

Ministère de l'Éducation Nationale

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple- Un But- Une Foi



Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako

Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie

Année universitaire 2018 – 2019

N°

TITRE

Prévalence des troubles dus à la carence en iode chez les
élèves du premier cycle du Groupe scolaire du Point G
dans le District de Bamako

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le 11 / 01 / 2019 devant
La Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie (FMOS)

Par :

NGUELAMIE PIENVEU ARTIAL DOLVIS

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine (Diplôme d'État)

JURY

Président : Professeur KAYA Assétou SOUKHO
Membre : Docteur Ousmane KONE
Codirecteur de thèse : Docteur Mamadou CISSOKO
Directeur de thèse : Professeur Abdel Kader TRAORE

DÉDICACES

DÉDICACES

À ma chère mère

Pour l'affection, la tendresse et l'amour dont tu m'as toujours entouré, pour le sacrifice et le dévouement dont tu as toujours fait preuve, pour l'encouragement sans limites que tu ne cesses de manifester. Aucun mot, aucune phrase ne peut exprimer mes sentiments profonds d'amour, de respect et de reconnaissance. Que ce modeste travail soit un début de mes récompenses envers toi. Puisse l'Éternel te donner bonne santé et longue vie...

À mon cher père

Nous ne sommes pas certes les plus complices du Monde ni les plus expressifs d'ailleurs, mais je sais tout l'amour que tu me portes. Je suis chanceux de t'avoir, car grâce à toi j'ai appris les vertus du travail acharné et bien fait, l'honnêteté et l'humilité qui ont forgé l'homme que je suis aujourd'hui. Ma prière est que le Très haut te garde longtemps afin que tu puisses voir le fruit de tes sacrifices et j'estime avoir encore à apprendre de toi.

À mon grand-père paternel feu PIENVEU

J'aurais voulu te connaître mon homonyme, mais hélas ce n'était pas la volonté de l'Éternel qui je ne doute point fais toutes choses bien pour ceux qui le craignent.

À mes grands-parents NOUNÉ Martin, NGOPÉ Marie, Tchambou Monique

Vous êtes une source d'inspiration pour moi et sachez que j'ai connaissance de vos attentes que je m'attèlerai à combler les unes après les autres. Ne cessez jamais de me porter dans vos prières et de me proférer des bénédictions.

À la famille COULIBALY

Grâce à vous j'ai pu venir et m'adapter au Mali, mais encore plus j'ai pu devenir le médecin que je suis aujourd'hui. C'est avec beaucoup d'humilité et de respect que je vous dédie ce travail. Mes sincères remerciements.

À mon petit frère Aldwin, et à mes petites sœurs Ariane et Ange

Je n'ai pas toujours été présent je le sais et je vous prie de m'excuser, mais en guise d'excuse recevez ce travail laborieux que je vous dédie. Je vous promets d'être toujours un grand frère exemplaire et de vous accompagner dans chacune de vos entreprises mûrement réfléchies.

À mon feu petit frère Borel

Nous n'avons malheureusement pas eu le temps de nous faire des souvenirs, car tu es beaucoup trop vite parti. Tu es et seras toujours dans mon cœur. Tu me manques.

À ma Tante NGAMENI Nadie NOUNÉ

A coté des parents qui éduquent il y a toujours une grande sœur qui participe. Merci pour tout. Tu as été une motivation dans le sens où j'ai toujours cherché à te dépasser notamment sur le plan scolaire. Nul être toi je n'aurais pas eu ce niveau acceptable. Merci pour ton soutien et tes encouragements tout au long de cette année de thèse qui je l'avoue est dure mentalement parlant. Je prie Dieu afin qu'il accorde à ton foyer l'amour, la paix, la santé, la richesse et la protection divine.

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Au Seigneur

Eternel, je ne cesserai jamais de te rendre grâce et te rendre gloire, car tu m'es toujours resté fidèle et tu m'as toujours comblé de tes grâces malgré mes multiples égarements. Merci pour la santé de fer que tu m'as donné depuis ma naissance et particulièrement pendant l'élaboration de ce travail. Je te prie afin que jamais ta volonté ne cesse de s'accomplir dans ma vie et celle de mes proches.

Au Professeur Abdel Kader TRAORE

Les mots me manquent presque tellement vous n'avez ménagé aucun effort pour que ce travail soit bien fait, et ceci malgré vos multiples occupations, mais en cours plus votre état de santé. Je garderai de vous, votre disponibilité et votre souci du détail. Seul Dieu est à même de vous rendre ce dont vous m'avez apporté tout au long de cette année. Merci Professeur.

Aux rageux (Fabrice, Jacques, Gaëlle, Estelle, Jaurel, Stella, Périale, Tatiana, Dior, Aymerich, Dénise, Jaures, Vannel, Arthur, Émilie, Darius, Loïc, Irving, Kacé et Rolland)

Plus que des amis vous êtes une famille où j'ai trouvé des personnes aussi folles les unes que les autres. Nos moments de fou rire feront certainement partie des choses qui me manqueront, mais je puis vous assurer des plus mémorables aussi. À vos côtés, j'ai pu réellement apprendre ce qu'est la solidarité et les fruits de la bonne humeur. Merci pour tout.

À Maurine KENNE

Verni j'ai été de te faire ta connaissance. Une amie, une complice, une confidente, une sœur et pour finir une âme sœur tu l'as été, tu l'es et j'espère le sera. Je garderai en mémoire tous les bons et mauvais moments que nous avons vécus, car de là est née la relation que nous entretenons aujourd'hui et qui je l'espère durera pour toujours. À tes côtés j'ai appris tant de choses parmi lesquelles la prière qui est sans doute la meilleure de toutes. Merci de m'avoir supporté, car j'avoue n'avoir toujours pas été facile à vivre. Nous avons pris des décisions qui je l'avoue n'ont pas été des plus faciles, mais le plus important était qu'on les assume (chose faite) et que nous soyons en paix avec notre père. Tu connais la place que tu occupes dans mon cœur. Puisse l'Éternel continuer de te protéger, te guider et te combler de ses grâces telle la prunelle de ses yeux.

Au Docteur Jules-Verlaine NKAMEN

Un frère d'une autre mère, mon homme de main, mon jumeau pour certains. Frérot je te dis merci pour notre complémentarité, qui si Dieu le veut ne s'achèvera pas de sitôt. Tu t'es toujours montré prêt à me venir en aide sans rien attendre de retour. Je prie l'Éternel de nous prêter longue vie afin qu'on soit toujours là l'un pour l'autre. Merci NZUIMANTO.

Au Docteur Jacques KAMGA

Merci cher maître pour toute l'attention portée sur ce document, qui je puis le dire sans trembler est aussi le tien. Merci pour les conseils et les connaissances reçues grand frère. Je vous suis reconnaissant. Tu es sans aucun un modèle à copier de par tes innombrables qualités. Puisse l'Éternel vous comblez de sa grâce.

La famille “ Kreugneugneu” (Maurine KENNE, Borel KEUNE, Trésor FOTOUO, Chorine NDONGMO, Ayden NJOH NGOH)

Vous allez énormément me manquer, mais j’ai foi qu’on se réunira à nouveau si Dieu le veut. Nos innombrables moments de fous rires, nos parties de Ludo et nos soirées me manqueront, mais encore plus la solidarité qui était nôtre. J’ai appris à être encore plus ouvert et responsable que je ne l’étais. Que ce document qui est vôtre soit aussi une source de motivation pour chacun d’entre vous. Je vous aime tout simplement.

À Calmer Richie DJONGOUE TCHUISSI

Depuis le premier jour qu’on s’est connu j’ai su qu’un truc de spécial venait de naître. Frère merci d’avoir toujours cru en moi quand il m’arrivait de douter. Tu ne t’es jamais lassé de m’encourager et de me soutenir. On peut perdre un ami, je pense, mais pas un frère alors je n’ai pas m’inquiéter. Merci pour tous les moments que nous avons partagés entre gars de Bakassi (Fabrice, Ibrahim, Van, Jacques et Cédric) ou dernièrement avec nos petites familles.

Aux Docteur Fabrice KUATE et Docteur Gaëlle CHOULA

Courage, responsabilité, simplicité et humilité sont vos qualités que j’ai davantage cultivées en vous côtoyant. J’ai été veinard de vous avoir comme parents de Bamako, mais encore plus chanceux l’est Aymerich, mon petit frère. Je n’ai aucun doute sur la qualité de l’éducation que vous lui donnerez. Puisse Dieu sceller votre relation et vous aidez à cheminer toujours avec lui.

À Winnie Andréa FEUPI et mon petit lapin Ayden Kylian

Merci grande sœur t’avoir été là pour moi chaque fois je t’ai sollicité et de t’être soucieuse de moi. Merci pour mon dur partenaire que tu m’as donné. Mon petit lapin ce n’est un secret pour personne que tu vas me manquer. Ta naïveté, ta folle énergie et tes caprices ont rythmé nos journées. Grâce à toi j’ai parfait mon enseignement de futur papa. Je prie le Seigneur de te vous protéger, de vous garder aussi intelligents que vous l’êtes et de vous accorder sa grâce par-dessus tout.

À Docteur Ibrahim MVOUTSI

Mon partenaire. Merci d’avoir toujours été cru et vrai avec moi. Jamais tu n’as fait usage de ton droit d’aïnesse pour me brimer, mais au contraire tu t’es rabaisé pour qu’on ait cette vraie relation. Ne change pas pour qui que ce soit, mais parce que tu penses qu’il le faut, car je te sais très conscient.

À Michelle ADAMA

Mon amie et ma psychothérapeute. Les personnes comme toi sont rares de nos jours et fier je suis de t’avoir. Tu n’as jamais cessé de m’encourager au cours de l’élaboration de ce document et pour cela reçois mes sincères remerciements. Je serai toujours là pour toi. Je prie l’Éternel afin que sa volonté s’accomplisse toujours dans sa vie et que mentalement il ne cesse de te faire croître.

