que nous avons à consommer de poisson gras. Cependant, des études récentes suggèrent que manger des oméga3 ou la supplémentation en huile de poisson ne réduit pas le risque cardiaque, d'accident vasculaire cérébral ou de décès prématuré, contrairement à la consommation de poisson.

Plusieurs études randomisées ont été réalisées durant les dernières années pour tenter de prouver l'efficacité des oméga3. Les méta-analyses indiquent que les suppléments d'oméga3 (EPA et DHA) n'ont pas ou très peu d'effet en prévention primaire, c'est-à-dire sur le risque d'avoir une maladie cardiaque ou de mourir prématurément d'une maladie cardiovasculaire ou de toute autre cause. Par contre, des données provenant de certaines études indiquaient avoir des effets bénéfiques en prévention secondaire c'est-à-dire chez des personnes atteintes de ces maladies. **(Abdelhamid et al., 2018)**.

En outre, les aliments oméga-3 les plus riches proviennent de plantes sauvages et d'animaux marins, selon les résultats des répondants, se situaient entre 80% des Grains, 36% de la viande blanche (poisson, volaille...) et 20% des végétaux.

D'après **Meyer et al (2003)**, les grains contiennent un peu d'oméga-3 représentant 0.37% des apports en « ALA 0.43% » et « DHA 0%, EPA 0% ». Viande rouge, Volaille, produits et plats contiennent 15.86% des apports en « ALA 15.26%, DHA 11.77% » et « EPA 20.58% », poissons et produits marins contiennent beaucoup 12.86 % « DHA, EPA 73-75% », suivi par les céréales 11.10% et les produits et plats à base de céréales 20.85% « ALA 23.8%, DHA 4.35%, EPA 0.15 », produits laitiers et végétaux 9.82-8.45% d'oméga3, enfin, les huiles et graisses 14.05% « ALA 16.31%, DHA, EPA 0% ».

Les poissons des grandes profondeurs, qui se nourrissent d'algues et de phytoplancton, ont une teneur importante en EPA et DHA **(Meiselet al., 2009)**, ce sont particulièrement les poissons dits gras qui sont les plus riches en oméga-3. Parmi ceux-ci, on retrouve le saumon «DHA : 10-10.02, EPA : 12.7-13.4 », la sardine «DHA : 9.8-12.5, EPA : 12.4-14.05», l'anchois «DHA : 8.7-13, EPA : 9-18.2», le hareng «DHA : 8.7-13, EPA : 6.7-8.7», le maquereau «DHA : 7-8.7, EPA : 6.1-5.7», le capelan «DHA : 7.9, EPA : 9.9», la morue, ou le menhaden «DHA : 10.6 EPA : 6.7-9.2» **( Hossain, 2011)**.

Les lipides d'origine animale représentent 73% des apports en ALA, comprenant la viande et les produits laitiers. La teneur en  $\omega 3$  des tissus animaux et de leurs produits dérivés peut être augmentée, notamment par l'introduction de sources d'ALA (colza, lin) ou de DHA (huiles de poisson) dans l'alimentation des animaux. Du point de vue de la teneur en ALA des lipides d'origine animale, les résultats sont meilleurs chez les monogastriques (porc, volaille) par rapport aux polygastriques (vache, mouton, chèvre). La viande, les produits céréaliers et les légumes contiennent beaucoup d'AGPI sous forme d'ALA, mais peu ou pas de DHA et d'EPA. La viande fait exception avec une teneur moyenne en DHA et EPA. Le poisson reste l'aliment contenant les plus hauts taux de DHA et d'EPA, mais très peu d'ALA.

Pour assurer une alimentation saine riche en oméga-3, nous devons diversifier nos aliments.

### **III.4.4. Informations générales sur motivations de consommation des compléments alimentaires, leurs traitements et les symptômes de carence**

La plupart des avis des répondants portent sur les nombreux bienfaits pour la santé (soigner) et nutritionnels de nombreux suppléments nutritionnels d'acides oméga-3, ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme.

Parmi les soignez la fonction cérébrale et la vision, les poissons et les suppléments riches en oméga-3 sont importants pour la santé des nerfs et du cerveau pour contenir de l'acide (EPA) et (DHA), surtout quand il s'agit de la perte de concentration et même la dépression, aux mécanismes d'apprentissages, au maintien d'une vision normale. C'est une substance essentielle qui entre dans la synthèse des membranes cellulaires, améliorant la santé des membranes cellulaires et accélérant la fréquence de communication entre les différentes cellules nerveuses, **(Noran et Abu-Ouf et al., 2014)**.

Aussi ils agissent en prévention et contribuent à réduire les risques de maladies (triglycéride et cholestérol LDL, infarctus, immunitaire, perte du poids, cardiovasculaire...). Selon **Limatitre(2003)**, le duo DHA ET EPA a une forte implication dans la fonction cardiovasculaire. En effet, des études scientifiques ont montré que ces oméga-3 participaient au bon équilibre de l'activité cardiovasculaire.

Selon plusieurs études, un régime équilibré en oméga-3 favoriserait même la perte de poids. Dès 1997, on avait observé une perte de poids chez de jeunes enfants pour lesquels on avait réduit l'apport d'acide arachidonique (oméga-6 abondant dans les viandes) et augmenté

celui d'acide docosahexaénoïque DHA (oméga-3 des poissons). Des adultes en bonne santé à qui on a prescrit pendant 3 mois un supplément de 6g d'huile de poisson (riche en oméga 3 EPA et DHA) par jour ont vu leur masse graisseuse diminuer (**Ireneet *al.*, 2013**).

Une variété d'effets biologiques de l'EPA et de DHA ont été démontrées par des études sur l'alimentation des humains et des animaux avec des suppléments de poisson ou d'huile de poisson. Ces effets comprennent les triglycérides, le cholestérol de lipoprotéine à haute densité, la fonction plaquettaire, la fonction endothélial et vasculaire, la tension artérielle, les l'excitabilité cardiaque, les mesures de stress oxydatif, des cytokines pro et anti-inflammatoires et la fonction immunitaire (**Balbas et *al.*, 2011**).

Ceci a incité 23.3% des répondants à utiliser le supplément d'oméga-3 en raison de ses avantages mentionnés ci-dessus, pour maintenir une bonne fonction cérébrale, santé cardiovasculaire, Pour corriger le manque alimentaire de oméga-3...

Selon des répondants, de nombreuses personnes souffrent également de carences en oméga-3 parce qu'elles n'y ont pas accès dans leur alimentation, ce qui s'explique par certains symptômes, notamment : asthénie, sécheresse cutané, trouble de concentration et du sommeil, prise de poids, cheveux secs, cassants et fragiles, sécheresse oculaire.

