

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE  
MICROBIOLOGIE ET BIOCHIMIE



DOMAINE : SCIENCE DE LA NATURE  
ET DE LA VIE  
FILIERE : SCIENCES BIOLOGIQUES

N° .....

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de master académique**

**Par :**

Mekki Nawal et Youcefi Imane

**Intitulé**

**Les maladies liées à une carence en iode**

**Soutenu devant le jury composé de :**

Dr. khenich H	MCD. Univ M'sila	Président
Dr. Benkhaled A	MCA. Univ M'sila	Rapporteur
Dr. Boudjelal A	MCA. Univ M'sila	Examinatrice 1
Dr. Regami Y	MCA. Univ M'sila	Examineur 2

**Année universitaire : 2019/2020**

# Remerciements

*Avant tout on remercie dieu tout puissant de nous avoir donné le privilège, la chance d'étudier et de nous avoir donné force, Courage, et patience pour accomplir ce travail. Sans oublier nos parents qui ont veillé sur nous durant toute notre vie.*

*Nous remercions naturellement nos encadreurs, **Dr. BEN KHALED ABDERRAHIM**. Pour leur orientation éclairée, et leur aide dans l'élaboration de notre mémoire*

*Nous remercions les membres du jury **Dr. KHENICHE HAKIM, Dr. BOUDJELAL AMEL et Dr. REGAMI YACINE** Pour avoir examiné mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nous tenons à remercier spécialement chef de département de Microbiologie et biochimie **Dr. KHENICHE HAKIM** Pour son aide et ses conseils.*

*Nous remercions vont également à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation durant toute notre scolarité.*

*Nous remercions toutes les personnes Qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste Travail.*

# *Dédicace*

*Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont*

*Chers :*

*A mes très chers parents*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que  
J'ai pour eux.*

*Ce travail est le fruit de vos efforts et de votre dévouement dans mon  
Éducation et ma formation. J'espère de tout mon cœur qu'en ce jour vous  
êtes fières de moi.*

*A mes chers frères : **Ahmed et Taieb**, aussi mes chères sœurs :*

***Fatima, Salma** et *Ames Sœurs* : **Blhote Raouia, Issaoui Imane** et aux  
membres de la famille **Youcefi et Boula noir** merci énormément pour tout  
votre conseil. Vos encouragements et votre amour qui m'ont entourés  
toujours.*

*A tous mes amis qui m'ont partagé les meilleurs moments et surtout :*

**Imane, Safa, Meriem, Mbarka, Karima**

*A mes collègues de la promotion Biochimie appliquée 2019-2020.*

*" Youcefi Imane "*

# *Dédicace*

*Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont*

*Chers :*

*A mes très chers parents*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que  
J'ai pour eux.*

*Ce travail est le fruit de vos efforts et de votre dévouement dans mon  
Éducation et ma formation. J'espère de tout mon cœur qu'en ce jour vous  
êtes fières de moi.*

*A mes chers frères : **AbdElkader et Walid et Wacime**, aussi mes chères  
soeurs : **Djahida et Fadila et Chorouk, Norhane** et Mes Sœurs : **Zidane  
Imane, Abdeli Safa, Rahali Meriem** et aux membres de la famille **Makki**  
merci énormément pour tout vos conseils. Vos encouragements et votre  
Amour qui m'ont entourés toujours.*

*A tous mes amis qui m'ont partagé les meilleurs moments et surtout :*

**Imane, Safa, Mariem, Karima, Mbarka**

*A mes collègues de la promotion Biochimie appliquée 2019-2020.*

*" Makki Nawal "*

## Résumé

Le présent travail nous a permis de renforcer nos connaissances sur l'iode et son rôle dans l'organisme humain(particulièrement dans la synthèse d'hormones thyroïdiennes par la glande thyroïde) et conséquences du manque d'iode (maladies), l'alimentation joue un rôle crucial dans la combattre les maladies lie par carence d'un des oligo-éléments dans l'organisme. La thyroïde a besoin d'une quantité suffisante d'iode, pour les synthèses de ces hormones.

La carence iodée est un véritable problème de santé publique qui engendre le développement de trois maladies qui sont le goitre et l'hypothyroïdie le crétinisme. L'introduction de l'iode dans l'alimentation *via* le sel peut diminuer l'apparition de ces maladies.

---

**Mots clés :** Iode ; maladies lie par carence en iode ; goitre ; crétinisme ; hypothyroïdienne.

## Abstract

This work has enabled us to strengthen our knowledge of iodine and its role in the human body(especially in the synthesis of thyroid hormones by the thyroid gland)and consequences of iodine deficiency (diseases), food plays a crucial role in combating diseases caused by a deficiency of one of the trace elements in the body.The thyroid needs a sufficient amount of iodine for the synthesis of these hormones.

Iodine deficiency is a real public health problem which causes the development of three diseases which are goiter and hypothyroidism cretinism Introducing iodine to food via salt can decrease the onset of these diseases.

---

**Keywords:** Iodine; diseases related to iodine deficiency; goiter; cretinism; hypothyroid

## المخلص

مكننا هذا العمل من تعزيز معرفتنا باليود ودوره في الكائن البشري (خاصة في تصنيع هرمونات الغدة الدرقية بواسطة الغدة الدرقية) وعواقب نقص اليود (الأمراض) والنظام الغذائي يلعب دورًا حاسمًا في مكافحة الأمراض المرتبطة بنقص أحد العناصر النزرة في الجسم. تحتاج الغدة الدرقية إلى كمية كافية من اليود لتخليق هذه الهرمونات. نقص اليود هو مشكلة صحية عامة حقيقية تسبب تطور ثلاثة أمراض هي تضخم الغدة الدرقية وقصور الغدة الدرقية والقماءة. يمكن أن يؤدي إدخال اليود إلى الطعام عن طريق الملح إلى تقليل ظهور هذه الأمراض

---

**الكلمات المفتاحية:** اليود; الامراض المرتبطة بنقص اليود; تضخم الغدة الدرقية; والقماءة; وقصور الغدة الدرقية

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b>	Grains d' iode I <sub>2</sub>	<b>07</b>
<b>Figure 2:</b>	Structure de la thyroïde	<b>11</b>
<b>Figure 3:</b>	Représentation d'une coupe transversale du follicule thyroïdien	<b>12</b>
<b>Figure 4:</b>	Structure des hormones thyroïdiennes	<b>13</b>
<b>Figure 5:</b>	Les étapes de la synthèse des hormones thyroïdiennes	<b>14</b>
<b>Figure 6:</b>	Régulation de la fonction thyroïdienne	<b>18</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b>	Classification des oligoéléments selon le risque de carence	<b>03</b>
<b>Tableau 2:</b>	La quantité d'iode des quelques produits de consommation courante en µg / kg de poids frais	<b>08</b>
<b>Tableau 3:</b>	Les types de transporteur avec pourcentages	<b>16</b>
<b>Tableau 4:</b>	Classification des différents stades de goitre établi par L'OMS	<b>21</b>
<b>Tableau 5:</b>	Catégories d'hypothyroïdie avec les symptômes	<b>22</b>