Au Docteur Moïse NGUEMENI

Une des plus belles rencontres. Plus qu'un ami tu es un frère, mon binôme. Certainement celui avec qui j'ai le plus trimé dans les services médicaux. On était toujours là l'un pour l'autre lorsqu'on manquait de motivation pour aller chercher les connaissances pratiques à allier à notre bagage théorique des plus imposants. Merci mon collègue. Je prie le Tout puissant afin qu'il puisse nous prêter longue vie, car je sais qu'on a encore beaucoup d'autres histoires à écrire et des vies à sauver.

Au Docteur Estelle KENGNE KAMGA

Ma "petite sœur" de Bamako. Tu t'es toujours souciee de moi, inversant ainsi les rôles. Merci de m'avoir accompagné tout au long de la rédaction de ce travail académique. Ton intelligence et ta maturité m'ont particulièrement frappé et inspiré.

À Docteur Désiré NGAMO

Mon serial challenger avec qui j'ai partagé une concurrence des plus saines aussi bien sur le terrain de Basket que dans les salles de classe. Grâce à toi j'ai pu par moment puiser dans mes ressources pour élever mon niveau. Je te souhaite une brillante carrière sous la protection du Très haut. Merci Brother.

À Darius TSAYO

Un rageux, mais des plus particuliers de par sa personnalité, son comportement et son intelligence. Ne pas te remercier aurait certainement été l'une des plus grandes ingratitude. Sans toi je n'aurais certainement pas rédigé un seul mot de cette thèse. Tu n'as pas hésité une seule seconde à me céder ta machine pour que je puisse avancer dans mon travail bien qu'on venait à peine de se connaître. Ce geste va bien au-delà de la gentillesse et la confiance et crois-moi jamais je ne l'oublierai et je te serai toujours redevable. Ma porte te sera toujours ouverte. Sincèrement merci frerot.

Au Docteur Daurice GANA

La mère de mon petit frère Hope. Tu m'as toujours considéré comme ton fils. J'ai su trouver en toi une figure maternelle ici au Mali et merci d'avoir toujours été là pour m'aider à grandir.

Au Docteur Adhémar CHAWA

Un aîné exemplaire. Merci pour ta participation non négligeable dans l'élaboration de ce travail, car tu as toujours su te rendre disponible pour m'aider à avancer malgré tes multiples occupations.

Aux familles SIEWE, HAPPI et KAMENI

Merci pour l'amour et la considération que vous me portez. Je me suis toujours senti à l'aise chez vous. Je vous remercie pour tout ce dont vous m'avez gracieusement appris et apporté tels le savoir vivre et le savoir être. Puisse le Tout puissant nous prêter longue vie si telle est sa volonté afin que nous puissions récolter les fruits de notre travail.

À Périale MAJIO, Vicky KENGNE, Stella MAFODA, Dior KUISSI, Dénise MBANDI

Merci à chacune de s'être souciee de moi, pour vos mots d'encouragement et de soutien.

Au Docteur Mariam NADIO et au Docteur Dado THIAM

Puisses Dieu bénir vos foyers et vous accorder une brillante carrière professionnelle mes grandes sœurs maliennes.

Au Docteur Ibrahima DEMBELE

Mon mentor. Merci pour tous les enseignements reçus et pour la confiance placée en moi au point de me laisser certaines fois consulter à votre place qui je puis vous assurer m'a encore plus responsabilisé. Vous m'avez inculqué la rigueur et l'esprit critique. Que Dieu vous le rende au centuple.

À Aminata TRAORE et Sanni OLEWARADJOU

Merci mes externes. Les connaissances théoriques et pratiques ont été sûrement ce que nous avons le mieux partagé. Soyez toujours autant courageux et croyez-moi, meilleurs vous le serez.

À mes collègues du service de Médecine interne du CHU Point G de l'année 2018 (Moussa, Marius, Mylaine, Dominique, Marie Marcelle, Olivia, Ibrahim, Aoua, Fata, Kouma, Christophe, Fulbert, Diallo, Juliette, Jonathan, Van Jules)

Les gars big up pour la relation saine que nous avons entretenue et qui nous a permis de tirer le meilleur de chacun. Vous étiez pour la plus part des inconnus pour moi au début, mais des frères de guerre vous l'êtes aujourd'hui.

À Jean WAANI, Samuel Ephrata, Jaurel MONKAM, Mahamadou COULIBALY et Martinien SIEBEBI

Le "merci verbal" est insuffisant à mes yeux à la vue de ce que vous avez fait pour moi. Le temps est ce qu'on a de plus précieux ne dit-on pas ? Eh bien vous avez à chaque fois bouleversé vos emplois du temps pour m'aider à élaborer ce document. Merci les gars.

À la promotion TROIE

Vous m'avez aidé à grandir sur les plans socioculturel et sportif, mais surtout à m'épanouir pleinement au sein de notre association des étudiants, élèves et stagiaires camerounais au Mali. Je n'oublie pas notre projet et je puis vous assurer d'ores et déjà que j'y participerai activement pour la réussite de ce dernier.

À Cyrielle NOTUE et Tatiana PUENDJEU

Le rire est sans doute le truc que nous avons toujours échangé et sachez-le j'ai apprécié chacun des moments passés avec vous mes camarades de promotion.

À Cyrielle KENMOE

Ma pote. Certes beaucoup d'eau a passé sous le pont, mais n'en demeure pas moins que ma porte te sera toujours ouverte. Grâce à toi j'ai pu faire une merveilleuse connaissance et pour cela je te remercie. Je prie l'Éternel afin qu'il ne cesse jamais de te guider et de protéger, car je pense que tu as beaucoup à apporter à ce monde de par tes talents.

Aux Professeurs Abdel Kader TRAORE, Hamar TRAORE, Mamadou DEMBELE et Assétou SOUKHO KAYA

Ça a été un privilège d'être un de vos internes et de recevoir un enseignement de qualité. Merci chers maîtres.

Aux Docteurs CISSOKO, BARRY, DEMBELE, MALLE, TOGO, MENTA, SY, MARENA

Merci pour les conseils et les connaissances reçus. Vous n'avez ménagé aucun effort pour nous aider à devenir meilleurs.

À Gabrielle DONKAM et Sophie ABADA

Les filles vous avoir à mes côtés a été super cool, un pur bonheur. Ne tronquez pour rien au Monde votre joie de vivre. Merci pour votre soutien. Puisse Dieu vous protéger et vous guider.

À Aude NYAMSI et ses enfants (Stanislas, Christian, Rayanne, Samuelle, Camille, Josepha, Billy)

Merci d'avoir enjolivé mes derniers moments ici. Que la solidarité soit toujours votre leitmotiv. Vous allez me manquer mes amis.

To Manifique KAMDEM

Thank you for giving me a helping hand in the elaboration of this document. I will keep of you your simplicity and your calm at all events. I pray the Lord to always pour out his grace on you. Thanks for all.

À mes Tontons et Tantines

Merci d'avoir participé de près ou de loin à mon éducation. Merci pour les conseils. Je vous suis reconnaissant.

À mes cousins et cousines

Merci de m'avoir toujours porté dans vos prières.

Aux Bonboneurs (Sam, Ibou, Arnold, Fabrice, Adhémar, Laurenche, Désiré, Fatim, Kola, Vicky, Cofèle, Sans-rival, Mohamed, Alpha, Lamine, Rosine et Christian)

À vos cotés j'ai appris ce qui est à mes yeux la plus belle discipline sportive. Chaque jour de bonbon a été un réel plaisir qui je l'espère était partagé. Dieu seul sait ce que cette discipline m'a apporté. Thanks guys.

Au Club Handball

Au-delà de cette belle discipline, j'ai surtout aimé la bonne ambiance qui régnait. Ça me manquera énormément de ne plus pouvoir jouer avec vous mes coéquipiers. Désolé d'avoir été dur avec les nouveaux lorsqu'ils s'apprenaient, mais croyaient moi c'était pour vous aider à vous améliorer.

À l'Association des Élèves, Étudiants et Stagiaires Camerounais au Mali et à toutes ses promotions

Merci de m'avoir accueilli sur cette merveilleuse terre qu'est le Mali et de m'avoir aidé à me sentir comme chez moi. Vous avez participé à me rendre plus mature et responsable.

Au cours de soutien " La Clé"

Merci aux dirigeants de m'avoir permis de transmettre avec beaucoup plaisir d'ailleurs le peu de connaissances que j'avais.

À la 9^{ème} promotion du Numerus Clausus de la FMOS

Nous avons été à tout égard une promotion exceptionnelle de par nos multiples anecdotes, mais fort heureusement nous sortons de là grandis. Je souhaite à chaque nous d'avoir une excellente carrière professionnelle.

Au Mali

Ma terre d'accueil. Merci de m'avoir adopté et de t'avoir grandement participé à l'homme que je suis. Grâce à vous j'ai cultivé la simplicité et la simplicité qui sont des qualités que je chérirai toujours.

Aux grandes familles PIENVEU et NOUNE

Merci pour tout l'amour que vous me porter. Vous m'avez toujours soutenu et porté dans votre cœur. Je vous serai toujours reconnaissant.

À tout le personnel soignant du service de Médecine interne du CHU du Point G (Professeurs, Docteurs, Internes, Infirmiers, Externes, Techniciens de surface)

Ce fut un pur plaisir de travailler à vos côtés où j'ai appris de chacun de vous. Merci

Tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé à atteindre mon objectif.

Tous ceux qui me sont chers et que j'ai involontairement omis de citer.

Tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail.