Les acides gras oméga-3 jouent un rôle dans la santé oculaire, y compris le maintien de l'humidité des yeux avec la production de larmes (**Bhargava, 2013**).

Tout comme les acides gras oméga-3 aident à retenir l'humidité de la peau, ils aident également à nourrir le cheveu. Des changements dans la texture, l'intégrité et la densité des cheveux peuvent indiquer un faible statut en oméga-3 (**Sylvie, 2020**).

A partir de la question 20, nous avons noté qu'il y avait un changement dans la consommation de suppléments d'oméga-3 selon la majorité qui ont répondu à la question, en fait, certaines des maladies les plus graves semblent s'améliorer avec les suppléments alimentaires, y compris les maladies de la peau.

D'après **Balbas et *al.*, (2011)**, il s'agissait d'une étude d'observation prospective, ouverte, centralisée et contrôlée avec un suivi de deux mois réalisée sur des personnes atteintes de psoriasis, 15 patients ont été sélectionnés en octobre et en novembre 2007 et ont commencé le traitement, le dosage de l'EPA et de l'DHA était de 640mg par jour. Enfin, le



## Partie pratique

---

traitement supplémentaire aux acides gras oméga-3 complète le traitement topique du psoriasis et contribue de façon importante à réduire le PASI et le NAPSI, et à améliorer l'QLD, ainsi qu'à réduire les lésions et le prurit du cuir chevelu. Érythème, écaillage et infiltration des zones traitées.

Plusieurs études de qualité ont déjà montré qu'une supplémentation en oméga-3 pourrait améliorer la dépression (**Liao et al., 2019**). Et parallèlement d'autres études ont mis en lumière qu'un taux en oméga-3 satisfaisant participe à entretenir un sentiment de bien-être et de satisfaction (**Tsuboiet al., 2020**).

Une étude de 6 mois a supplémente en oméga-3 120 participantes quotidiennement. Au terme de l'étude, les chercheurs réduits et une densité de cheveux accrue par rapport au groupe témoin (**Sylvie, 2020**).

## CONCLUSION

---

Le cerveau est l'organe le plus complexe du corps humain. Tout au long de la vie, le cerveau surveille nos opérations et activités quotidiennes et communique avec d'autres organes et cellules, appelées cellules gliales, qui soutiennent les neurones. Vous pouvez voir que la communication, à la fois avec les autres cellules du cerveau et avec le reste du corps, est la tâche la plus importante du cerveau. Les messages envoyés par le cerveau nous permettent non seulement d'effectuer des tâches physiques comme se déplacer, mais nous aident également à effectuer des tâches cognitives. Les tâches cognitives comprennent des actions telles que penser, apprendre, se souvenir, mémoriser, planifier, imaginer, organiser et se concentrer. Par conséquent, un problème qui affecte le cerveau peut modifier notre façon de penser, nos émotions ou nos comportements (**Ackerman, 1992**).

Il existe une relation directe entre les aliments que nous mangeons et le fonctionnement de notre cerveau. Une alimentation saine et appropriée peut être bénéfique pour le cerveau de plusieurs manières positives. Une alimentation saine peut augmenter la production de nouveaux neurones. Plus les connexions entre les neurones sont nombreuses, mieux ils peuvent communiquer et mieux nous pouvons apprendre, penser et mémoriser.

Il a été démontré que les composants alimentaires tels que les acides gras oméga-3 améliorent la fonction, Ils sont abondants dans les membranes cellulaires des cellules cérébrales, préservant la santé des membranes cellulaires et facilitant la communication entre les cellules cérébrales (**Spencer et al., 2017 ; Dyll, 2015**). Si nous ne mangeons pas suffisamment d'acides gras oméga-3, alors l'inflammation – et ses effets cognitifs négatifs qui en résultent – peut se produire dans le cerveau. Les acides gras oméga-3 sont un nutriment essentiel, ce qui signifie que nous devons les faire passer par ce que nous mangeons car le corps ne peut pas les fabriquer. Un acide gras oméga-3 sont des graisses polyinsaturées il existe trois principaux types d'acides gras oméga-3 alimentaires. L'EPA et le DHA se trouvent dans les fruits de mer et le poisson comme saumon et sardines et anchois (**Papanikolaou et al., 2008**), tandis que l'ALA est principalement abondant dans les aliments végétaux riches en matières grasses comme les noix et dans les graines comestibles comme les graines de lin et graines de colza et graines de chia (**Karsten et al., 2015**).

Une alimentation riche en huile de poisson et en acides gras oméga-3 diminuer le risque de certains troubles cérébraux, comme la maladie d'Alzheimer ou la dépression et

## CONCLUSION

---

accélérer le vieillissement du cerveau et contribuer à des déficits de la fonction cérébrale et maladie cardiovasculaire, la tension artérielle prise de poids...etc(**Kwak et al., 2012**).

La meilleure façon d'assurer un apport optimal en oméga-3 est de manger du poisson gras au moins deux fois par semaine.

Cependant, si vous ne mangez pas beaucoup de poissons gras ou de fruits de mer, il peut être recommandé de prendre un supplément alimentaire pour oméga-3 (Les huiles de poisson, de krill et d'algues). En ce qui concerne les suppléments d'oméga-3, existe de nombreux choix et tous ne sont pas bons. Certains peuvent même contenir des composés nocifs dus à la pollution. Assurez-vous de vous renseigner avant d'acheter un supplément.

En conséquence, votre cerveau fonctionne mieux lorsque vous n'obtenez que les excellents éléments nutritionnels essentiels ; Autrement dit, cela signifie qu'il est détruit s'il absorbe autre chose que les matériaux vivants originaux et distincts, par conséquent, nous recommandons de manger des aliments équilibrés, sains et complets pour tous les nutriments sans augmenter ou diminuer, en mettant l'accent sur la consommation de diverses sources d'oméga-3 qui nous permettent de maintenir notre santé et l'intégrité de notre cerveau face à différentes maladies. Chacun de nous doit prendre soin d'en consommer suffisamment pour qu'ils ne souffrent pas d'une pénurie mais aussi pour profiter pleinement de leurs avantages.

Finalement, d'après notre enquête des résultats montrent la majorité des répondants ont une alimentation riche en oméga-3 sans aucune maladie cardiovasculaire, en raison de ses reconnus des bienfaits scientifiquement reconnus sur la mémoire et l'apprentissage, la dépression, le stress, fonction cérébrale, maladie cardiovasculaire, la tension artérielle...etc

Il est également le meilleur exemple de « bonnes graisses », car ils participent au bon fonctionnement du cerveau et de la vision et contribuent à la santé cardiovasculaire.