## Liste des abréviations

**Co** : Cobalt

**Cr** : Chrome

**Cu** : Cuivre

**DIT** : di-3,5-iodotyrosine

**F** : Fluor

**Fr** : Fer

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Peroxyde d'hydrogène

**HT** : hormone thyroïdienne

**I<sup>-</sup>** : iodure

**I** : L'iode

**ICCIDD**: Conseil International de Lutte contre les Troubles dus à la Carence en Iode

**K<sup>+</sup>** : Potassium

**Mg** : Magnésium

**MIT**: mono-3-iodotyrosine

**Mn** : Manganèse

**Na<sup>+</sup>** : Sodium

**NIS** : Symporteur Na<sup>+</sup>/I<sup>-</sup>.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**Se** : Sélénium

**Si** : Silicium

**T<sub>3</sub>** : triiodothyronine

**T<sub>4</sub>** :Tetra-iodo-thyronine ou thyroxine

**TBG** : Thyroxin Binding Globulin

**TBPA** : Thyroxin Binding Pre-Albumin

**TDCI** : Trouble due a une carence en iode

**Tg** : Thyroglobuline

**TPO** : thyroperoxydase

**TRH** : Thyrotropin Releasing Hormone

**TSH** : Thyroid Stimulating Hormone

**Zn** : Zinc

# Sommaire

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction

1

**Chapitre 1 : Rappels sur les Oligoéléments**

3

1.1. Définition des Oligoéléments

3

1.2. Classification des oligoéléments

3

1.3. Rôle et l'importance des oligoéléments

3

**Chapitre 2 : Généralité sur l'iode**

7

2.1. L'iode

7

2.2. Principales réserves d'iode dans la terre

7

2.3. Sources d'iode

8

2.4. Métabolisme de l'iode dans l'organisme humain

8

2.5. Besoins en iode

9

2.6. Rôle et importance de l'iode

9

**Chapitre 3 : Thyroïde**

11

3.1. Anatomie et Histologie

11

3.2. Hormones thyroïdiennes

12

3.2.1. Structure des hormones thyroïdiennes

12

3.2.2. Biosynthèses des hormones thyroïdiennes

13

3.2.2.1. Capture d'iodures circulants

15

3.2.2.2. Oxydation de l'iode

15

3.2.2.3. Organification de l'iode

15

3.2.2.4. Couplage des radicaux iodotyrosine

15

3.2.2.5. Le stockage et libération des hormones thyroïdiennes

16

3.2.2.6. Distribution et métabolisme des hormones thyroïdiennes

16

3.2.2.7. Désiodation des hormones thyroïdiennes

16

3.3. Régulation de la synthèse et de la sécrétion des hormones thyroïdiennes

17

**Chapitre 4 : Pathologies liées à une carence en iode**

20

4.1. Définition de la maladie due à une carence en iode

20

4.2. Types de carence en iod	20
4.3. Maladies liées à une carence en iode	21
4.3.1. Goitre ou hypertrophie thyroïdienne	21
4.3.2. Hypothyroïdie	22
4.3.2.2. Symptômes de l'hypothyroïdie	22
4.3.3. Le crétinisme	22
4.3.3.1. Crétinisme	22
4.3.3.3. Formesde crétinismes :	23
<b>Conclusion</b>	25
<b>Références bibliographiques</b>	

# Introduction

### Introduction

Depuis de plusieurs années, les thérapeutes et nutritionnistes soutiennent l'idée que différents problèmes de la santé puissent provenir d'une alimentation déséquilibrée et une carence d'éléments essentiels. Les oligo-éléments, appelés aussi les éléments traces sont des micronutriments sans valeur énergétique propre dont la présence en petite quantité est essentielle au bon équilibre de l'organisme humain (Beausir A.*et al.*,2011).

L'iode est un oligo-élément qui joue un rôle essentiel dans les fonctions de l'organisme. Il est indispensable à la glande thyroïde pour produire des hormones thyroïdiennes (HT), qui sont très importants aux fonctions de l'organisme humain. (Rouabah *et al.*, 2018).

La carence iodée peut donc avoir un large spectre de conséquences qui dépendra de l'intensité de cette carence. Ces conséquences multifformes sont appelées « troubles dus à la carence iodée », dont le goitre endémique qui constitue l'aspect extrême, l'hypothyroïdie et crétinisme (Zimmermann Mb *et al.*, 2008). La question de recherche peut être : quel est le rôle de l'iode dans l'organisme ? et quelles sont les maladies résultat d'une carence en iode ?

La Présent étude a pour but de renforcer les connaissances sur le rôle de l'iode et les conséquences de sa carence sur la santé de l'homme.

# **Chapitre 1 : Rappels sur Les Oligoéléments**

## Chapitre1 : Rappels sur les Oligoéléments

### 1.1. Définition des Oligoéléments

Oligoéléments (en grec *Oligo*, signifie <<Peu >> ou << trace>>) ou élément trace, ce sont tous des métaux ou métalloïdes. Ces molécules indispensables à l'organisme, se trouvent en petite quantité et représentent moins de 0,01 % du poids corporel (Beausir A *et al.*,2011).

Parmi les oligoéléments on cite : le Fer (Fr), le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), le Sélénium (Se), l'iode(I), le Magnésium (Mg), le Chrome (Cr), le Cobalt (Co), le Silicium (Si), le Fluor (F), le Manganèse (Mn).

Carence en ces éléments à conduit de nombreuses conséquences sur la santé humaine et conduit des pathologies et des troubles dans l'organisme (Bannister *et al.*,1987).

### 1.2. Classification des oligoéléments

Selon le risque de carence de l'oligoéléments on peut distinguer trois types des oligoéléments comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 1** :Classification des oligoéléments selon le risque de carence(Beausir *et al.*,2011).

Type des oligoéléments	Oligoéléments
À fort risque de carence	Fe, Cu, Zn, Se, I, Cr Mo
A faible risque de carence	Mn, Si, Ni, Sn
À risque de carence quasi nul	Co, B, Br, As, Pb, Cd, Li

### 1.3. Rôle et l'importance des oligoéléments

Les oligoéléments joue un rôle très important dans nombreuses réactions biochimiques et métaboliques (BergerDutrieux N, 2001). Ils sont impliqués notamment à :

- L'oligoélément agit comme cofacteur de l'enzyme

Oligoéléments est relativement libre de l'enzyme et opère en tant qu'activateur, les deux étant reliés par une liaison « faible » et formant une « enzyme métallo-activée » ou « enzyme à activateur métallique ». C'est le cas le plus fréquemment rencontré, et qui est illustré par exemples suivants :

Le zinc est le cofacteur de la 5- $\alpha$  réductase, enzyme intervenant dans le métabolisme de la testostérone. En activant cette enzyme, il permet la conversion de la testostérone en dihydrotestostérone (Leake A *et al.*, 1984).

Le manganèse participe également à la production du cartilage articulaire : il agit comme cofacteur des glycosyltransférases, enzymes indispensables à la synthèse de certains protéoglycanes notamment l'aggrécane du cartilage (Jacquinet J et Lopin Bon C, 2017).

- Certains oligoéléments entrent dans la structure de vitamines

Quelques oligo-éléments sont intégrés dans la composition de vitamines et sont nécessaires à leur activité, ces vitamines jouant un rôle de coenzyme organique dans diverses réactions. Le cobalt en est un exemple : il est complexé au sein du noyau Corine de la vitamine B12, vitamine qui est une coenzyme intervenant dans de nombreuses réactions de transméthylation et d'isomérisation (Picaud C., 2017).

- Certains oligoéléments ont une action hormonale

Les oligoéléments agissent de deux façons au niveau hormonal.

D'une part, ils peuvent être intégrés dans la structure moléculaire de l'hormone : certains font partie intégrante de cette structure par le biais de liaisons covalentes. C'est le cas de l'iode qui entre dans la composition des hormones thyroïdiennes ; d'autres se lient à l'hormone, engendrant une modification de sa forme spatiale de façon à la rendre active et reconnaissable par son récepteur. Par exemple, le zinc intervient dans la structure tertiaire de l'insuline.