HOMMAGES AUX MEMBRES DU JURY

À notre maître et présidente du jury, le Professeur KAYA Assétou SOUKHO

- ❖ **Maître de conférences agrégé en Médecine interne à la Faculté de Médecine et Odontostomatologie (FMOS)**
- ❖ **Première femme agrégée en Médecine interne au Mali**
- ❖ **Praticienne hospitalière dans le service de Médecine interne du CHU Point G**
- ❖ **Spécialiste en endoscopie digestive**
- ❖ **Titulaire d'une attestation en épidémiologie appliquée**
- ❖ **Spécialiste en Médecine interne de l'université de Cocody (Côte d'Ivoire)**
- ❖ **Diplômée de formation post-graduée en gastro-entérologie de l'Organisation Mondiale de Gastro-Entérologie (OMGE) à Rabat (Maroc)**
- ❖ **Titulaire d'un certificat de formation de la prise en charge du diabète et complications, à Yaoundé (Cameroun)**
- ❖ **Membre du bureau de la Société de Médecine interne du Mali (SOMIMA)**
- ❖ **Membre du bureau de la Société Africaine de Médecine interne (SAMI)**

Cher maître,

C'est un honneur pour nous de vous avoir comme président du jury, vous qui avez grandement contribué à notre formation par vos enseignements de Sémiologie médicale et de Thérapeutiques à la Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie (FMOS). La spontanéité avec laquelle vous avez accepté de présider ce jury malgré vos multiples occupations nous a marqué. Veuillez accepter cher maître, nos sincères remerciements. Que Dieu vous accorde longue vie. **Amen !**

À notre maître et juge, le Docteur Ousmane KONÉ

- ❖ **Médecin épidémiologiste**
- ❖ **Chargé d'épidémiologie à l'Institut National de Recherche en Santé Publique**

Cher maître,

Vous avoir dans notre jury est un honneur pour nous. C'est avec spontanéité que vous avez accepté de juger ce travail malgré vos multiples occupations. Votre disponibilité, votre simplicité et surtout votre esprit critique nous ont marqués positivement. Vous avez grandement contribué à l'amélioration de ce document. Trouvez ici l'expression de notre profonde gratitude.

À notre maître et codirecteur de thèse, le Docteur Mamadou CISSOKO

❖ Spécialiste en Médecine Interne

❖ Praticien hospitalier au service de Médecine interne du CHU du Point G

Cher maître,

La spontanéité avec laquelle vous avez accepté de nous codiriger témoigne à suffisance de votre intérêt vis-à-vis de l'encadrement des plus jeunes. Votre rôle de médiateur nous a énormément simplifié les procédures. Vos qualités scientifiques, votre simplicité, votre souci du travail bien fait forcent en nous une admiration pour votre personne. Ce travail est aussi le vôtre. Nous vous exprimons notre profonde gratitude.

À notre maître et directeur de thèse, le Professeur Abdel Kader TRAORÉ

- ❖ **Spécialiste en Médecine Interne**
- ❖ **Maître de conférences agrégé en médecine interne à la Faculté de médecine et Odontostomatologie (FMOS)**
- ❖ **Diplômé en Communication Scientifique, en Pédagogie Médicale et en Gestion / Évaluation des projets**
- ❖ **Point focal du Réseau en Afrique Francophone de Télémédecine (RAFT) et de l'Université Numérique Francophone Mondiale (UNFM) pour le Mali / Centre d'Excellence de Télémédecine (CERTES)**
- ❖ **Vice-président du Réseau Ouest Africain de lutte contre la Rage**

Cher maître,

C'est un privilège pour nous d'être l'un de vos fruits. Votre simplicité, votre abord facile, votre souci du détail, votre disponibilité malgré vos multiples occupations sont des qualités qui nous poussent à faire de vous un modèle pour nous. Veuillez accepter cher maître, sincères remerciements. Que Dieu vous accorde une longue vie. **Amen !**

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Les besoins journaliers en iode recommandés.....	6
Tableau II : Classification des critères épidémiologiques en nutrition en iode selon l'iodurie moyenne chez les enfants d'âge scolaire adoptée par l'OMS/UNICEF/ICCIDD... ..	7
Tableau III : Action des hormones thyroïdiennes sur les viscères	20
Tableau IV : Nombre de pays affectés par la carence iodée estimé à partir du taux total de goitre (TTG).....	22
Tableau V : Distribution du goitre endémique sur le continent africain	25
Tableau VI : Récapitulatif des études épidémiologiques menées au Mali entre 1948 et 2001	29
Tableau VII : Spectre des troubles dus à la carence en iode selon le cycle de vie.....	31
Tableau VIII : Répartition des élèves selon le sexe	57
Tableau IX : Répartition des élèves selon la tranche d'âge.....	58
Tableau X : Répartition des élèves selon l'ethnie.....	58
Tableau XI : Répartition des élèves selon la profession du père	59
Tableau XII : Répartition des élèves selon la classe.....	60
Tableau XIII : Répartition des élèves selon la teneur d'iodation du sel consommé	60
Tableau XIV : Répartition des élèves selon la consommation du sel iodé et le sexe	61
Tableau XV : Répartition des élèves selon la consommation du sel iodé et l'âge	61
Tableau XVI : Répartition des élèves selon la consommation du sel iodé et l'âge.....	62

LISTE DES FIGURES

Figure n°1 : Structure chimique de l'érythroisine	8
Figure n°2 : Faces latérale et antérolatérale de la thyroïde	11
Figure n°3 : Follicule thyroïdien	12
Figure n°4 : Vascularisation et innervation de la glande thyroïde	14
Figure n°5 : Régulation de la fonction thyroïdienne.....	15
Figure n°6 : Biosynthèse des hormones thyroïdiennes	18
Figure n°7 : Carence en iode dans le monde en 2017.....	23
Figure n°8 : Répartition du statut iodé selon l'iodurie moyenne.....	24
Figure n°9 : Statut iodé du monde basé sur l'iodurie moyenne en 2017.....	24
Figure n°10 : Carte géologique du Mali	27
Figure n°11 : Goitre endémique chez les enfants des hauts plateaux Ukinga en République-Unie de Tanzanie (à gauche) et d'un enfant atteint de crétinisme neurologique en Afrique (à droite)	33
Figure n°12 : Goitre endémique chez les adultes des hauts plateaux Ukinga en République-Unie de Tanzanie	34

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

ABRÉVIATIONS

ANSSA : Agence Nationale de la Sécurité Sanitaire des Aliments

As : Arsenic

At : Astate

Br : Brome

Cd : Cadmium

CEDEAO : Communauté Économique des États de l’Afrique de l’Ouest

CEE : Communauté Économique Européenne

Cl : Chlore

Cu : Cuivre

DIT : Diiodotyrosine

DNS : Direction Nationale de la Santé

EDS : Enquête Démographique et de Santé

ENMP : École Nationale de Médecine et de Pharmacie

F : Fluor

HCG : Hormone Gonado-Chorionique

Hg : Mercure

ICCIDD : Conseil International pour la lutte contre les Troubles Dus à la Carence en Iode

IDD : Iodine Deficiency Disorders

I : Iode

INRSP : Institut National de Recherche en Santé Publique

I⁻ : Iodure

I₂ : Diiode

MICA : Ministère de l’Industrie, du Commerce et de l’Agriculture

MICS : Enquête par grappes à Indicateurs Multiples

MIT : Monoiodotyrosine

MMEH : Ministère des Mines, de l’Énergie et de l’Hydraulique

MSPAS : Ministère de la Santé, des Personnes Âgées et de la Solidarité

NIS : Symporteur Na⁺/I

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ORANA : Organisme de Recherches sur l'Alimentation et la Nutrition Africaines

PM : Poids Moléculaire

QI : Quotient intellectuel

SAH : Sérum Albumine Humaine

TBA : Thyroxine Binding Albumin

TBG : Thyroxine Binding Globulin

TBPA : Thyroxine Binding Pre Albumin

TDCI : Troubles Dus à la Carence en Iode

TPO : Thyroperoxydase

TRH : Thyroid Releasing Hormone

TSH : Thyroid Stimulating Hormone

TTG : Taux total de goitre

T₁ : Monoiodothyronine

T₂ : Diiodothyronine

T₃ : Triiodothyronine

T₄ : Tétraiodothyronine, thyroxine

UEMOA : Union Économique et Monétaire Ouest Africaine

UI : Unité Internationale

UNICEF : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

USI : Iodation Universelle du Sel

WHA : World Health Assembly

SYMBOLES

g : gramme

mg : milligramme

mg /Kg : milligramme par kilogramme

mg I/Kg : milligramme d'Iode par kilogramme

µg/l : microgramme par litre

µg/ 100 kCal : microgramme par cent kilocalorie

µg/ 100 kJ : microgramme par cent kilojoule

ng/m³ : nanogramme par mètre cube

ppm : partie par million

SOMMAIRE

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES.....	XVI
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES.....	XIX
INTRODUCTION.....	1
1. GÉNÉRALITÉS.....	4
1. Généralités.....	5
1.1. L'iode	5
1.1.1. Caractère physico-chimique	5
1.1.2. Rôle et besoins en iode	5
1.1.3. Les différentes origines et sources d'iode	7
1.1.4. La biodisponibilité de l'iode.....	10
1.2. La thyroïde et les hormones thyroïdiennes.....	10
1.2.1. La thyroïde	10
1.2.2. Les hormones thyroïdiennes.....	15
1.3. Les troubles dus à la carence en iode et moyens de lutte	20
1.3.1. Épidémiologie des troubles dus à la carence en iode (TDCI) dans le Monde.....	21
1.3.2. Épidémiologie des troubles dus à la carence en iode en Afrique	25
1.3.4. Les différentes manifestations des troubles dus à la carence en iode.....	30
1.3.5. Etiopathogénie des troubles dus à la carence en iode selon le cycle de vie	32
1.3.6. Lutte contre les TDCI.....	34
1.4. Le sel iodé au Mali	41
1.4.1. Contexte.....	41
1.4.2. Cadre législatif et réglementaire.....	42
1.4.3. Réglementation nationale sur le sel alimentaire au Mali [87]	44
1.4.4. Production, l'importation, la vente et l'utilisation du sel non iodé sont interdites au Mali. [87]	46
1.4.5. Cadre institutionnel du contrôle de qualité du sel	47
1.4.6. Coordination du système de contrôle de qualité du sel	48
2. MÉTHODOLOGIE	50
2. Méthodologie.....	50
2.1. Cadre d'étude	50
2.2. Type d'étude.....	51
2.3. Période d'enquête	51
2.4. Population cible.....	51
2.5. Échantillonnage	51