Selon les résultats de notre étude, il semble que les consommateurs de suppléments alimentaires aient une meilleure connaissance des recommandations nutritionnelles que les non-consommateurs, cela ne signifie pas que les non-consommateurs sont moins familiers avec elle, mais préfèrent plutôt manger une alimentation équilibrée riche en oméga-3 d'origine naturelle, pour ce faire, nous devons diversifier notre alimentation à partir de ses diverses sources ( $\omega$ 3).

## CONCLUSION

---

Et nous pouvons enfin conclure que les oméga-3 ont un impact positif sur la santé, même si le besoin de l'organisme en oméga-3 est faible, sa consommation reste essentielle.

### Références

1. Abdelmoaty, S., et al., Spinal actions of lipoxin A4 and 17(R)-resolvin D1 attenuate inflammation-induced mechanical hypersensitivity and spinal TNF release. *PLoS One*, 2014. 8(9): p. e75543.
2. Ackerman, S. 1992. *Découvrir le cerveau*. Washington, DC : presse des académies nationales.
3. Aguliar-Valles A, Kim J, Jung S, Woodside B, Luheshi GN. Role of brain transmigrating neutrophils in depression-like behavior during systemic infection. *Mol Psychiatry*. 2014. doi:10.1038/mp.2013.137 5
4. Alan C Logan. *Acides gras oméga-3 et dépression majeure : une introduction pour le professionnel de la santé mentale*, 2004.
5. Alemany, R., et al., G protein-coupled receptor systems and their lipid environment in health disorders during aging. *Biochim Biophys Acta*, 1768(4): p. 964-75 2007.
6. Appleton KM, Rogers PJ, Ness AR. Updated systematic review and meta-analysis of the effects of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids on depressed mood. *Am J Clin Nutr*. 2010;91:757–70.
7. Auguste S, Fisette A, Fernandes MF, et al. Central Agonism of GPR120 Acutely Inhibits Food Intake and Food Reward and Chronically Suppresses Anxiety-Like Behavior in Mice. *Int J Neuropsychopharmacol*. 2016;19(7):1-10. doi:10.1093/ijnp/pyw014
8. Avila-Martin, G., et al., Oral 2-hydroxyoleic acid inhibits reflex hypersensitivity and open-field-induced anxiety after spared nerve injury. *Eur J Pain*, 2015. 19(1): p. 111-22.
9. Avila-Martin, G., et al., Treatment of rat spinal cord injury with the neurotrophic factor albumin-oleic acid: translational application for paralysis, spasticity and pain. *PLoS One*, 2011. 6(10): p. e26107.
10. B. Guclu a, D. Meyronet c, É. Simon a, b, N. Streichenberger c, M. Sindou a, b, P. Mertens, *Anatomie structurelle des nerfs crâniens (V, VII, VIII, IX, X)*, 2009.
11. Bang HO, Dyerberg J, Nielsen AB. Plasma lipid and lipoprotein patterns in Greenlandic West-coast Eskimos. *Lancet* 1971; 29.
12. Bang HO, Dyerberg J, Sinclair HM. The composition of the Eskimo food in north western Greenland. *Am J Clin Nutr* 1980; 33:2657-61.
13. Banks WA, Owen JB, Erickson MA. Insulin in the brain: there and back again. *Pharmacol Ther*. 2012;136:82–93.
14. Banting FG, Best CH. The internal secretion of the pancreas. *J Lab Clin Med*. 1922;7:251–66.
15. Bekri Hamida, *Mémoire*, 2016 Conception et réalisation d'un électromyogramme.
16. Belchior T, Paschoal VA, Magdalon J, et al. Omega-3 fatty acids protect from diet-induced obesity, glucose intolerance, and adipose tissue inflammation through PPAR $\gamma$ -dependent and PPAR $\gamma$ -independent actions. *Mol Nutr Food Res*. 2015;59(5):957-967. doi:10.1002/mnfr.201400914

## Références

---

17. Bhatnagar S, Taneja S. Zinc and cognitive development. *Br J Nutr*. 2001;85:S139–S45.
18. Borke J. L., A. Costoff, J. M. Ginsburg, et al, "Essentials of Human Physiology", Augusta, GA: Medical College of Georgia, 1998.
19. Bourre J, Dăcémomt O, Pascal G, et al. Nutrient Requirements and Interactions Dietary  $\alpha$ -Linolenic Acid at 1 . 3 g / kg Maintains Maximal Docosahexaenoic Acid Concentration in Brain , Heart and Liver of Adult Rats. 1993;(July 1992):1313-1319.
20. Bourre J-M, Durand G, Pascal G, Youyou A. Brain cell and tissue recovery in rats made deficient in n-3 fatty acids by alteration of dietary fat. *J Nutr*. 1989;119:15–22.
21. Bowman G, Dodge H, Frei B, Calabrese C, Oken B, Kaye J, Quinn J. Ascorbic acid and rates of cognitive decline in Alzheimer's disease. *J Alzheimers Dis*. 2009;16:93–8.
22. Brenna, J.T. and S.E. Carlson, Docosahexaenoic acid and human brain development: evidence that a dietary supply is needed for optimal development. *J Hum Evol*, 2014. 77: p. 99-106.
23. Brodmann, K. (1909). *Vergleichen de localisations lehre der Grosshirnrind*. Leipzig: johannAmbrosius Bart.
24. Brown AM, Baltan Tekkök S, Ransom BR. Energy transfer from astrocytes to axons: the role of CNS glycogen. *Neurochem Int*. 2004;45:529–36.
25. Bryan Kolb, Ian Q. Whishaw. *Neurosciences et cognition, Cerveaux et Comportement*. Traduit par Jean-Christophe Cassel. 2<sup>e</sup> édition (2008).
26. Budge SM, Iverson SJ, Koopman HN (2006) Studying trophic ecology in marine ecosystems using fatty acids: a primer on analysis and interpretation. *Marine Mammal Science* 22:759-801
27. Buehler L. K, "Bioelectricity of cell membranes", consulté le 07/07/2006.
28. Burckhardt M, Herke M, Wustmann T, Watzke S, Langer G, Fink A. Omega-3 fatty acids for the treatment of dementia. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Apr 11 ;4(4) :CD009002. Doi : 10.1002/14651858.CD009002.pub3. PMID : 27063583 ; PMCID : PMC7117565.
29. Burdge GC, Calder PC. Dietary  $\alpha$ -linolenic acid and health-related outcomes: a metabolic perspective. *Nutr Res Rev*. 2006;19(01):26. doi:10.1079/NRR2005113
30. Burdge GC, Calder PC. Dietary  $\alpha$ -linolenic acid and health-related outcomes: a metabolic perspective. *Nutr Res Rev*. 2006;19(01):26. doi:10.1079/NRR2005113
31. Cah. Nutr. Diététique, vol. 42, p. 7-12, 2007.
32. Calder, P.C. Very long-chain n-3 fatty acids and human health: Fact, ction and the future. *Proc. Nutr. Soc*. 2018, 77, 52–72. [CrossRef] [PubMed]
33. Campoy, C.; Escolano-Margarit, V.; Anjos, T.; Szajewska, H.; Uauy, R. Omega 3 fatty acids on child growth, visual acuity and neurodevelopment. *Br. J. Nutr*. 2012, 107, S85–S106. [CrossRef] [PubMed]
34. Carlo Agostoni, Jean-Louis Bresson, Susan Fairweather-Tait, Albert Flynn, Ines Golly, Hannu Korhonen, Pagona Lagiou, Martinus Løvik, Rosangela Marchelli, Ambroise