D'autre part, certains oligo-éléments peuvent avoir une action directe sur des récepteurs hormonaux et ainsi permettre ou, à l'inverse, empêcher la fixation de l'hormone sur son récepteur membranaire. C'est le cas du zinc : sa fixation dans les protéines à doigt de zinc, appelées « Zinc Finger Proteins », leur permet de prendre une structure en hélice  $\alpha$ . Parmi ces protéines, on trouve notamment le récepteur des hormones stéroïdes. En se liant à ce récepteur, le zinc va modifier sa conformation et ce changement de conformation va rendre possible la fixation des hormones stéroïdes sur ce récepteur (Picaud C., 2017).

- Certains oligoéléments participent à la défense de l'organisme

Plusieurs oligo-éléments jouent un rôle dans la défense immunitaire. Par exemple, le zinc intervient comme cofacteur dans diverses réactions enzymatiques de la fonction immunitaire. Il constitue un régulateur de l'immunité cellulaire en intervenant dans la synthèse d'interféron gamma, cytokine dont la fonction principale est l'activation des cellules NK, des macrophages et des lymphocytes T-cytotoxiques (Hoppenot I., 2015).

- Certains ont une action plastique

Certains oligo-éléments jouent un rôle structural, qui est illustré par les exemples suivants. Le silicium intervient dans les stades précoces de la minéralisation osseuse et il est nécessaire à la synthèse d'élastine, de collagène et de glycosaminoglycanes du cartilage articulaire. Ainsi, il participe à la solidité du squelette, à l'élasticité des vaisseaux et tissus et à la plasticité du cartilage. Ce rôle structural permet notamment d'expliquer le fait qu'une carence en silicium favorise la survenue de l'arthrose (Riché D., 1996). Tel que le zinc qui intervient dans la synthèse de la kératine, protéine fibrillaire retrouvée dans la peau et les phanères (Chappuis P et Favier A ,1995).

L'excès ou la carence en oligoéléments peut être induire des pathologies. L'iode est classé parmi les éléments trace a un risque de carence, car il est important dans fonctionnement de la glande thyroïdienne.

# **Chapitre2 :**

## **Généralité sur L'iode**

## Chapitre 2 : Généralité sur l'iode

### 2.1. L'iode

L'iode est un oligo-élément présent en infime quantité dans l'organisme humain (10 à 20 milligrammes) (figure 01), qui joue un rôle essentiel au niveau de la glande thyroïde pour la synthèse des hormones thyroïdiennes (Rouabah *et al.*, 2018).



**Figure 1** : Grains d'iode I<sub>2</sub> (Rouabah *et al.*, 2018).

### 2.2. Principales réserves d'iode dans la terre

Les océans sont les principales réserves de l'iode dans la terre qui contiennent l'iode sous forme d'iodure et d'iodate (45 à 60  $\mu\text{g}$ /litre d'eau). L'iode terrestre (68%) existe dans les sédiments marins, mais il existe l'iode volatil dans l'atmosphère (CH<sub>3</sub>I et CH<sub>2</sub>I) qui apparait après la photosynthèse marine (Verhaeghe, 2007). L'iode est précipité avec les pluies qui est incorporé dans l'eau douce, le sol et les végétaux. Ces derniers représentent une source d'I<sub>2</sub> importante pour l'organisme humain.

### 2.3. Sources d'iode

L'apport de l'iode chez l'être humain est par l'alimentation (wolff, 2001) sous forme l'ions iodures (poissons marins, crustacés, œufs, laitages, céréales). Toutefois, la teneur des aliments en iode peut changer selon les saisons et les régions (*Broussole et Orgiazzi,1990*). Le tableau ci-dessous donne la quantité d'iode de quelque aliment deconsommation courante.

**Tableau 2** : la quantité d'iode des quelques produits de consommation courante en µg / kg de poids frais (*Broussole et Orgiazzi,1990*).

Aliments	Teneur en iode (µg /1Kg) de poids frais.
Saumon	341
Sardine	284
Beurre	56
Fromage	51
Lait de vache	35
Pomme de terre	45
Pommes	16
Carottes	38
Pain	58
Riz	22

### 2.4. Métabolisme de l'iode dans l'organisme humain

L'iode est existé dans les aliments essentiellement sous forme d'anion inorganique c'est-à-dire sous forme iodure rapidement absorbée au niveau de l'estomac et de l'intestin grêle (90 %). Après sa capture par les entérocytes ou les cellules stomacales, l'anion passe dans la circulation systémique et rejoint le pool plasmatique d'iodures via une liaison réversible à des protéines plasmatiques. L'iode plasmatique a deux grands devenir : il peut être capté par la thyroïde (1/3) puis incorporé dans une molécule, la thyroglobuline, pour former les hormones thyroïdiennes T3 et T4 qui libérées dans la circulation sanguine ou peut être éliminé par voie rénale (2/3) c'estl'iode éliminé est qui n'est pas incorporé quitte la glande, ces deux mécanismes étant compétitifs (*Caron.phet al.,2006*).

### **2.5. Besoins en Iode**

Selon les recommandonsde l'UNICEF, ICCIDD et l'OMS, les besoins journaliers en iode sont variables selon l'âge, le sexe et l'état physiologique : ils sont de 90µg pour le Nouveau-né, nourrisson, enfant en âge préscolaire (0 à 5ans), de 120 µg à 150 µg pour les enfants (6 à 12 ans) et les adultes (>12 ans) et250 µg en particulier pour les femmes enceintes et allaitantes (OMS, 2007).

### **2.6. Rôle et importance de l'iode**

Le rôle principal d'iode est synthèse de deux hormones de la gland thyroïde T<sub>3</sub>et T<sub>4</sub>, ces deux hormones circulent dans la circulation sanguine pour atteindre les cellules de l'organisme (tissus). L'importance de ces hormones se résume dans (Benhaberou-Brun. D., 2014) :

- La régulation de l'activité métabolique des cellules,
- La croissance et la différenciation cellulaire,
- Joue un rôle et module la consommation en oxygène ou encore la température.