2.6. Déroulement de l'enquête et collecte des données.....	53
2.7. Plan d'analyse.....	55
2.8. Considérations éthiques.....	56
3. RÉSULTATS.....	57
3. Résultats	57
3.1. Données sociodémographiques et générales	57
3.2 Données cliniques.....	60
4. COMMENTAIRES ET DISCUSSION.....	64
4. Commentaires et Discussion	64
4.1. Aspects sociodémographiques et généraux	64
4.2. Aspects cliniques.....	66
CONCLUSION.....	67
RECOMMANDATIONS.....	67
BIBLIOGRAPHIE	67
ANNEXES.....	000

INTRODUCTION

Introduction

La carence en iode est la principale cause des cas d'arriération mentale évitable dans le monde. Une carence légère peut entraîner une perte importante des facultés d'apprentissage et un crétinisme (neurologique ou myxœdémateux) peut être observé dans les cas extrêmes. Elle est aussi à l'origine du goitre endémique (partie visible l'iceberg) et les femmes carencées courent davantage de risque de faire une fausse couche ou d'accoucher d'un mort-né [1]. Les Troubles Dus à la Carence en Iode (TDCI) touchent 29,8% des enfants en âge scolaire dans le monde, soit environ 246 millions [2].

L'expression TDCI a été proposée en 1983 par Hetzel pour désigner le large éventail des effets négatifs de la carence en iode [3]. L'adoption de ce terme a marqué un tournant important, incitant les gouvernements et les organisations internationales à agir. En 1990, l'Assemblée mondiale de la Santé a adopté la résolution WHA 43.2 qui entérinait l'objectif de l'élimination des TDCI en tant que problème de santé publique à l'an 2000. En 1993, l'OMS, l'UNICEF, et l'ICCIDD ont recommandé l'iodation universelle du sel comme principale stratégie d'élimination des TDCI [4].

Au Mali, la première enquête signalant la présence des TDCI date de 1948 où Pales et al avaient décrit Bandiagara, Tominian, Ségou et Mopti parmi les zones d'endémicité goitreuse de l'Afrique de l'Ouest [38]. L'iodation de l'eau était la principale stratégie utilisée pour lutter contre les TDCI. En 1974 la population à risque des TDCI était estimée à 80% avec une prévalence goitreuse globale de 30% faisant du Mali un pays où sévit une carence en iode sévère [41]. Ainsi à l'iodation de l'eau des forages et des puits par les diffuseurs d'iode s'ajouta l'utilisation de l'huile iodée sous ses différentes formes (injectable et orale) comme moyens de lutte ; mais ces derniers avaient des limites [42,44]. Comme recommandé par l'OMS, l'UNICEF et l'ICCIDD, le Mali à l'instar de plusieurs africains adopta en 1995 l'iodation universelle du sel.

Cet engagement politique dans la lutte contre ce fléau se manifesta par :

- ✓ la signature de l'arrêté interministériel N⁰0330/ MSPAS/ MICA/ MMEH/MF du 16 Février 1995 interdisant l'importation, la distribution et la consommation du sel non iodé dans le pays et,
- ✓ la création d'un Programme National de Lutte contre les TDCI [5].

En 2005, une enquête nationale première du genre organisée par la direction nationale de la santé (DNS) avec l'appui de l'UNICEF avait retrouvé un taux de prévalence du goitre de 8,8% chez les enfants de 8 à 12 ans (soit une carence en iode légère) et une mauvaise connaissance de la population sur l'importance du sel iodé comme mesure idéale et disponible de lutte contre les TDCI [58].

Le but de notre étude s'intéresse à la connaissance de la prévalence des TDCI chez les enfants en âge scolaire du District de Bamako vingt-trois ans après la signature de l'arrêté interministériel N⁰0330/ MSPAS/ MICA/ MMEH/MF.

Pour mener à bien notre étude, nous avons choisi les élèves du premier cycle du Groupe scolaire du Point G et nous nous sommes fixés les objectifs suivants :

OBJECTIFS

- **Objectif principal**

Évaluer la prévalence des troubles dus à la carence en iode chez les élèves du premier cycle du Groupe scolaire du Point G.

- **Objectifs spécifiques**

- ✓ Déterminer la prévalence du goitre chez les élèves du premier cycle du Groupe scolaire du Point G ;
- ✓ Déterminer la prévalence du crétinisme chez les élèves de premier cycle du Groupe scolaire du Point G et ;
- ✓ Déterminer le pourcentage des élèves du premier cycle utilisant un sel suffisamment iodé.

1. GÉNÉRALITÉS

1. Généralités

1.1. L'iode

1.1.1. Caractère physico-chimique

L'iode (grec iôdês, violet, Gay-Lussac, 1813) ou violet est ainsi surnommé, en raison de sa coloration prise lors de l'évaporation. Élément chimique naturel de la terre, de masse atomique 126,9 ; c'est un halogène du groupe 17(VIIA) (F, Cl, Br, I, At) qui présente divers états d'oxydation (-1, +1, +5, +7) et existe exceptionnellement à l'état naturel sous forme solide diatomique I₂. L'isotope stable (¹²⁷I) est le seul présent dans les milieux naturels avec une concentration moyenne variable selon les milieux : 10 ng/m³ (3-20 ng/m³) dans l'atmosphère, 58 µg/L (24-120 µg/L) dans les mers et océans, lesquels constituent son principal réservoir sur le globe terrestre (7,9 10¹⁶ g), 2 µg/L (1,5-2,5 µg/L). Dans l'eau de pluie, sa concentration est de 5 mg/kg (0,1-98 mg/kg), dans les sols de 0,1-400 mg/kg et dans les roches, selon leur origine sédimentaire (2,0 mg/kg), plutonique ou volcanique (0,24 mg/kg) [6].

1.1.2. Rôle et besoins en iode

L'iode est un oligoélément nutritif essentiel au maintien de la santé humaine. Il intervient dans le fonctionnement de la glande thyroïde plus précisément dans la production des hormones thyroïdiennes qui régulent le métabolisme de toutes les cellules l'organisme et le développement précoce de la plupart des organes surtout du cerveau, particulièrement celui du fœtus et de l'enfant [7].

Les besoins en iode sont variables selon l'âge, le sexe et l'état physiologique.

Tableau I : Les besoins journaliers en iode recommandés [*Secretariat OMS, Andersson M, Benoist B de, Delange F, Zupan J. ; 2007 ; [8]*]

Ages et état physiologique	Besoins journaliers d'iode
Nouveau-Né, nourrisson, enfant en âge préscolaire (0 à 5ans)	90 µg
Enfant (6 à 12 ans)	120 µg
Sujets >12 ans	150 µg
Femme enceinte et allaitante	250 µg

Les besoins physiologiques en iode sont accrus chez les femmes enceintes, passant de 150 µg/j à 250 µg/j.

Cette augmentation des besoins en iode s'explique physiologiquement par plusieurs facteurs :

- l'augmentation sous l'effet des œstrogènes des taux circulants de la thyroxine binding globulin qui entraîne une diminution de la fraction libre de la T₄ (T₄L) ;
- l'effet TSH-like de l'Human Chorionic Gonadotropin (HCG) par similarité moléculaire de la sous-unité β de la TSH ;
- l'augmentation de la clairance rénale de l'iodure (controversée) et son transfert placentaire (évalué à 50–75 µg/j) ;
- à la naissance, environ 40% de T₄ d'origine maternelle se retrouve dans le sang de cordon ombilical du nouveau-né.

Pour toutes ces raisons et pour se maintenir en euthyroïdie, la mère doit augmenter sa production de T₄ de 40–50%, ce qui nécessite un apport d'iode supplémentaire de 50–100 µg/j [9].

L'iodurie est la meilleure indication pour mesurer la quantité d'iode ingérée en effet, une iodurie inférieure à 100 µg/L signifie une carence en iodée. Ainsi en épidémiologie, l'iodurie reste l'indicateur de référence.

L'OMS/UNICEF/ICCIDD ont rapporté dans le tableau II ci-dessous le statut nutritionnel en iode en fonction de l'iodurie.

Tableau II : Classification des critères épidémiologiques en nutrition en iode selon l'iodurie moyenne chez les enfants d'âge scolaire adoptée par l'OMS/UNICEF/ICCIDD. [OMS/UNICEF/ICCIDD ; 1994 ; [10]]

Médiane UI ($\mu\text{g/L}$)	Apport d'iode	Statut nutritionnel en iode
<20	Insuffisant	Déficit en iode sévère
20-49	Insuffisant	Déficit en iode modéré
50-99	Insuffisant	Déficit en iode léger
100-199	Adéquat	Optimal
200-299	Surcharge modérée	Risque modéré d'induction de l'hyperthyroïdisme
>300	Excessif	Risque sévère d'induction de l'hyperthyroïdisme

L'iodurie normale chez l'Homme adulte est comprise entre 100-200 $\mu\text{g/L}$, et chez la femme enceinte entre 150-250 $\mu\text{g/L}$.

1.1.3. Les différentes origines et sources d'iode

1.1.3.1. Iode d'origine alimentaire

L'iode nécessaire à l'organisme lui est apporté naturellement par l'alimentation. Cependant d'autres produits riches en iode peuvent être source non négligeable d'apport tel que les aliments fortifiés ou certains médicaments.

Lorsque le sol est pauvre en iode, l'eau qui en provient, les végétaux qui y poussent le sont également [6] ; de même, les animaux qui y vivent sont carencés [6].