## Références

---

- Martin, Bevan Moseley, Monika Neuhäuser-Berthold, Hildegard Przyrembel, Seppo Salminen, Yolanda Sanz, Sean (JJ) Strain, Stephan Strobel, Inge Tetens, Daniel Tomé, Hendrik van Loveren et Hans Verhagen. Avis scientifique sur l'apport maximal tolérable d'acide eicosapentaénoïque (EPA), d'acide docosahexaénoïque (DHA) et d'acide docosapentaénoïque (DPA), 2012.
35. Castro, L.F.C. ; Tocher, D.R. ; Monroig, Â. Long-chain polyunsaturated fatty acid biosynthesis in chordates : Insights into the evolution of fats and elovl gene repertoire. *Prog. Lipid Res.* 2016, 62, 25–40.
  36. Cazareth J, Guyon A, Heurteaux C, Chabry J, Petit-Paitel A. Molecular and cellular neuroinflammatory status of mouse brain after systemic lipopolysaccharide challenge: Importance of CCR2/CCL2 signaling. *J Neuroinflammation.* 2014. doi:10.1186/1742-2094-11-132
  37. CHAMPEIL-POTOKAR G. Etude in vivo et in vitro des effets des AGPI n-3 sur la plasticité astrocytaire : rôle dans la fonctionnalité de l'horloge cérébrale, Prix de projet de Recherche Alimentation et santé 2002.
  38. Chen MH, Su TP, Chen YS, Hsu JW, Huang KL, Chang WH, Chen TJ, Bai YM. Association between psychiatric disorders and iron deficiency anemia among children and adolescents: a nationwide population-based study. *BMC Psychiatry.* 2013;13:16.
  39. CHENG Z., ELMES M., KIRKUP S.E., ABAYASEKARA D.R.E., WATHES D.C. Alteration of prostaglandin production and agonist responsiveness by n-6 polyunsaturated fatty acids in endometrial cells from late-gestation ewes. *Journal of Endocrinology*, 182, 249-256 (2004).
  40. Chou H, Chien C, Huang H, Lu K. Effects of zinc deficiency on the vallate papillae and taste buds in rats. *J Formos Med Assoc.* 2001;100:326–35.
  41. Claud Touzet, Thèse de Doctorat, Les réseaux De Neurones Artificiels, (2016).
  42. Constance Hammond, Danièle Trisch. livre Neurobiologie cellulaire : canaux ioniques et transmission synaptique. 1990.
  43. Cuvelier C, J. F. Cabaraux, I. Dufrasne, J. L. Hornick, et L. Istrasse, « Acides gras : nomenclature et sources alimentaires », *Ann. Médicales Vét.*, vol. 148, p. 133-140, 2004.
  44. Daniel Richard, Didier Orsal. Neurophysiologie, Organisation et Fonctionnement du système nerveux. 2<sup>e</sup> édition, Cape, Agrégation. (2001).
  45. Danielle Swanson, Robert Block et A. Mousa. Acides gras oméga-3 EPA et DHA : bienfaits pour la santé tout au long de la vie, 2012.
  46. Dantzer R. Cytokine-induced sickness behavior: Where do we stand? *Brain Behav Immun.* 2001. doi:10.1006/brbi.2000.0613
  47. De Caterina R. n-3 fatty acids in cardiovascular disease, *N Engl J Med*, 2011; 364: 2439-2450
  48. De Escobar GM, Obregon MJ, del Rey FE. Iodine deficiency and brain development in the first half of pregnancy. *Public Health Nutr.* 2007;10:1554–70.

## Références

---

49. de Urquiza, A. M., Liu, S., Sjoberg, M., Zetterstrom, R. H., Griffiths, W., Sjoval, J., et al. (2000). Docosahexaenoic acid, a ligand for the retinoid X receptor in mouse brain. *Science*, 290(5499), 2140–2144.
50. DeBose-Boyd RA. Feedback regulation of cholesterol synthesis: sterol-accelerated ubiquitination and degradation of HMG coA reductase. *Cell Res*. 2008;18:609–21.
51. Décarie-Spain L, Sharma S, Hryhorczuk C, et al. Nucleus accumbens inflammation mediates anxiodepressive behavior and compulsive sucrose seeking elicited by saturated dietary fat. *Mol Metab*. 2018;10:1-13. doi:10.1016/j.molmet.2018.01.018
52. Defilippis A, Sperling L. Understanding omega-3. *Am Heart J*. 2006; 151: 564-70.
53. DelašI, Popovic M, Petrovic T, DelašF, Ivankovic D. Changes in the fatty acid composition of brain and liver phospholipids from rats fed fat-free diet. *Food Technol Biotechnol*. 2008;3:278–85.
54. Delgado-Lista, J.; Perez-Martinez, P.; Lopez-Miranda, J.; Perez-Jimenez, F. Long chain omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: A systematic review. *Br. J. Nutr.* 2012, 107, S201–S213.
55. Dussault JH, Ruel J. Thyroid hormones and brain development. *Annu Rev Physiol*. 1987;49:321–34.
56. Dyal. Les acides gras oméga-3 à longue chaîne et le cerveau : un examen des effets indépendants et partagés de l'EPA, du DPA et du DHA, 2015
57. Dyerberg J, Bang HO, Hjorne N. Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos. *Am J Clin Nutr* 1975; 28:958-66.
58. Escriba, P.V., et al., Lipid-protein interactions in GPCR-associated signaling. *Biochim Biophys Acta*, 2007. 1768(4): p. 836-52.
59. Ferreira CF, Bernardi JR, da Silva DC, de Sa C-PN, de Souza MC, Krolow R, Weis SN, Pettenuzzo L, Kapczinski F, Silveira PP, Dalmaz O. Mitochondrial and oxidative stress aspects in hippocampus of rats submitted to dietary n-3 polyunsaturated fatty acid deficiency after exposure to early stress. *Neurochem Res*. 2015;40:1870–81.
60. fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation* 2003;
61. Foster, T.S., Efficacy and safety of alpha-lipoic acid supplementation in the treatment of symptomatic diabetic neuropathy. *Diabetes Educ*, 2007. 33(1): p. 111-7
62. Furuholm C, Warstedt K, Larsson J, Fredriksson M, Böttcher MF, Fälth-Magnusson K, Duchén K. Fish oil supplementation in pregnancy and lactation may decrease the risk of infant allergy. *Acta Paediatr*. La supplémentation en huile de poisson pendant la grossesse et l'allaitement peut réduire le risque d'allergie infantile, 2009.
63. Gehrman, J., Matsumoto, Y., and Kreutzberg, G.W. (1995). Microglia: intrinsic immune effector cell of the brain. *Brain Res. Brain Res. Rev.* 20(3) : 269–287.
64. Geraci E, Levantesi G, Maggioni AP, Mantini L, Marfisi RM, Mastrogiuseppe G, Mininni N,
65. Gladman, S.J., et al., Improved outcome after peripheral nerve injury in mice with increased levels of endogenous omega-3 polyunsaturated fatty acids. *J Neurosci*, 2012. 32(2): p. 563-71.