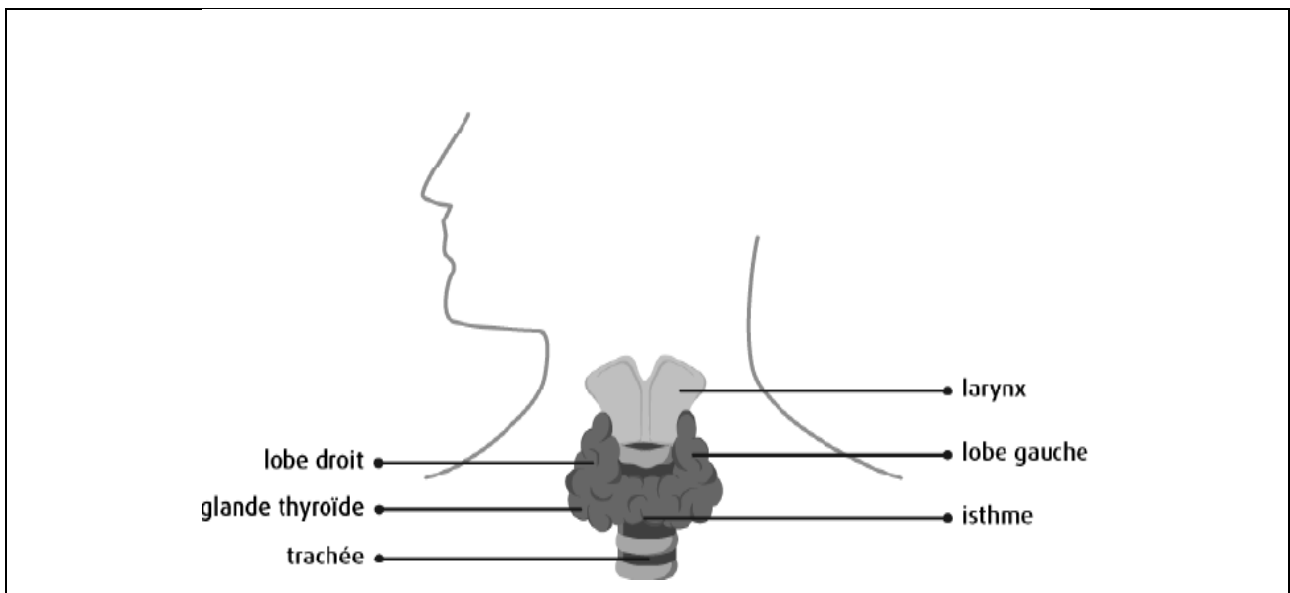
# **Chapitre3 :**

## **La thyroïde**

## Chapitre 3 : Thyroïde

### 3.1. Anatomie et Histologie

La glande thyroïde (du grec *thyroïde* c'est –à-dire sous forme de bouclier) est une glande endocrine sous forme d'un H ou d'un papillon. Son poids est d'environ 20 à 30 g, le volume de la glande dépend des variations individuelles liées au morphotype, à l'âge, au sexe et à la charge en iode. Elle est constituée de deux lobes séparés par un isthme (figure2) et produit les hormones thyroïdiennes 3,5,3 -tri-iodo-L-thyronine (T<sub>3</sub>) et 3,5,3',5'-tetra-iodo-thyronine ou thyroxine (T<sub>4</sub>) qui régulent le métabolisme systémique. La thyroïde est la seule glande capable de stocker sa production hormonale sous forme de précurseurs (Derouiche. Afet *al.*,2005).

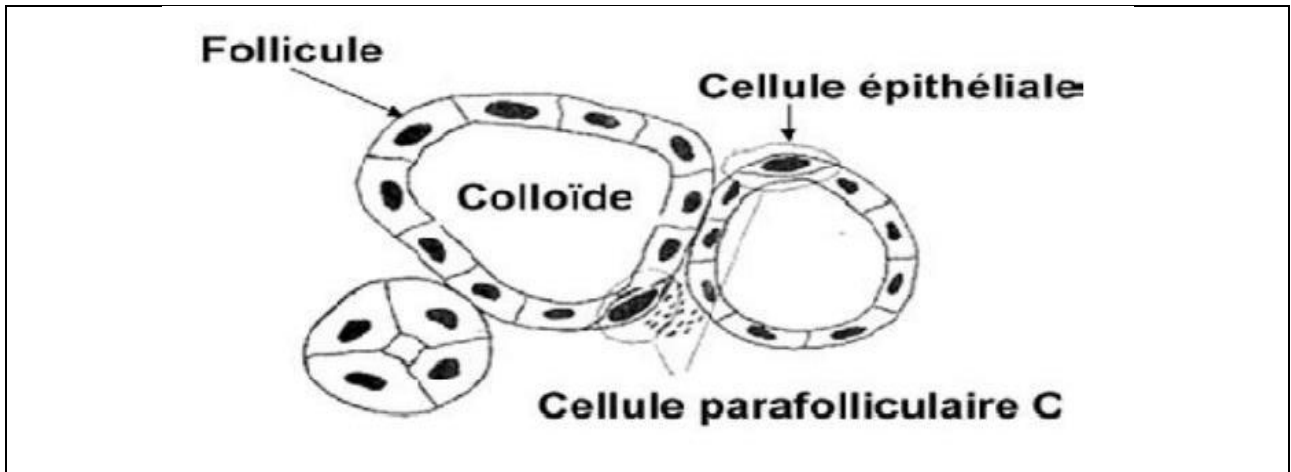


**Figure 2 :** Structure de la thyroïde (Martini *et al.*, 2009).

La glande thyroïdienne est organisée d'un réseau de follicules qui entouré par une membrane basale. Les follicules sont sous formes sphéroïdal et composés d'épithélium simple de cellules folliculaires monocouche est appelé thyrocytes entourés par une cavité contenant un colloïde. Les thyrocytes sont des cellules bipolaires pole basal orienté vers la circulation

Sanguine pour le transport des ions d'iodures ( $I^-$ ) du sang vers la cellule thyrocyte et d'un pôle apical orienté vers le colloïde.

La glande thyroïde comporte par ailleurs d'autres cellules parafolliculaires appelées cellules C (figure 3). Ces dernières sont moins abondantes et plus grandes par rapport aux cellules folliculaires et responsables de la synthèse de la calcitonine, qui joue un rôle dans le métabolisme de calcium, et se situent dans l'espace interfolliculaire (Maha Hichri,2018).

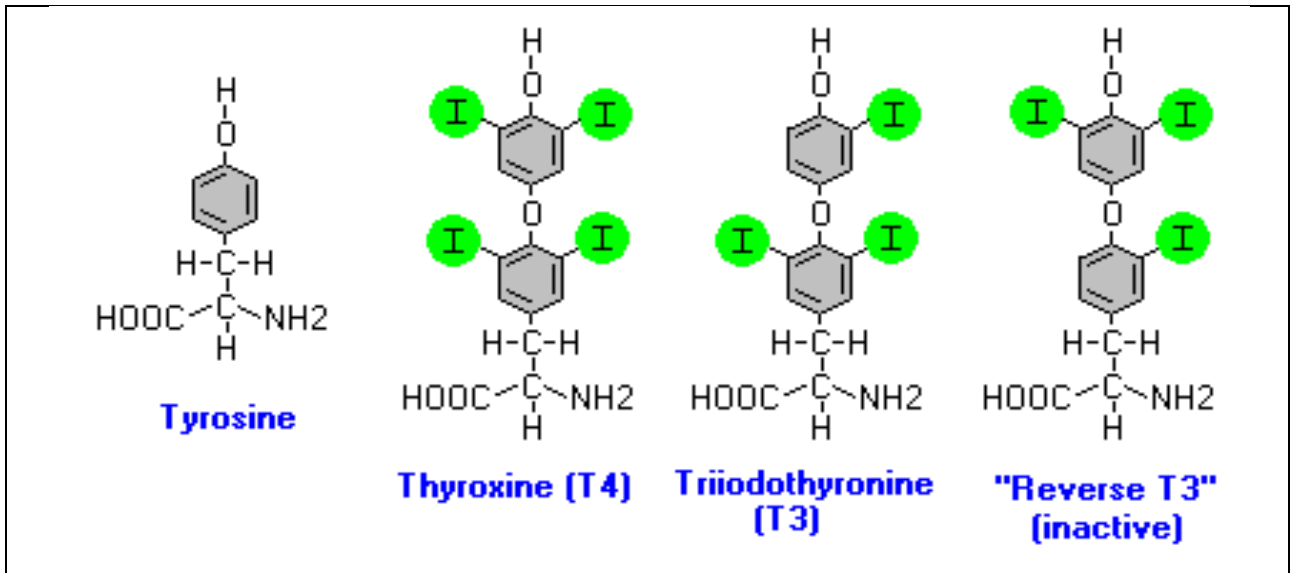


**Figure 3 :** Représentation d'une coupe transversale du follicule thyroïdienne (*Massart et Corbineau, 2006*).

## 3.2. Hormones thyroïdiennes

### 3.2.1. Structure des hormones thyroïdiennes

Les hormones thyroïdiennes ont la même structure organique, composées par deux noyaux aromatiques reliés par un pont éther. Les hormones se varient entre elles par le nombre et la position variables des atomes d'iode qu'elles portent comme cité dans la figure 4 (Perez – Martin ,2007).