À l'exception des aliments marins : les algues, les mollusques (moules, huîtres) et crustacés (crevettes, homards, langoustes), les poissons d'origine marine et enfin les algues marines, la concentration en iode est très réduite surtout dans les végétaux et les fruits.

1.1.3.2. Autres sources d'iode

- **Eau de boisson :**

La concentration en iode des eaux est en corrélation étroite avec l'environnement géochimique. Plus les sols sont proches de la mer, plus l'eau est riche en iode, ainsi l'eau provenant des hauts plateaux loin des mers (exemple plateaux Dogon et Mandingue au Mali) est habituellement très pauvre en iode.

La concentration de l'iode dans l'eau au Mali varie entre 2 et 11 $\mu\text{g/L}$ [11].

- **Érythrosine :**

$\text{C}_{20}\text{H}_6\text{I}_4\text{Na}_2\text{O}_5$ (2',4',5',7'-tétraiodofluorescéine, I = 57,7 % P.M.), colorant rouge orangé (E127), utilisé par les industries pharmaceutiques comme excipient, ainsi que dans les industries agroalimentaires et cosmétiques. La biodisponibilité de l'iode contenue dans l'érythrosine est cependant très faible. Elle est estimée à 1,3% (0,3-1,8%) chez le rat, à 0,5% chez l'Homme [12].

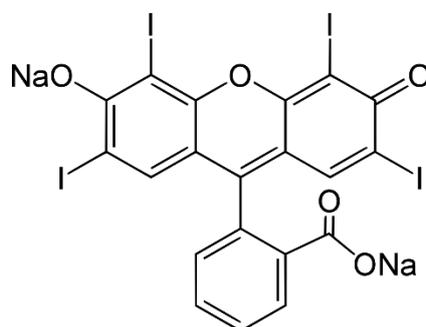


Figure n°1 : Structure chimique de l'érythrosine [Wikipédia ; [13]]

- **Antiseptiques iodés :**

De nombreux dérivés iodés sont des antiseptiques très efficaces et sont de puissants agents bactéricides et antifongiques utilisés dans l'élevage et les

industries laitières pour désinfecter les installations de recueil et de traitement du lait et ses dérivés.

Nous pouvons citer comme exemple :

- la teinture d'iode (soluté alcoolique d'iode officinal à 5 %) ;
- les solutions aqueuses d'iode et d'iodure (solution de Lugol), (Bétadine[®], Poliodine[®]) ;
- le triiodométhane (CHI₃) ou iodoforme très utilisé en médecine vétérinaire.

En raison de la résorption transcutanée et transmuqueuse de l'iode disponible, une administration répétée et prolongée peut se traduire par une surcharge pouvant entraîner des signes de surcharge iodée (Iode Basedow) ou en rapport avec une hypothyroïdie par blocage de la fonction thyroïdienne (*Effet de Wolff-Chaickoff*) [14].

- **Préparations pour nourrissons :**

Les réglementations européennes (directive 91/321/CEE, 14 mai 1991) imposent à toutes les préparations pour nourrissons (4 à 6 premiers mois) ou destinées aux enfants du premier âge (nourrissons de plus de 4 mois) une concentration minimum en iode de 5 µg/100 kcal (1,2µg/100 kJ) (3,4 µg/100 ml) de façon à couvrir les besoins journaliers (40 µg de la naissance à 6 mois, 50 µg de 6 à 12 mois) en l'absence de tout complément d'apports maternels [15].

- **Compléments alimentaires :**

Les principales sources d'iode correspondent à des préparations à base d'algues (*Fucus vesiculosus*) ou de phytoplancton (compléments nutritionnels marins) traditionnellement utilisées comme adjuvants des régimes amaigrissants [14].

- **Sel iodé :**

Le sel a été choisi comme vecteur d'iode avec des taux d'enrichissement variables selon les pays de 5 à 100 mg/kg de sel en vue d'assurer la prévention des risques liés à une déficience d'apport alimentaire en iode.

La troisième partie de ces généralités est consacrée au sel iodé comme principal vecteur de lutte contre les TDCI, et du sel iodé au Mali.

1.1.4. La biodisponibilité de l'iode

L'iode est ingéré sous forme d'iodure, forme libre rapidement et presque complètement absorbée ou d'iodate, (sel enrichi, compléments alimentaires) immédiatement retrouvé réduit dans l'intestin et absorbé sous forme d'iodure dans le plasma [16].

Chez les adultes en bonne santé, l'absorption de l'iodure est supérieure à 90%. Du fait de la compétition entre le rein et la thyroïde, seule une fraction de l'iodure est susceptible d'être incorporée dans la thyroïde. En effet, le taux de fixation de l'iode par la thyroïde traduit la capacité du thyrocyte à transférer l'iodure à travers la membrane basolatérale grâce à un transporteur actif (Na⁺/I-symporter, NIS). Dès lors, la quantité d'iode qui captée par la thyroïde par unité de temps (24 heures) varie selon le statut iodé de la population [6].

L'iode est éliminé essentiellement par voie rénale ; sa clairance est relativement constante, alors que la clairance thyroïdienne varie en fonction de l'apport en iode. Dans des conditions d'apport suffisant en iode, environ 10% de l'iode absorbé est recapté par la thyroïde [6].

Dans des circonstances normales, l'iode plasmatique a une demi-vie d'environ 10 heures toutefois [16], elle est réduite si la thyroïde est hyperactive, comme dans les TDCI ou l'hyperthyroïdie [16].

Pendant la lactation, la glande mammaire concentre l'iode et la sécrète par le lait maternel [16].

1.2. La thyroïde et les hormones thyroïdiennes

1.2.1. La thyroïde

1.2.1.1. Situation anatomique-dimensions-structure

Organe en forme de papillon, la glande thyroïde est située dans la partie antérieure du cou. Elle repose sur la trachée juste au-dessous du larynx. Elle possède deux lobes latéraux ovales reliés par une masse de tissu centrale, l'isthme [17,18].

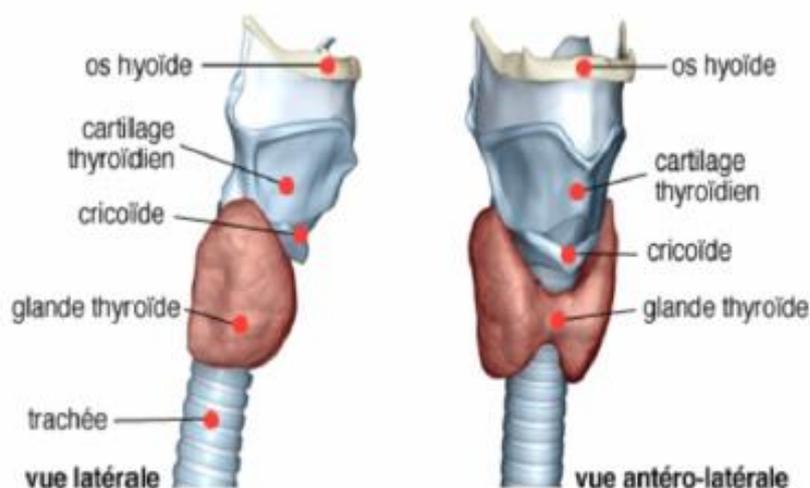


Figure n°2 : Faces latérale et antérolatérale de la thyroïde [Tramalloni et Monpeyssen, 2013 ; [19]]

La thyroïde est la plus grande des glandes purement endocrines. Ses dimensions sont variables d'un individu à un autre ; elles sont plus grandes chez l'homme que chez la femme et mesurent 4 à 6 cm de haut, 2 à 6 cm de large, 1 à 2 cm d'épaisseur. À l'état normal, elle pèse entre 10 à 20 grammes. Ce poids croît jusqu'à 25 à 30 ans avant de diminuer progressivement de volume après 50 ans.

La thyroïde possède la caractéristique unique de mettre en réserve d'importantes quantités de ses hormones dans des structures situées à l'extérieur de ses cellules. En effet, l'intérieur de la glande est constitué de follicules dont la paroi est principalement formée de cellules épithéliales cuboïdes ou squameuses (cellules folliculaires) qui produisent la thyroglobuline. La cavité centrale des follicules est remplie d'un colloïde ambré composé de molécules de thyroglobuline auxquelles s'attachent des atomes d'iode dont dérivent les hormones [17].

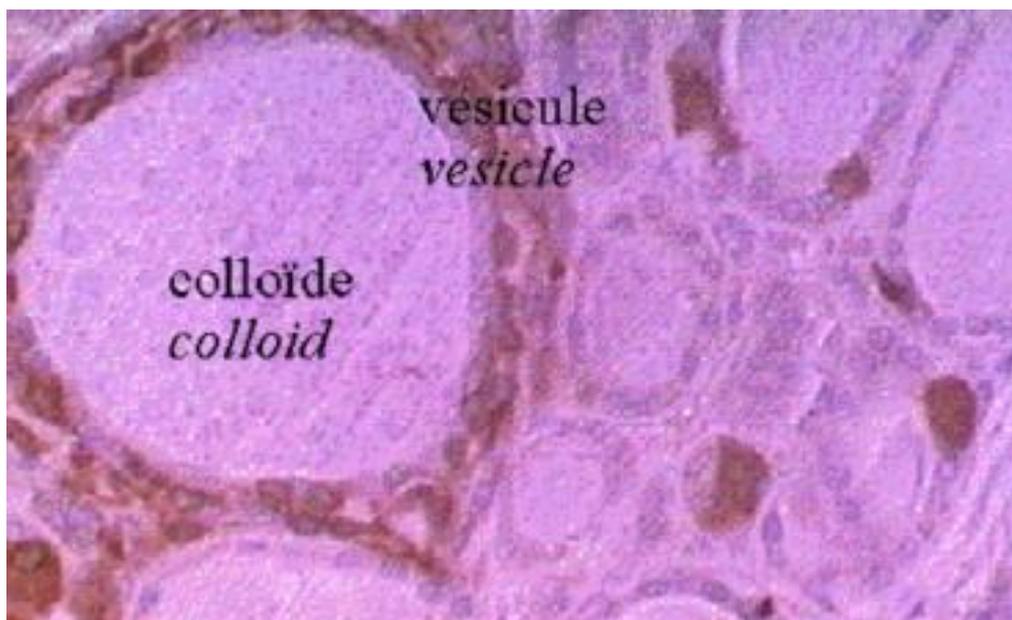


Figure n°3 : Follicule thyroïdien [Tramalloni, 2012 ; [20]]

1.2.1.2. Vascularisation et innervation

- **Artères thyroïdiennes**

L'irrigation de la glande thyroïde est extrêmement abondante ; en effet, elle est l'organe le plus irrigué de l'organisme avec 56 ml de sang pour 10 g [21].