## Références

---

66. Gomez-Pinilla F. Brain foods : the effects of nutrients on brainfunction. *Nat RevNeurosci*. 2008 ;9 : 568–78.
67. Hasadsri, L., et al., Omega-3 fatty acids as a putative treatment for traumatic brain injury.*J Neurotrauma*, 2013. 30(11): p. 897-906.
68. Helland IB, Smith L, Saarem K, Saugstad OD, Drevon CA. Maternal supplementation with very-long-chain n-3 fatty acids during pregnancy and lactation augments children's IQ at 4 years of age. *Pediatrics*. 2003 Jan;111(1):e39-44. doi: 10.1542/peds.111.1.e39. PMID: 12509593.
69. Hertz L, Gibbs ME. What learning in day-old chick-ens can teach a neurochemist: focus on astrocyte metabolism. *J Neurochem*. 2009;109(s1):10–6.
70. Huang, W.L., et al., A combination of intravenous and dietary docosahexaenoic acid significantly improves outcome after spinal cord injury. *Brain*, 2007. 130(Pt 11): p. 3004-19.
71. Ikemoto A, Kobayashi T, Watanabe S, Okuyama H. Membrane fatty acid modifications of PC12 cells by arachidonate or docosahexaenoate affect neurite outgrowth but not norepinephrine release. *Neurochem Res*. 1997;22(6):671–8.
72. Infante, J. P., & Huszagh, V. A. (1998). Analysis of the putative role of 24-carbon polyunsaturated fatty acids in the biosynthesis of docosapentaenoic (22:5n-6) and docosahexaenoic (22:6n-3) acids. *FEBS Letters*, 431, 1–6.
73. Ingster-Moati, "Cours d'électrophysiologie générale n°1," 2002. Université Paris 7 : Collège National des Enseignants de Biophysique et de Médecine Nucléaire.
74. Innis, S.M. Dietary (n-3) fatty acids and brain development. *J. Nutr*. 2007, 137, 855–859. [CrossRef] [PubMed]
75. Jayasooriya AP, Ackland ML, Mathai ML, Sinclair AJ, Weisinger HS, Weisinger RS, Halver JE, Kitajka K, Puskas LG. Perinatal omega-3 polyunsaturated fatty acid supply modifies brain zinc homeostasis during adulthood. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005;102:7133–8.
76. Jicha, G.A. and W.R. Markesbery, Omega-3 fatty acids: potential role in the management of early Alzheimer's disease. *Clin Interv Aging*, 2010. 5: p. 45-61.
77. Jung-II Kang , Hoon-Seok Yoon , Sung Min Kim , Jeong Eon Park , YuJaeHyun , Ara Ko , Yong-SeokAhn , Young Sang Koh , Jin Won Hyun , Eun-SookYoo , et Hee-KyoungKang. L'huile de poisson fermentée dérivée de maquereau favorise la croissance des cheveux par des voies anagènes stimulantes, 2018
78. Karsten H. Weylandt , 1 , 2 Simona Serini , 3 Yong Q. Chen , 4 , 5 Hui-Min Su , 6 Kyu Lim , 7 Achille Cittadini , 3 et Gabriella Calviello 3 , 8 , Acides gras polyinsaturés oméga-3 : la voie à suivre en période de preuves mitigées, 2015.

## Références

---

79. Kelly W. Sheppard 1 et Carol L. Cheatham. Apport en acides gras oméga-6/oméga-3 des enfants et des personnes âgées aux États-Unis : apport alimentaire par rapport aux recommandations alimentaires actuelles et au HealthyEatingIndex, 2018.
80. Kierszenbaum, A. L. (2006). Histologie et biologie cellulaire: Une introduction à l'anatomie pathologique. 1ère éd. Bruxelles : De Boeck. P638.
81. Ko, G.D., et al., Omega-3 fatty acids for neuropathic pain: case series. Clin J Pain, 2010. 26(2): p. 168-72.
82. Kris-Etherton PM, Harris WS, Appel LJ. American Heart Association. Nutrition Committee.
83. Kromann N, Green A. Epidemiological studies in the Upernavik Distric, Greenland. Incidence of some chronic diseases 1950-1974. Acta Med Scand 1980 ; 208 :401-6.
84. Kwak SM, Myung SK, Lee YJ, Seo HG ; Korean Meta-analysis Study Group. Efficacy of omega-3 fatty acid supplements (eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid) in the secondary prevention of cardiovascular disease : a meta-analysis of randomized, double-blind, placebo-controlled trials. Arch Intern Med. 2012 May 14 ; 172(9) :686-94. Doi : 10.1001/archinternmed.2012.262. PMID : 22493407.
85. Lahlaidi, A. Anatomie topographique, le système nerveux végétatif. (1986a), p : 79.
86. Lauritzen, I., et al., Polyunsaturated fatty acids are potent neuroprotectors. EMBO J, 2000. 19(8): p. 1784-93.
87. Leaf A, Xiao YF, Kang JX, Billman GE. Membrane effects of the n-3 fish oil fatty acids, which
88. Lee, Y.H., S.C. Bae, and G.G. Song, Omega-3 polyunsaturated fatty acids and the treatment of rheumatoid arthritis: a meta-analysis. Arch Med Res, 2012. 43(5): p. 356-62.
89. Lim, S.N., et al., Improved outcome after spinal cord compression injury in mice treated with docosahexaenoic acid. Exp Neurol, 2013. 239: p. 13-27.
90. Logan, A.C., Neurobehavioral aspects of omega-3 fatty acids: possible mechanisms and therapeutic value in major depression. Altern Med Rev, 2003. 8(4): p. 410-25.
91. Magistretti PJ, Sorg O, Yu N, Martin JL, Pellerin L. Neurotransmitter regulates energy metabolism in astrocytes: implications for the metabolic trafficking between neural cells. Dev Neurosci. 1993; 15:306-12
92. Makhoul Z, Kristal AR, Gulati R, Luick B, Bersamin A, Boyer B, Mohatt GV. Associations of very high intakes of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids with biomarkers of chronic disease risk among Yup'ik Eskimos. Am J Clin Nutr. 2010; 91(3):777-85.
93. Marchioli R, Barzi F, Bomba E, Chieffo C, Di Gregorio D, Di Mascio R, Franzosi MG,
94. Marik PE & Varon J. Omega-3 dietary supplements and the risk of cardiovascular events: a systematic review. Clinical Cardiology 2009; 32(7):365-72.
95. Mark G Rubin, Katherine Kim et Alan C Logan. Acné vulgaire, santé mentale et acides gras oméga-3 : à propos de cas, 2008.
96. Mark G. Filipovic , a, b Stefanie Aeschbacher , c Martin F. Reiner , a, b Simona Stivala , b Sara Gobatto , b Nicole Bonetti , b Martin Risch , d, e Lorenz Risch , d, f, g