**Figure 4** : Structure des hormones thyroïdiennes (Perez-Martin, 2007)

### 3.2.2. Biosynthèses des hormones thyroïdiennes

L'iode est essentiel à la synthèse des hormones thyroïdiennes, la triiodothyronine (T<sub>3</sub>) et la thyroxine (T<sub>4</sub>), ces hormones sont produites et sécrétées par la glande thyroïde. Il apporté par l'alimentation et absorbé sous forme iodure par l'intestin puis transporté par la circulation sanguine et enfin capté par la glande thyroïde(Tubiana et Schlumberger,1997).

Les étapes de la synthèse des hormones thyroïdiennes sont résumées dans la figure 5(Perez-Martin ,2007).

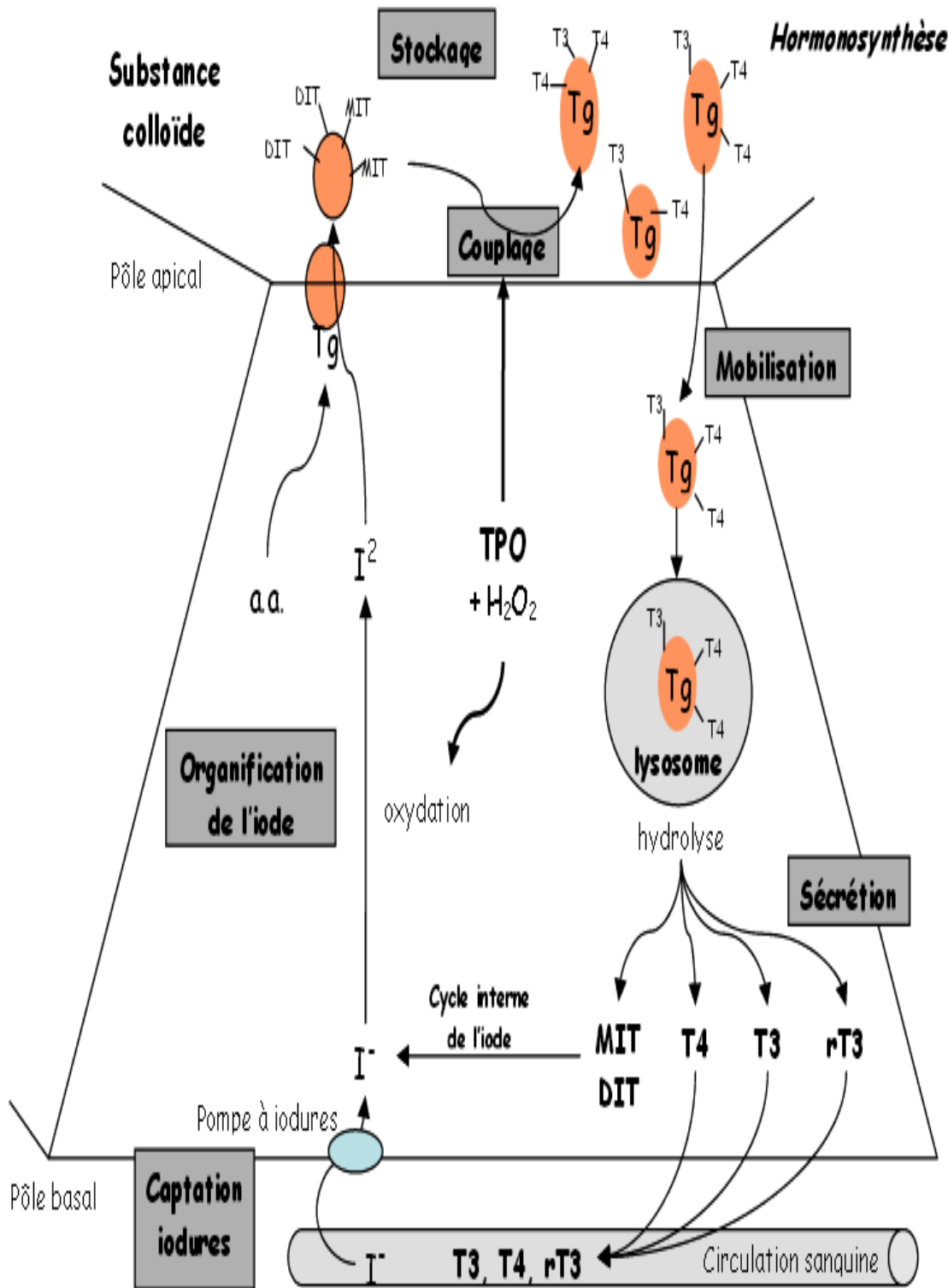


Figure 5 :Etapes de la synthèse des hormones thyroïdiennes (Perez-Martin ,2007).

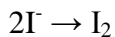
### 3.2.2.1. Capture d'iodures circulants

La première étape est la capture de l'iodure circulant dans le sang par les thyrocytes. L'iode est transporté vers la membrane plasmique basolatérale des thyrocytes son entrée se fait par une protéine membranaire, le symporteur  $\text{Na}^+ / \text{I}^-$  ou NIS (Dai *et al.*, 1996). Ce symporteur fonctionne contre un gradient de concentration électrochimique et requiert de l'énergie (ATP), et permet à l'entrée d'un ion de l'iodure et la sortie de deux cations de sodium  $\text{Na}^+$  du thyrocyte. Les  $\text{Na}^+$  retournent ensuite dans le milieu intracellulaire grâce à une pompe  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  (entrée d'un ion de  $\text{Na}^+$  et sortie d'un ion de  $\text{K}^+$ ).

Les mécanismes d'entrée des  $\text{I}^-$  dans la cellule thyrocyte est stimulé par la TSH. (Ambert, 2011)

### 3.2.2.2. Oxydation de l'iode

Cette étape nécessite la présence d'une enzyme spécifique liée à la membrane apicale appelée thyroperoxydase (TPO). La réaction est catalysée par la TPO, qui permet l'oxydation de l'iodure ( $\text{I}^-$ ) (iode minéral) en un iode organique ( $\text{I}_2$ ) transporté ensuite dans la lumière folliculaire, (Hennen, 2001).



La TPO est stimulée par la TSH et la réaction se fait en présence de peroxyde d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (Gaillard, 2000).

### 3.2.2.3. Organification de l'iode

Organification correspond à la liaison d'iode oxydé aux résidus tyrosyl de la thyroglobuline (Tg). La thyroglobuline est une glycoprotéine spécifique de la glande thyroïde, et représente environ 95% du colloïde. Elle est produite par les thyrocytes et est excrétée dans la lumière folliculaire pour être stockée.

La fixation d'un atome d'iode sur un résidu tyrosine aboutit à la formation de mono-3-iodotyrosine (MIT). La fixation d'un second atome d'iode sur le MIT conduit à la formation de di-3,5-iodotyrosine (DIT), (Hennen, 2001).

### 3.2.2.4. Couplage des radicaux iodotyrosine

Au niveau le colloïde, au sein de la thyroglobuline et sous l'action de le TPO est intervient aussi dans le couplage du MIT avec le DIT donne la 3-5-3'-triiodtyronine ( $T_3$ ). Par contre le couplage DIT avec DIT pour donne la 3-5-3'-5'-tétraïodothyronine ou thyroxine ( $T_4$ ) (Perez-Martin,2007).