La vascularisation artérielle est assurée principalement par deux artères que sont :

- l'artère thyroïdienne supérieure, première branche de l'artère carotide externe qui se subdivise une fois la glande atteinte en trois branches (latérale, médiale et postérieure) et ;
- l'artère thyroïdienne inférieure qui naît du tronc thyro-cervical, elle-même branche collatérale de l'artère subclavière. Elle se subdivise également en trois branches (latérale, médiale et postérieure).

Dans de rares cas il est possible qu'une troisième artère vienne vasculariser la thyroïde dans sa portion basse. Elle porte le nom d'artère de NEUBAUER et est une branche de la crosse de l'aorte [21].

- **Veines thyroïdiennes**

Les veines qui s'occupent du drainage de la glande thyroïde forment le plexus thyroïdien à sa surface et sont principalement au nombre de trois :

- la veine thyroïdienne supérieure : résultant de la confluence de trois veines dans la glande et formant avec les veines linguale et faciale le tronc thyro-lingo-facial qui se jette dans la veine jugulaire interne ;
- la veine thyroïdienne moyenne : elle provient de la réunion de plusieurs branches pas très volumineuses qui se jette elle aussi dans la veine jugulaire interne et ;
- la veine thyroïdienne inférieure formée par la confluence de trois veines dans la glande et se jette dans le tronc veineux brachio-céphalique. [21]

De même que pour les artères, certaines veines accessoires vascularisent préférentiellement l'isthme et rejoignent les troncs brachio-céphaliques droit et gauche.

- **Lymphatiques thyroïdiens**

Ils sont satellites des veines et sont responsables de la propagation médiastinale des cancers thyroïdiens [22].

- **Innervation**

La thyroïde reçoit :

- une innervation sympathique par les rameaux des ganglions cervicaux supérieurs et moyens. Celle-ci accompagne le trajet des artères thyroïdiennes supérieures et moyennes ;
- une innervation parasympathique par les filets des nerfs laryngés supérieurs et inférieurs.

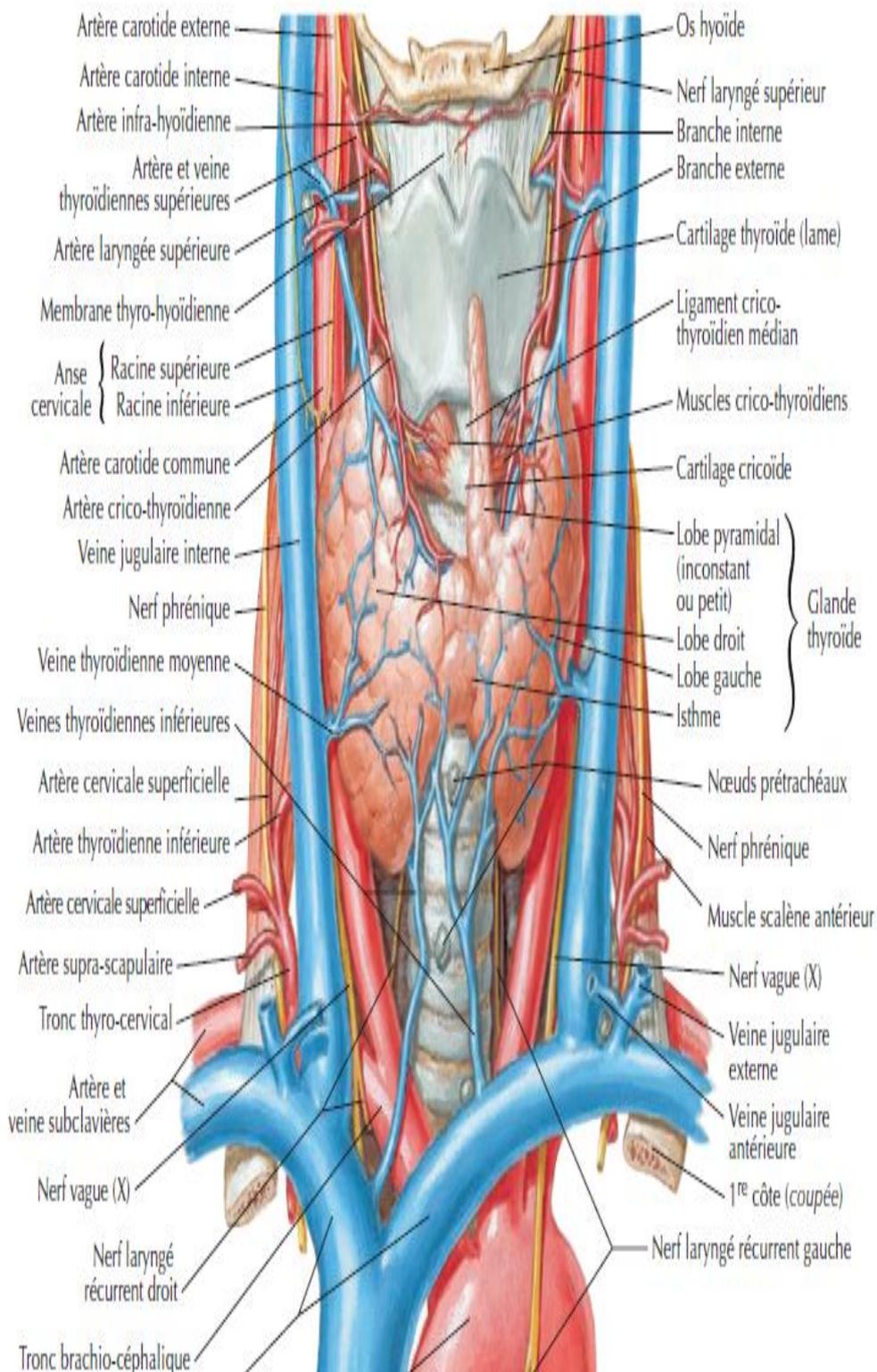


Figure n°4: Vascularisation et innervation de la glande thyroïde [Netter Franck, 2011 ; [23]]

1.2.2. Les hormones thyroïdiennes

1.2.2.1. Régulation de la fonction thyroïdienne

La thyroïde est une glande hypothalamo-hypophysaire-dépendante. L'hypophyse agit sur la thyroïde par l'intermédiaire de la thyrotrophine (TSH) [18], encore appelée « thyrotrophine », « thyrotropine » ou « Thyroid Stimulating Hormone –TSH ».

La TSH est libérée par les cellules thyrotropes de l'adénohypophyse, sous l'effet d'un peptide hypothalamique appelé thyrolibérine/ Thyroid Releasing Hormone -TRH- ; la quelle est une stimuline qui favorise le développement normal et l'activité sécrétrice de la thyroïde. [18]

Sa libération est conforme à la boucle de rétroaction (« Feed-Back ») propre aux glandes endocrines Hypothalamo-Hypophysaire-Dépendantes. [18]

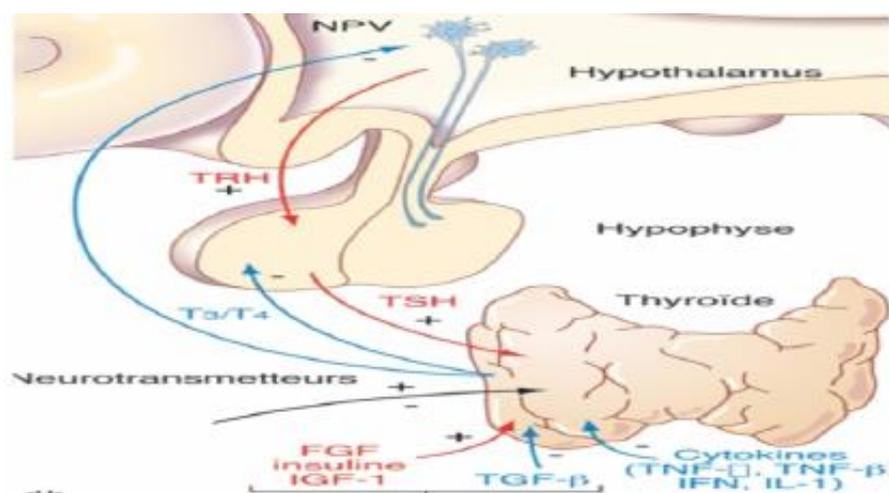


Figure n°5 : Régulation de la fonction thyroïdienne [Pr Young J. ; 2011, [24]]

1.2.2.2. Synthèse des hormones thyroïdiennes [25]

Dans un premier temps l'iode moléculaire apporté par l'alimentation est absorbé par l'intestin puis transporté par la circulation générale où il est capté par la thyroïde. À l'intérieur du follicule thyroïdien il est oxydé puis incorporé à la thyroglobuline pour donner les iodotyrosines, lesquelles se

couplent pour former les iodothyronines (hormones thyroïdiennes) qui sont libérées dans la circulation générale.

Classiquement, ce processus est décrit en sept étapes : la captation, l'oxydation, l'organification, le couplage, l'endocytose, la protéolyse et la déshalogénéation. La totalité du processus de biosynthèse est contrôlée par la thyroïdostimuline (TSH).