## Références

---

- Giovanni G. Camici , b Thomas F. Luescher , h Clemens vonSchacky , i David Conen , c, j et Juerg H. Beer a, b. Les concentrations d'acides gras oméga-3 dans le sang total sont inversement associées à la pression artérielle chez les jeunes adultes en bonne santé, 2018.
97. Mark.F, Bear. Barry W. Connor. Michael A. Paradiso. Neurosciences à la découverte du cerveau. 4<sup>e</sup> édition. (2016).
  98. Martinez-Fernandez L, Laiglesia LM, Huerta AE, Martinez JA, Moreno-Aliaga MJ. Omega-3 fatty acids and adipose tissue function in obesity and metabolic syndrome. *Prostaglandins Other Lipid Mediat.* 2015;121:1-18. doi:10.1016/j.prostaglandins.2015.07.003 5
  99. Mathias CJ and Bannister R (1999) *Autonomic failure : A textbook of clinical disorders of the autonomic nervous system*, 4th edition.
  100. Mccann Jc, Ames bN. Docosahexaenoic acid, an n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid, required for development of normal brain function? An overview of evidence from cognitive and behavioral tests in humans and animals. *Am J Clin Nutr.* 2005;82:281-95.
  101. Mergenthaler P, Lindauer U, Dienel GA, Meisel A. Sugar for the brain—the role of glucose in physiological and pathological brain function. *Trends Neurosci.* 2013;36(10):587–97.
  102. Minabe, S., Deura, C., Ikegami, K., Goto, T., Sanbo, M., Hirabayashi, M., et Tsukamura, H. (2015). Pharmacological and Morphological Evidence of AMPK-Mediated Energy Sensing in the Lower Brain Stem Ependymocytes to Control Reproduction in Female Rodents. *Endocrinology*, 156(6) : 2278-2287.
  103. Mohrhauer H. and Holman R.T. Alteration of the fatty acid composition of brain lipids by varying levels of dietary essential fatty acids. *J Neurochem.* 1963;10:523-530.
  104. Morselli E, Fuente-Martin E, Finan B, et al. Hypothalamic PGC-1 $\alpha$  Protects Against High-Fat Diet Exposure by Regulating ER $\alpha$ . *Cell Reports.* 2014;9:633- 645. doi:10.1016/j.celrep.2014.09.025 46
  105. Mosdol A, Erens B, Brunner E. Estimated prevalence and predictors of vitamin C deficiency within UK's low-income population. *J Public Health Dent.* 2008;30:456–60.
  106. Mrieb, Anatomie et Physiologie humaine, 6<sup>ème</sup> Ed, 2005)
  107. Munro IA, Garg ML. Prior supplementation with long chain omega-3 polyunsaturated fatty acids promotes weight loss in obese adults : a double-blinded randomised controlled trial. *Food Funct.* 2013 Feb 11.
  108. N. A. Campbell, "Structure et fonction des membranes," in *Biologie*, 1995. Bruxelles : DeBoeck université.
  109. Nakamura, M. T., & Nara, T. Y. (2003). Essential fatty acid synthesis and its regulation in mammals. *Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids*, 68, 145–150.
  110. National Kidney Foundation. Kidney disease outcomes quality initiative. Clinical practice guidelines for nutrition in chronic renal failure. I. Adult guidelines. A. maintenance dialysis. *Am J Kidney Dis* 2000; 35(2):S17–55.