### 3.2.2.5. Le stockage et libération des hormones thyroïdiennes

La thyroglobuline porteuse d'hormones thyroïdiennes est stockée dans la cavité colloïde. La récupération se fait par pinocytose. La sécrétion des hormones dans les capillaires sanguins par exocytose se fait en fonction des besoins de l'organisme (Ambert,2011)

### 3.2.2.6. Distribution et métabolisme des hormones thyroïdiennes

Les hormones thyroïdiennes sont hydrophobes et nécessite d'être fixées à des protéines de transport. On distingue deux types de transporteurs (tableau 3).

**Tableau3 :** Types de transporteur des hormones thyroïdiennes (Hennen, 2001)

Types	Noms de transporteur	Pourcentage
Non spécifiques	Albumine	Petite partie
Spécifiques	-Thyroxin Binding Globulin (TBG) -Thyroxin Binding Pre-Albumin (TBPA)	Environ 60 à 75%

### 3.2.2.7. Désiodation des hormones thyroïdiennes

Pour obtenir l'hormone  $T_3$ (soit  $T_3$  biologiquement active ou  $T_3$  reverse inactive) nécessite la réaction de désiodation du  $T_4$  qui se fait au niveau périphérique. La désiodation se fait par plusieurs types de sélénoenzymes

A) la 5' désiodase qui permet la transfère de  $T_4$  en  $T_3$  active. Il existée également plusieurs types de cette enzyme :

- La 5' désiodase de type 1 est présente dans le foie, le rein, la thyroïde et de nombreux autres tissus périphériques.

- La 5' désiodase de type 2 est présente dans le système nerveux central, l'hypophyse et la thyroïde. Son activité est majorée en cas d'hypothyroïdie de façon à couvrir les besoins du système nerveux central en hormones actives.

**B)** la 5 désiodase transforme la T4 en T3 reverse, inactive (Perez-Martin,2007).

L'action des désiodases permet la libération d'iodure endogène qui intégrera un nouveau cycle hormonal au sein du thyrocyte(Lacroix *et al.*,2004).

### **3.3. Régulation de la synthèse et de la sécrétion des hormones thyroïdiennes**

L'activité de la glande thyroïdienne (figure 6) est régulée essentiellement par la TSH qui joue un rôle dans la captation de l'iode et stimule la production de hormones thyroïdiennes. Elle agit aussi dans la croissance et le développement des thyrocytes (Schlumberger,2010).

La TSH est une glycoprotéine sécrétée par l'hypophyse, et sa sécrétion est elle-même stimulée parue neurohormone de trois acides aminés, la TRH sécrétée par l'hypothalamus. La plus importante des régulations du système hypothalamo-hypophysaire est le rétrocontrôle négatif exercé par les hormones thyroïdiennes T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> sur la sécrétion de TRH par l'hypothalamus et de TSH par l'hypophyse (figure 6)

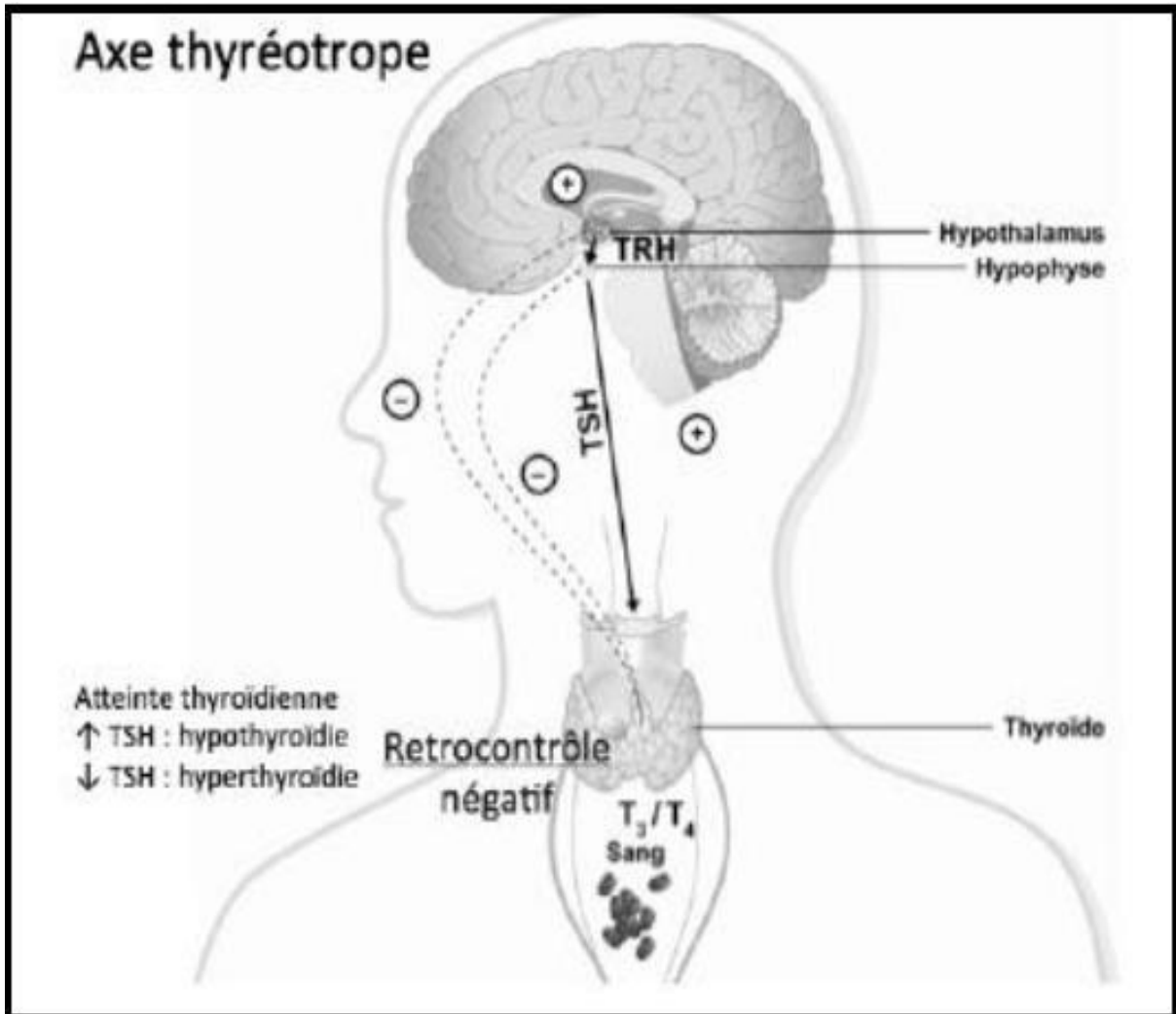


Figure 6 : Régulation de la fonction thyroïdienne (Gaborit,2014)

## **Chapitre 4 :**

# **Les pathologies liées à une carence en iode**

## Chapitre 4 : Pathologies liées à une carence en iode

### 4.1. Définition de la trouble due à une carence en iode

Le terme de « TDCI » ou « IDD » signifie tous les effets ou anomalies apparaissant la carence en iode (Mannar et Dunn, 1995). La carence en iode est à l'origine de 96 % des cas de goitre endémique chez l'homme (Van Etten,1969).

En 2007, l'OMS et l'Unicef estiment qu'environ 1,5 milliard de personnes vivent dans les régions pauvres en iode et sont donc exposées à ce risque et 200 millions personnes présentent de goitre, aussi 665 millions d'individus au moins dans 118 pays souffrent de troubles dus à la carence en iode (Andersson et *al.*, 2010).

### 4.2. Types de carence en iode

On distingue deux types de carence en iode : la carence primaire et la carence secondaire.