- ***La captation***

L'iode moléculaire absorbé et transporté par la circulation générale, mais il est capté par le pôle basal des cellules folliculaires de la thyroïde grâce à la pompe à iode sous la forme d'iodures (anions d'iode, I^-), avant d'être incorporé dans le follicule thyroïdien. La captation repose sur un transport actif de l'iode.

- ***L'oxydation***

Par le contrôle de la TSH et sous l'effet d'une enzyme la thyroperoxydase "TPO" (également appelée peroxydase thyroïdienne ou thyroïde peroxydase) les iodures sont oxydés par l'eau oxygénée et transformés en iodates (I_2) dans le colloïde des follicules thyroïdiens.

Il est à noter que la thyroperoxydase contient dans sa formule chimique du sélénium, ce qui explique dans les zones où les TDCI sont endémiques, il existe aussi dans la population des carences en sélénium.

- ***L'organification***

Sous l'effet de la TSH, l'iode se lie à la tyrosine de la thyroglobuline pour former les iodotyrosines. La liaison d'une molécule d'iode donne la monoiodotyrosine (MIT ou T_1), tandis que la liaison de deux atomes d'iode à la tyrosine produit la diiodotyrosine (DIT ou T_2).

- ***Le couplage***

Sous l'effet de la TSH, les enzymes contenues dans le colloïde couplent la MIT et la DIT entre elles pour donner les iodothyronines (hormones thyroïdiennes) ;

ainsi deux molécules de diiodotyrosine s'unissent pour former la tétraiodothyronine ou thyroxine (T_4) alors que l'union d'une molécule de monoiodotyrosine et d'une molécule de diiodotyrosine forme la triiodothyronine (T_3). Ces hormones sont encore liées à la thyroglobuline.

La T_4 constitue 80% des hormones sécrétées par la thyroïde (80 $\mu\text{g}/\text{jour}$), (c'est une pro-hormone inactive) ; en revanche, la T_3 qui constitue 20% des hormones thyroïdiennes sécrétées, est active. Toutefois la T_3 thyroïdienne ne constitue pas la totalité de la triiodothyronine active de l'organisme, car 95% de cette hormone circulante provient de la désiodation de la T_4 .

- ***L'endocytose***

Il est indispensable que les cellules folliculaires absorbent la thyroglobuline iodée par endocytose (pinocytose) et que les vésicules qui en résultent s'associent à des lysosomes pour que les hormones soient sécrétées.

- ***La protéolyse***

Elle consiste à la séparation de la T_3 et de la T_4 de la thyroglobuline par les enzymes lysosomiales. Ces hormones diffuseront plus tard des cellules folliculaires jusque dans la circulation sanguine.

- ***La déshalogénéation***

La MIT et de la DIT non couplées sont libérées de la thyroglobuline par protéolyse sous l'effet d'une désiodase thyroïdienne pour ensuite subir une nouvelle captation (c'est l'iode endogène).

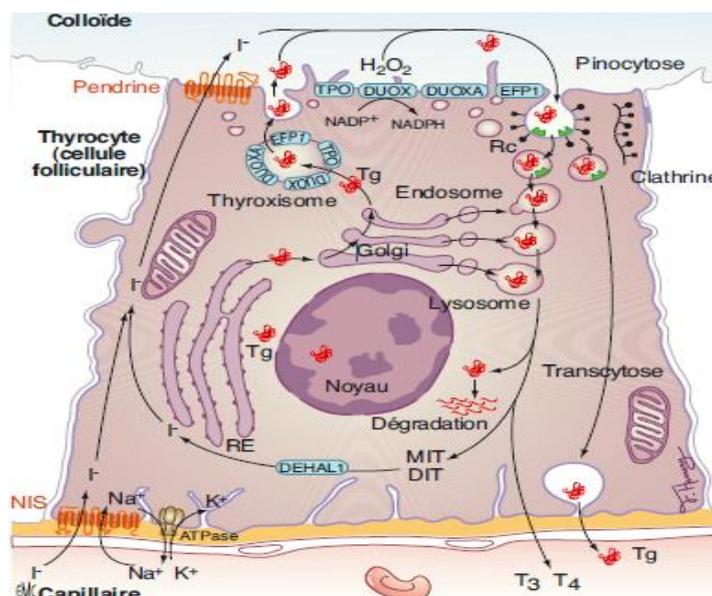


Figure n°6 : Biosynthèse des hormones thyroïdiennes [Pr Young J. ; 2011, [24]]

1.2.2.3. Transport des hormones thyroïdiennes

Une bonne partie des hormones thyroïdiennes sont fixées sur des protéines plasmatiques, le reste circule sous la forme libre : T₃ libre (FT₃ –free T₃-) et T₄ libre (FT₄ –free T₄-). Chez le sujet euthyroïdien 0,02% de T₄ sécrétée circule sous la forme libre, de même 0,3% de la T₃ est de la FT₃. Il est à noter que ces formes libres sont actives physiologiquement, la FT₄ étant 20 fois plus active que la FT₃ [26].

Trois protéines plasmatiques transportent les hormones :

- la T.B.G (thyroxine binding globulin) encore appelée glodocine fixe la thyroxine et présente une plus grande affinité pour la T₄ que pour la T₃ La T.B.G fixe 75 à 80% de la T₃ et de la T₄ [26].
- la T.B.P.A (thyroxine binding pre-albumin) qui lie la thyroxine de façon presque aussi intense que la T.B.G, mais n'a aucune affinité pour la T₃ ; la T.B.P.A fixe 10% de la T₃ et 15% à 20% de la T₄ [26].
- la T.B.A (thyroxine binding albumin) ou S.A.H (sérum albumine humaine) a une affinité très faible pour la T₃ et T₄, mais sa capacité de transport est très

élevée ; elle ne lie que 10% de la T_3 . La T.B.A fixe 10% de la T_3 et 5% à 10% de la T_4 . La T.B.G fixe 75% à 80% de la T_3 et de la T_4 [26].

1.2.2.4. Actions physiologiques des hormones thyroïdiennes

- *Effets sur le métabolisme*

Les hormones thyroïdiennes apparaissent comme des accélérateurs métaboliques de l'organisme. Il s'agit :

- de l'action sur la consommation d'oxygène et la calorigénèse. En effet, les hormones thyroïdiennes stimulent le métabolisme basal par l'augmentation de la consommation d'oxygène de 50% et de la calorigénèse [27].
- de l'action sur le métabolisme des glucides : les hormones thyroïdiennes ont un effet hyperglycémiant par l'augmentation de l'absorption intestinale des glucides et glycolyse hépatique.
- de l'action sur le métabolisme des lipides : les hormones thyroïdiennes entraînent une augmentation du catabolisme lipidique, ce qui entraîne une lipolyse à partir du shunt des fructoses et des substances du cycle de Krebs.
- de l'action sur le métabolisme des protides : nous observons une augmentation du catabolisme protidique, ce qui entraîne une protéolyse et une fonte musculaire (amaigrissement).
- de l'action sur le métabolisme de l'eau et les électrolytes : les hormones thyroïdiennes augmentent la diurèse en majorant la filtration glomérulaire et en diminuant la réabsorption tubaire de l'eau. Elles accroissent également l'excrétion urinaire et fécale du calcium.

- *Effets sur le système et les tissus*

- Action des hormones thyroïdiennes sur le système sympathique*

La triiodothyronine a une action bêta stimulante directe sur les tissus cardiaques, musculaires, digestifs et à un degré moindre nerveux [27].

ii. *Action sur les viscères (voir tableau III)*

Tableau III : Action des hormones thyroïdiennes sur les viscères [*abrévés d'endocrinologie, Hazard et Perlumeter 1983, [28]*]

	Hyperthyroïdie	Hypothyroïdie
Cœur	Tachycardie Débit cardiaque augmenté Trouble du rythme	Bradycardie Débit cardiaque diminué Bloc auriculo-ventriculaire
Muscles	Myasthénie Décontraction rapide	Myotonie Crampe Décontraction lente
Système nerveux	Nervosité Agressivité Hyperémotivité Confusion	Apathique Ralentissement Dépression
Tube digestif	Diarrhée	Constipation
Thermogénèse	Sueur Chaleur	Moiteur des mains Thermophobie
Hématopoïèse	Leucopénie Neutropénie Thrombopénie	Anémie

1.3. Les troubles dus à la carence en iode et moyens de lutte

L'expression de Troubles Dus à la Carence en Iode (TDCI), proposé par HETZEL en 1983 [29,30] regroupe un ensemble de maladies, manifestations cliniques ou d'altérations métaboliques et psychomotrices provoquées par un apport alimentaire insuffisant en iode. Les TDCI sont reconnus actuellement comme étant la seule cause de déficience mentale évitable par la prévention (sel iodé).

En effet, l'iode doit être disponible en quantité suffisante surtout au début de la vie pour éviter une altération permanente de la fonction neurologique et la réduction du quotient intellectuel (QI) [31].

Dans certaines régions du monde, le goitre est considéré comme un signe de beauté chez la jeune fille [6] quant au crétinisme il est considéré comme lié à la sorcellerie [6].

L'évaluation du statut nutritionnel en rapport avec les TDCI constitue la base pour l'évaluation et le contrôle de tout programme de lutte.

Trois composantes majeures sont exigées pour cette évaluation ; ce sont par ordre d'importance du point de vue de santé publique :

- la détermination de l'excrétion d'iode dans l'urine : l'excrétion de l'iode urinaire est le meilleur marqueur de la prise diététique récente d'iode et, par conséquent, l'index de choix pour évaluer le degré de carence en iode et de sa correction dans une population [29].
- la détermination de la dimension de la thyroïde et l'estimation de la prévalence de goitre et ;
- la détermination du taux de TSH, des hormones thyroïdiennes et de la thyroglobuline dans le sérum.