## Références

---

111. Naylor, R.L.; Hardy, R.W.; Bureau, D.P.; Chiu, A.; Elliot, M.; Farrell, A.P.; Forster, I.; Gatlin, D.M.; Goldberg, R.J.; Hua, K.; et al. Feeding aquaculture in an era of niteresources. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2009, 106, 15103–15110.
112. nell'InfartoMiocardico (GISSI)-Prevenzione. *Circulation*. 2002; 105: 1897-903.
113. Nicolosi GL, Santini M, Schweiger C, Tavazzi L, Tognoni G, Tucci C, Valagussa F. Early
114. Nielsen PR, Meyer U, Mortensen PB. Individual and combined effects of maternal anemia and prenatal infection on risk for schizophrenia in offspring. *SchizophrRes*. 2016;172(1–3):35–40.
115. Nishiyama, A., Komitova, M., Suzuki, R., and Zhu, X. (2009). Polydendrocytes (NG2 cells): multifunctional cells with lineage plasticity. *Nat. Rev. Neurosci*, 10(1) : 9–22.
116. Norouzi Javidan, A., et al., Does consumption of polyunsaturated fatty acids influence on neurorehabilitation in traumatic spinal cord-injured individuals? A double-blinded clinical trial. *Spinal Cord*, 2014. 52(5): p. 378 82.
117. O'Brien JS, Sampson EL. Lipid composition of normal human brain: gray matter, white matter, and myelin. *JLipidRes*. 1965;6:537–44.
118. O'Connor JC, Lawson MA, Andre C, et al. Induction ofIDO by Bacille CalmetteGuerin Is Responsible for Development of Murine Depressive-Like Behavior. *J Immunol*. 2009. doi:10.4049/jimmunol.0802722 54
119. Oh DY, Talukdar S, Bae EJ, et al. GPR120 Is an Omega-3 Fatty Acid Receptor Mediating Potent Anti-inflammatory and Insulin-Sensitizing Effects. *Cell*. 2010. doi:10.1016/j.cell.2010.07.041
120. Oliveira V, Marinho R, Vitorino D, et al. Diets containing  $\alpha$ -linolenic ( $\omega$ 3) or oleic ( $\omega$ 9) fatty acids rescues obese mice from insulin resistance. *Endocrinology*. 2015;156(11):4033-4046. doi:10.1210/en.2014-1880 .
121. Palacios-Pelaez, R., W.J. Lukiw, and N.G. Bazan, Omega-3 essential fatty acids modulate initiation and progression of neurodegenerative disease. *Mol Neurobiol*, 2010. 41(2-3): p. 367-74.
122. Papanikolaou Y, Brooks J, Reider C, Fulgoni VL 3rd. U.S. adults are not meeting recommended levels for fish and omega-3 fatty acid intake : results of an analysis using observational data from NHANES 2003-2008. *Nutr J*. 2014 Apr 2 ;13 :31. Doi : 10.1186/1475-2891-13-31. Erratum in : *Nutr J*. 2014 ;13 :64. PMID : 24694001 ; PMID : PMC3992162.
123. Patra R, Swarup D, Dwivedi S. Antioxidant effects of tocopherol, ascorbic acid and l-methionine on lead-induced oxidative stress to the liver, kidney and brain in rats. *Toxicology*. 2001;162:81–8.
124. Peacock J, Folsom A, Knopman D, Mosley T, Goff Jr D, Szklo M. Dietary antioxidant intake and cognitive performance in middle-aged adults. The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study investigators. *Public Health Nutr*. 2000;3(3):337–43.
125. Perez, J., et al., Dietary fat and protein interact in suppressing neuropathic pain-related disorders following a partial sciatic ligation injury in rats. *Pain*, 2004. 111(3): p. 297-305.

## Références

---

126. Perez-Rosello T, Anderson CT, Schopfer FJ, Zhao Y, Gilad D, Salvatore SR, Freeman BA, Hershinkel M, Aizenman E, Tzounopoulos T. Synaptic Zn<sup>2+</sup> inhibits neurotransmitter release by promoting endocannabinoid synthesis. *J Neurosci.* 2013;33(22):9259–72.
127. Perica MM, Delas I. Essential fatty acids and psychiatric disorders. *Nutr Clin Pract.* 2011;26:409–25.
128. Petroni, A., Bertagnolio, B., La Spada, P., Blasevich, M., Papini, N., Govoni, S., et al. (1998). The  $\beta$ -oxidation of arachidonic acid and the synthesis of docosahexaenoic acid are selectively and consistently altered in skin fibroblasts from three Zellweger patients versus X-adrenoleukodystrophy, Alzheimer and control subjects. *Neuroscience Letters*, 250, 145–148.
129. Pilkington SM, Watson RE, Nicolaou A, Rhodes LE. Omega-3 polyunsaturated fatty acids: photoprotective macronutrients. *Exp Dermatol.* 2011 Jul;20(7):537-43. Doi: 10.1111/j.1600-0625.2011.01294.x. Epub 2011 May 16. PMID: 21569104.
130. prevent fatal ventricular arrhythmias, *J Membr Biol*, 2005; 206: 129-139.
131. protection against sudden death by n-3 polyunsaturated fatty acids after myocardial infarction:
132. Purves, Augustine, Fitzpatrick, Hall, Lamantia, Mcnamara, Williams, *Neurosciences & Cognition (le système nerveux humain)*. 3<sup>e</sup> édition préface de Marc Jeannerod. Américaine par Jean-Marie Coquery (2005).
133. Ramanathan K, Balakumar B, Panneerselvam C. Effects of ascorbic acid and alpha-tocopherol on arsenic-induced oxidative stress. *Hum Exp Toxicol.* 2002;21:675–80.
134. Ramsden, C.E., et al., Targeted alterations in dietary n-3 and n-6 fatty acids improve life functioning and reduce psychological distress among patients with chronic headache: a secondary analysis of a randomized trial. *Pain*, 2015. 156(4): p. 587-96.
135. Rhodes LE, O'Farrell S, Jackson MJ, Friedmann PS. Die. La supplémentation alimentaire en huile de poisson chez l'homme réduit la sensibilité érythémateuse aux UVB mais augmente la peroxydation lipidique épidermique, 1994.
136. Richardson, A.J. and B.K. Puri, A randomized double-blind, placebo-controlled study of the effects of supplementation with highly unsaturated fatty acids on ADHD-related symptoms in children with specific learning difficulties. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 2002. 26(2): p. 233-9.
137. Rokia Ghchime, Thèse de Doctorat, *Exploration Du Système Nerveux Autonome Dans L'épilepsie Du Lobe Temporal Au Maroc « Contribution Clinique Et Physiopathologique Du Sudep »* (2017).
138. Saalman, Y. B., S. Kastner (2011). Cognitive and perceptual functions of the visual thalamus. *Neuron*, 71(2): 209-223.
139. Salem Jr N, Kim H-Y, Yergey JA. Docosahexaenoic acid: membrane function and metabolism. In: Simopoulos AP, Kiter RR, Martin RE, editors. *Health effects of polyunsaturated fatty acids in seafoods*. New York: Academic Press; 1986. p. 263–317.