**4.2.1. Carence primaire** c'est une absence totale de l'iode qui existe dans les apports en iode (aliments ; l'eau et dans le sol), ce type de carence exprimé comme la cause principale d'apparition de goitre qui est apparait par absence de l'iode dans les aliments. La carence en iode est fréquente beaucoup plus dans les aliments (Payne,1989).

- Les régions qui ont subi les dernières glaciations.
- Les régions plus éloignées de la mer et des côtes océaniques.
- des régions non montagneuses ou au niveau de la mer si le sol est lessivé et peu apte à retenir l'iode.

**4.2.2. Carence secondaire** c'est une absence relative donc due à l'incapacité d'utiliser l'iode présent dans les aliments et de le stocker. Ce type est le résultat de la présence soit de facteurs goitrigènes (antithyroïdiens) soit de maladies thyroïdiennes (souvent génétique).

Les goitrigènes sont des substances qui contrarient le métabolisme de l'iode et augmentent les risques de carence. Ils sont présents dans les aliments comme les légumes de la famille des crucifères (choux divers, brocoli, radis ... etc.) et qui contiennent des thiocyanates, qui accélèrent l'excrétion de l'iode dans les voies urinaires (*Vanderpas,2006*).

### 4.3. Maladies liées à une carence en iode

La manque de micronutriments qui agissent en petites doses et qui ne sont pas synthésés par l'organisme ou synthétisés en faibles quantités engendre le développement de plusieurs pathologies dont les maladies dues à une carence d'iode.

La thyroïde est la source unique des hormones thyroïdiennes (HT), la thyroxine (T<sub>4</sub>) et la 3,5,3'- triiodothyronine(T<sub>3</sub>). Un manque d'iode dans l'apport alimentaire peut se manifester par la genèse du goitre. Celui-ci se traduit par une hypothyroïdie, et l'apparition de crétinisme, une hypersécrétion de l'hormone hypophysaire TSH, un effondrement de la synthèse des HT (T<sub>4</sub> et T<sub>3</sub>) et une hypertrophie de la glande. (Derouiche. *Af et al.*, 2005)

#### 4.3.1. Goitre ou hypertrophie thyroïdienne

Le goitre est l'augmentation du volume de la glande thyroïde (hypertrophie). Le goitre endémique existe dans les régions de carence en iode, et peut être provoqué ou aggravé par la consommation fréquente d'aliments goitrigènes.

La carence en iode provoque un déficit de production d'hormones thyroïdiennes malgré une élévation de la sécrétion hypophysaire de TSH. La glande thyroïde compense cette déficience par augmentation de volume(goitre) (Wemeau,2010).

L'OMS (organisation mondiale de la santé) a publié une classification internationale des goitres avec les différents stades (tableau 4).

**Tableau 4** : Classification des différents stades de goitre établi par L'OMS (OMS, 1994)

Stades	Description
0	Pas de goiter
1. a	Lobe de la thyroïde de volume supérieur à la phalange distale du pouce du sujet examiné mais non visible, quand la tête est en extension
1. b	Thyroïde nettement palpable et visible, lorsque la tête est en extension
2	Thyroïde nettement visible, lorsque la tête est en position normale
3	Thyroïde volumineuse, visible à distance au-delà de 5 m

Selon une étude épidémiologique, le pourcentage de fréquence goitres thyroïdiens bénins colligés entre l'année 2001 et 2007 est 92,3% de l'ensemble de la pathologie thyroïdienne, la plupart de

patients sont réparaît entre 31et 50ans et les femmes sont beaucoup plus touchées que les hommes(Oumnia., 2008).

### 4.3.2. Hypothyroïdie

#### 4.3.2.1 l'hypothyroïdie

L'hypothyroïdie est le résultat d'une faible production d'hormones par la thyroïde. L'hypophyse réagit au manque d'hormones thyroïdiennes (T3 et T4) en sécrétant davantage de TSH qui va stimuler la thyroïde pour produire plus d'hormones. Dans la plupart de temps, cette maladie touche les femmes ayant plus de 50 ans (Benhaberou-Brun., 2014).

#### 4.3.2.2. Symptômes de l'hypothyroïdie

Les symptômes de l'hypothyroïdie sont divisés en trois catégories comme cité dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 05** : Catégories d'hypothyroïdie avec les symptômes (Benhaberou-Brun., 2014)

Catégories	Symptômes
<b>Généraux</b>	Ongles cassants, peau sèche, démangeaisons, gain de poids, chute de cheveux dépression, pensées incessantes et rapides crampes musculaires, douleurs articulaires, l'instabilité de l'humeur, l'irritabilité, constipation
<b>Métaboliques</b>	Fatigue, somnolence, frilosité et intolérance au froid, sudation diminuée
<b>Endocriniens</b>	Infertilité (féminine), règles irrégulières et galactorrhée

### 4.3.3. Le crétinisme

#### 4.3.3.1. Crétinisme

Est une déficience irréversible du développement mentale et troubles physique, généralement causé par carence en iode ou plus rarement par facteurs génétique (Awa Doumbia, S., 2007).

#### 4.3.3.2. Types de crétinisme

On distingue deux types de crétinisme sont :

- Crétinisme goitreux endémique causé par la carence en iode
- Crétinisme infantile congénital causé par absence de la glande thyroïde ou par trouble génétique de la production de hormones thyroïdiennes (hypothyroïdie congénitale) (Awa Doumbia, S., 2007).

#### **4.3.3.3. Formes de crétinismes :**

Les principales formes de crétinisme sont (Awa Doumbia, S., 2007)

- Le crétinisme neurologique

Est plus fréquent en ASIE, il est caractérisé par les symptômes suivants : le retard mental associé à des infirmités motrices ou sensorielles comme les troubles du langage avec aphasie. Ces formes sont plus courantes dans les endémies goitreuses sévères. Le diagnostic est très difficile

- Le crétinisme myxœdémateux

Il est caractérisé par un taux bas de  $T_3$  et  $T_4$  et un taux de TSH très élevés, la fixation d'iode plus basse. Et associe l'arriération mentale au nanisme et hypotonie musculaire, lenteur d'idéation et des mouvements, peau sèche, phanères cassants, ventre ballonné, bouche baveuse ensemencement nasale prolongée, hypothermie, une frilosité. Ces formes sont généralement indemnes de goitre.

# *Conclusion*

## Conclusion

Les éléments traces ou oligoéléments sont des métalloïdes présents dans les organismes humains en petite quantité et appartiennent à la classification périodique des éléments. Leurs rôles spécifiques sont multiples car ils interviennent au niveau chimique, physique et informationnel. Une carence ou un excès en Oligo-éléments peuvent induire des états pathologiques.

La thyroïde est l'une des glandes du système endocrinien qui synthétise et largue dans la Circulation sanguine des hormones thyroïdiennes qui ont un rôle dans le métabolisme basal. Nombreux oligoéléments sont nécessaires au bon fonctionnement de la thyroïde tel que le sélénium, le zinc et l'iode.

L'iode est élément nécessaire à la synthèse d'hormones thyroïdiennes. Les besoins d'organisme en cet oligoélément varient en fonction de l'âge et de l'état physiologique de la personne.

Parmi les conséquences de la carence en iode, la manifestation des maladies comme la plus classique est le goitre et l'hypothyroïdie et crétinisme. Ces troubles constituent un vrai problème de santé publique

Les causes de carence peuvent être due soit à un déficit en iode dans les aliments soit à la présence d'éléments goitrigènes qui bloque l'assimilation de cet oligoélément.

*Références*

*Bibliographiques*

## Références bibliographiques

1. **Ambert, E., (2011)**. Thèse de Soutenue publiquement A la Faculté de pharmacie Den Grenoble.
2. **Andersson, M., Benoist, B., Rogers, L., (2010)**. Epidemiology of iodine deficiency: saltiodisation and iodine status. *Best Practices and Research Clinical Endocrinology and Metabolism*, 24(1), 1-11.
3. **Awa Doumbia, S., (2007)**. Etudes connaissances , attitudes et pratiques du personnel socio sanitaire et de la population generale face aux troubles dus a la carence en iode ( TDCI ). 117 pages .These de docteur , Médecine , faculté des médecine , de pharmacie et d'odonto – stomatologie , université de Bamako , Mali .
4. **Bannister , J.V., Bannister, W.H., Rotilio, G., (1987)**.Aspects of the structure function And applications of superoxide dismutase .*CRC Crit .Rev.Biochem.*22(2),111-180.
5. **Beausir, A., Kim, I., Séguy, D., Michaud, L., Lannoy, D., (2011)**. Les micronitriments en nutrition parentérale. *Le Moniteur Hospitalier*, 238: 15- 28.
6. **Benhaberou-Brun, Dalila., (2014)**. Hypothyroïde. vol. 11. n° 3.
7. **Berger-Dutrieux, N., (2001)**. La thyroïde, 2ème édition, Edition scientifique et médicale Elsevier SAS, pages, p.11.
8. **Broussole, C., Orgiazzi, J., (1990)**. Les syndromes de la carence iodée.Cahier de Nutrition et de Diététique, 25(5) :321-324.
9. **Caron, ph., Glinoe, D., Lecomte, P., Orgiazzi, J., Wémeau, L., (2006)**. Apport iodé en France :prévention de la carence iodée au cours de la grossesse et l'allaitement . *Ann .Endocrinol .*, 2006 ; 67, 4 : 281-286 .
10. **Chappuis, P., Favier, A., (1995)**. Les oligoéléments en nutrition et en thérapeutique. Lavoisier Tec & Doc, 1995.
11. **Dai, G., Levy, O., Carrasco, N., (1996)**. Cloning and characterization of the thyroidiodide transporter. *Nature*; 379: 458–60. 90.
12. **Derouiche, Af., Cherki1, M., Drissi1, A., Benouhoud, M., Chater, R., El Messal, M., Kettani, A., Saile, R., Chraibi, A., Adlouni1, A., (2005)**.Hormones thyroïdiennes et bilan lipidique de deux populations du sud marocain consommatrices de l'huile d'argan et du sel non iodé.2004 .vol. 5, n° 1,.

13. **Gaborit, B., (2014).** Hormono production R9 : P12.
14. **Gaillard, O., (2000).** La thyroglobuline Immuno-analyse et Biologie Spécialisée. Volume 15, Issue 1, Pages 14-18.
15. **Hennen, G., (2001).** La Glande Thyroïde. In :Endocrinologie. Edited by Hennen G. De Boeck Université, Paris, 229-276.
16. **Hoppenot, I., (2015).** Le rôle des oligo-éléments dans la défense immunitaire, Le Quotidien du médecin. [En ligne]. Disponible sur : [https://www.lequotidiendumedecin.fr/fiche-pratique/2015/07/14/le-role-des-oligo-elements-dans-la-defense-immunitaire-\\_765171](https://www.lequotidiendumedecin.fr/fiche-pratique/2015/07/14/le-role-des-oligo-elements-dans-la-defense-immunitaire-_765171). [Consulté le : 24-juill-2017].
17. **Jacquinet, J.C., Lopin-Bon, C., (2017).** Glycochimie et protéoglycanes. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.icoa.fr/fr/lopin>. [Consulté le : 24-juill-2017].
18. **Lacroix, L., Pourcher, T., Magnon, C., Bellon, N., Talbot, M., Intaraphairot, T., (2004).** Expression of The Apical Iodide Transporter In Human Thyroid Tissues: A Comparison Study With Other Iodide Transporters. Journal of Clinical Endocrinology Metabolism, 89:1.
19. **Leake, A., Chisholm, G. D., Habib, F. K., (1984).** The effect of zinc on the 5 alpha-reduction of testosterone by the hyperplastic human prostate gland, J. Steroid Biochem., vol. 20, n° 2, févr. 1984..
20. **Maha Hichri, (2018).** Etude omique de la régulation de la thyroïde par l'iode et du rôle de slc5a8 dans la thyroïde 236 pages .thèse de doctorat, sciences de la vie et de la santé, faculté des sciences de la vie et de la santé, université Cote d'Azur.
21. **Mannar, M.G., Dunn, J.T., (1995).** Iodation du sel pour l'élimination de la Carence en iode. ICCIDD/IM/UNICEF/OMS.
22. **Martini, F.H., Timmons, M. J., Tallitsch, R.B., (2009).** Human anatomy. 6 ème édition. San Francisco: Pearson Benjamin cummings.
23. **Massart, C., Corbineau, E., (2006).** Immuno-analyse & Biologie spécialisée, 21 :138–143.
24. **Organisation mondiale de la Santé (OMS), (1994).** Indicateurs d'évaluation des troubles de l'insuffisance de l'iode et de leur contrôle par l'iodation de sel. Genève: publication de l'OMS. WHO / NUT / 94.6. 1-55 p.
25. **Organisation mondiale de la Santé (OMS), (2007).** Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: Geneva: WHO.

26. **OumniaMouhibAllah., ( 2008).** Le goiterthyroïdien et les lésions dystrophiques de la thyroïde 130 pages . Thèse du doctorat , médecine , faculté de médecine et pharmacie , université Cadi Ayyad , Marrakech , Maroc .
27. **Payne, J.M., (1989).** Metabolic and nutritional diseases of cattle. Oxford : Blackwell Scientific Publications, 149p.
28. **Perez-Martin, A., (2007).** Physiologie De La Glande Thyroïde. Faculté De Médecine Montpellier-Nîmes.
29. **Picaud, C., (2017).** Oligo-Éléments : Excès, Carences Et Conseil Officiel. 145 pages. Thèse d'Etat de docteur , pharmacie , Faculté de Pharmacie, Université de Limoges , Paris, France.
30. **Riché, D., (1996).** Pratique sportive et oligoéléments: conséquences nutritionnelles, Sci. Sports, vol. 11, n° 4, janv. 1996..
31. **Rouabah, W., Tahri, A., Hazourli, A., (2018).** Analyse de la teneur en iode dans le sel de table consommé dans quelques villes de l'Est Algérien, mémoire Master en chimie Option: Chimie des matériaux, 76 p.
32. **Schlumberger, M., (2010).** Le Cancer De La Thyroïde. Conférences récentes entre médecins spécialistes de la thyroïde.
33. **Tubiana, M., Schlumberger, M., (1997).** Toxiques nucléaires (P. Gale and R. Paulin, Eds.) pp. 59-82. Masson, Paris.
34. **Vanderpas J., (2006).** Nutritional epidemiology and thyroid hormone metabolism. Annual review of nutrition, 26: 293-322.
35. **VanEtten, C.H., (1969).** Goitrogens. In Liener: Toxic constituents of Plant Foodstuffs. Academic Press, San Diego, pp 108-31.
36. **Verhaeghe, E., (2007).** Etude des mécanismes d'accumulation de l'iode chez l'algue brune *Laminaria digitata* et chez les mammifères. Thèse de doctorat, université de Paris-Sud XI : 317p.
37. **Weetman, A.P., (2000).** Graves Disease. N Eng J Med, 343:1236-48.
38. **Wolff, J., (2001).** La thyroïde, 2ème édition, Edition scientifique et médicale Elsevier SAS, pages, P.15.