## Références

---

140. Salem N, Moriguchi T, Greiner RS, et al. Alterations in brain function after loss of docosahexaenoate due to dietary restriction of n-3 fatty acids. *JMolNeurosci*. 2001;16:299–307.
141. Saravanan P et al. Cardiovascular effects of marine omega-3 fatty acids. *Lancet* 2010.
142. Saravanan, P. and N.C. Davidson, The role of omega-3 fatty acids in primary prevention of coronary artery disease and in atrial fibrillation is controversial. *J Am Coll Cardiol*, 2010. 55(4): p. 410-1; authorreply 411-2.
143. SEDDON J.M. Progression of age-related macular degeneration: association with dietary fat, transunsaturated fat, nuts, and fish intake. *Arch ophthalmol.*, 121, 12, 1728-37 (2003)
144. Serratrice. G, Verschueren. A, (2010) *Système nerveux autonome EMC –Neurologie*.
145. Silbernagl, S., Despopoulos, A., Laurent, D. (2001). *Atlas de poche de physiologie*. 3<sup>e</sup> édition. Paris: Médecine-sciences, P.436.
146. Silvestroff L, Franco PG, Pasquini JM. Neural and oligodendrocyte progenitor cells: transferrin effects on cell proliferation. *ASN Neuro*. 2013;5(1):e00107.
147. Simon C. Dyall. *Les acides gras oméga-3 à longue chaîne et le cerveau : un examen des effets indépendants et partagés de l'EPA, du DPA et du DHA*, 2015.
148. Solomon, E & Davis, P.W. 1981. *Anatomie et physiologie humain*. Ed. copyright. 232-274
149. Sousa, David, A. *How the brain learns*. Thousand Oaks, Corwin, 2011. P. 18.
150. Spencer, SJ, Korosi, A., Layé, S., Shukitt-Hale, B. et Barrientos, RM 2017. *Matière à réflexion : comment la nutrition impacte la cognition et les émotions*. *NPJ Sci. Nourriture* 1 :7. Doi : 10.1038/s41538-017-0008-y.
151. Sprecher, H. (2000). Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1486, 219–231.
152. Su, H.-M., Moser, A. B., Moser, H. W., & Watkins, P. A. (2001). Peroxisomal straight-chain acyl CoA oxidase and D-bifunctional protein are essential for the retroconversion step in docosahexa-enoic acid synthesis. *Journal of Biological Chemistry*, 276 (41), 38115–38120.
153. Sun, D., Jakobs T. C. (2012). Structural remodeling of astrocytes in the injured CNS. *The Neuroscientist*, 18(6) : 567-588.
154. Suzuki A, Stern SA, Bozdagi O, Huntley GW, Walker RH, Magistretti PJ, Alberini CM. Astrocyte–neuron lactate transport is required for long term memory formation. *Cell*. 2011;144:810–23
155. T. stuss, D. Frank Benson, *The Frontal Lobes (les lobes frontaux)*. New York (1986).
156. Talukdar S, Olefsky JM, Osborn O. Targeting GPR120 and other fatty acidsensing GPCRs ameliorates insulin resistance and inflammatory diseases. *Trends PharmacolSci*. 2011;32(9):543-550. doi:10.1016/j.tips.2011.04.004
157. Tan ZS, MD, MPH, WS Harris , PhD, AS Beiser , PhD, R. Au , PhD, JJ Himali , MS, S. Debette , MD, A. Pikula , MD, C. DeCarli , MD, PA Wolf , MD , RS Vasan , MD, SJ Robins , MD, et S. Seshadri , MD. *Taux d'acides gras oméga-3 dans les globules rouges et marqueurs du vieillissement cérébral accéléré*, 2012.



## Références

---

158. Thaler JP, Yi CX, Schur EA, et al. Obesity is associated with hypothalamic injury in rodents and humans. *J Clin Invest*. 2012. doi:10.1172/JCI59660
159. Thaler JP, Yi CX, Schur EA, et al. Obesity is associated with hypothalamic injury in rodents and humans. *J Clin Invest*. 2012. doi:10.1172/JCI59660
160. time-course analysis of the results of the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza
161. Tocher, D.R. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. *Aquaculture* 2015, 449, 94–107.
162. Tschöp MH, Speakman JR, Arch JRS, et al. A guide to analysis of mouse energy metabolism. *Nat Methods*. 2011;9(1):57-63. doi:10.1038/nmeth.1806
163. Vandervae Franz I, professeur à l'Université de Liège, Résumé d'anatomie du système nerveux à l'usage des étudiants en éducation physique (1964).
164. Vilchez D, Ros S, Cifuentes D, Pujadas L, Valles J, Garcia-Fojeda B, Criado-Garcia O, Fernandez-Sanchez E, Medraño-Fernández I, Dominguez J, Garcia-Rocha M, Soriano E, Rodriguez de Cordoba S, Guinovart JJ. Mechanisms suppressing glycogen synthesis in neurons and its demise in progressive myoclonic epilepsy. *Nat Neurosci*. 2007;10:1407–13.
165. Von Schacky C. A review of omega-3 ethyl esters for cardiovascular prevention and treatment of increased blood triglyceride levels, *Vasc Health Risk Manag*, 2006; 2: 251-262.
166. Voss, A., Reinhart, M., Sankarappa, S., & Sprecher, H. (1991). The metabolism of 7, 10, 13, 16, 19-docosapentaenoic acid to 4, 7, 10, 13, 16, 19-docosahexaenoic acid in rat liver is independent of a 4-desaturase. *Journal of Biological Chemistry*, 266(30), 19995–20000.
167. Wall, R., et al., Fatty acids from fish: the anti-inflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids. *Nutr Rev*, 2010. 68(5): p. 280-9.
168. Wang Y, Muneton S, Sjövall J, Jovanovic JN, Griffiths WJ. The effect of 24S-hydroxycholesterol on cholesterol homeostasis in neurons quantitative changes to the cortical neuron proteome. *J Proteome Res*. 2008;7:1606–14.
169. Ward, R.E., et al., Docosahexaenoic acid prevents white matter damage after spinal cord injury. *J Neurotrauma*, 2010. 27(10): p. 1769-80.
170. Werner Kahle, Michael Frotscher. Atlas de poche, Système nerveux et organes des sens (Anatomie). 5<sup>e</sup> édition, Lavoisier Médecine Science (2015).
171. Yehuda S, Rabinovitz S, Carasso RI, Mostofsky DT. The role of PUFA in restoring the aging neuronal membrane. *Neurobiol Aging*. 2002 ;23 :843-53.
172. Yonghua L, Shumei L, Yigand M, Ning L, Yu Z. Effects of vitamins E and C combined with  $\beta$ -carotene on cognitive function in the elderly. *Exp Ther Med*. 2015;9(4):1489-93.
173. Zhang Y, Zhang Y, Liu L, Peng Y-L, et al. Involvement of inflammasome activation in lipopolysaccharide-induced mice depressive-like behaviors. *CNS Neurosci Ther*. 2014;20(2):119-124. doi:10.1111/cns.12170  
Liu L, Peng Y-L, et al. Involvement of

## Références

---

- inflammasome activation in lipopolysaccharide-induced mice depressive-like behaviors. *CNS Neurosci Ther.* 2014;20(2):119-124. doi:10.1111/cns.12170 5
174. Ziegler, D., et al., Oral treatment with alpha-lipoic acid improves symptomatic diabetic polyneuropathy: the SYDNEY 2 trial. *Diabetes Care*, 2006. 29(11): p. 2365-70.



## Liste de référence

---