1.3.1. Épidémiologie des troubles dus à la carence en iode (TDCI) dans le Monde

Les TDCI constituent un fléau grave et silencieux qui affecte des communautés entières de par le monde.

En 1999, selon l'OMS, 130 des 191 pays recensés dans le monde étaient endémiques. Les régions les plus touchées étant l'Afrique et l'Asie du Sud-Est dont la presque totalité des pays avaient un problème de carence iodée [30]. Dans 20 autres pays, la carence iodée avait été éliminée ou n'était pas un problème de santé publique et dans les 41 pays restants, l'ampleur de la carence n'était pas connue en raison du manque de données bien que, pour certains d'entre eux, une forte présomption existait [32].

Tableau IV : Nombre de pays affectés par la carence iodée estimé à partir du taux total de goitre (TTG). [OMS/ UNICEF/ICCIDD, 1999 ; [30]]

Régions OMS	Nombre de pays			
	Nombre total de pays dans la région	Carence iodée présente en tant que problème de santé publique	Données insuffisantes	Carence iodée éliminée ou absente
Afrique	46	44	1	1
Amérique	35	19	13	3
Asie du Sud-Est	10	9	1	0
Méditerranée orientale	22	17	4	1
Europe	51	32	6	13
Pacifique occidental	27	9	16	2
Total	191	130	41	20

En 2007, l'OMS et l'UNICEF estimaient qu'environ :

- 1 milliard et demi de personnes vivaient dans les régions pauvres en iode et donc exposées à ce risque ;
- 665 millions d'individus avaient des TDCI ;
- au moins 118 pays étaient touchés ;
- 200 millions présentaient un goitre ;
- 20 millions souffraient d'un handicap mental sensible ;

Le nombre de pays pour lesquels le manque d'iode est un problème de santé publique national a diminué de 110 en 1993 à 47 en 2007 [33].

Les régions les plus touchées en pourcentage de leur population atteinte de goitre en nombre absolu de population étaient par ordre décroissant, l'Asie du Sud-Est, la Méditerranée orientale, l'Europe, l'Afrique et le Pacifique occidental, puis les Amériques [32].

À noter les régions montagneuses classiquement des foyers de goitre endémique associé souvent au crétinisme sont les Alpes, le Caucase, l'Himalaya, les Andes, l'Atlas, ainsi que les pays andins en Équateur, Pérou et Bolivie [29].

L'appauvrissement des sols en iode dans ces régions est attribué à l'extension de la couverture glaciaire au quaternaire [34]. Les autres aires endémiques se répartissent selon des contraintes géographiques (éloignement des côtes, faible pluviométrie), ou géochimiques (origines des sols) [6].

En 2017, les dernières données émanant de l'OMS font état de 19 pays dans le monde où la carence en iode est encore d'actualité. Nous observons ainsi une forte réduction du nombre des pays carencés en iode qui de 110 pays dans le monde en 1993 est passé à 54 pays en 2003 pour aujourd'hui être à 19 pays [35].

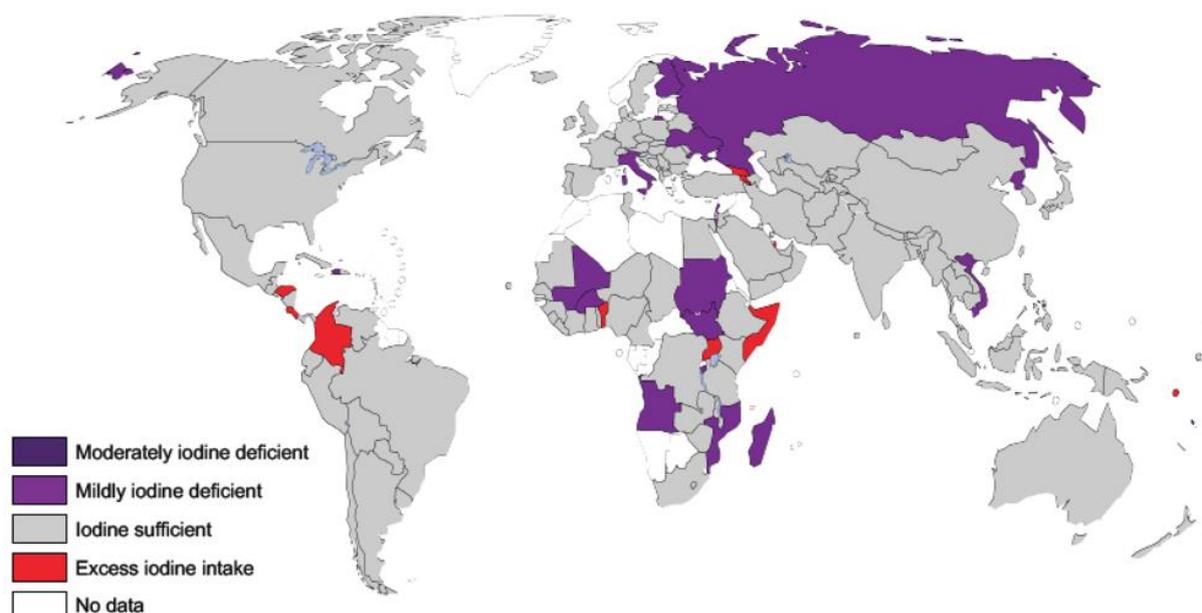


Figure n°7 : Carence en iode dans le monde en 2017 [*Iodine Global Network, 2017 ; [35]*]

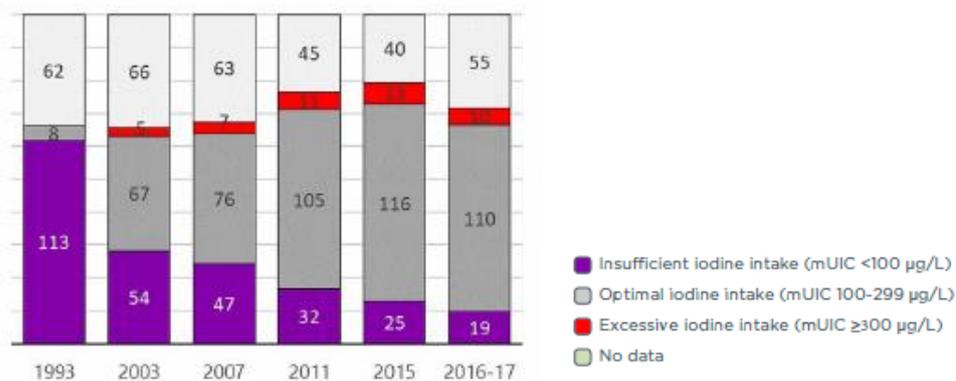
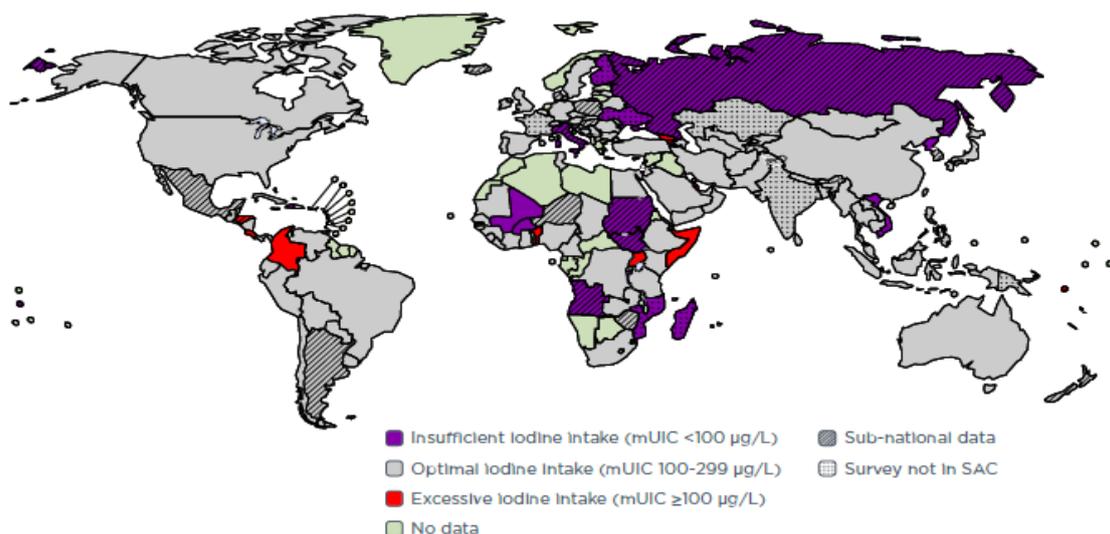


Figure n°8 : Répartition du statut iodé selon l’iodurie moyenne [*Iodine Global Network, 2017 ; [35]*]



Map

The 2017 global map of iodine status is based on median urinary iodine concentration (UIC) of school-age children (or where not available, adolescent and adult populations) from the last 15 years.

Figure n°9 : Statut iodé du monde basé sur l’iodurie moyenne en 2017 [*Iodine Global Network, 2017 ; [35]*]

L’élimination virtuelle des troubles dus à la carence en iode avait été déclarée en 2016 par l’OMS dans la région américaine où Haiti demeure jusqu’en 2017 le seul pays carencé en iode avec iodurie médiane de 84 µg/ L.

Le Vietnam et le Vanuatu font partie des pays en Asie qui trouvent de la peine à venir à bout de ce fléau.

Avec un taux de 86% de ménage consommant un sel adéquatement iodé en 2017, l’OMS s’est fixé un nouvel objectif d’éliminer définitivement la carence en iode dans le monde d’ici 2020 et atteindre 95% de ménage consommant du sel adéquatement iodé.

1.3.2. Épidémiologie des troubles dus à la carence en iode en Afrique

Le continent africain présente de nombreux foyers, en particulier en Afrique orientale (de l’Éthiopie au Malawi) et en Afrique centrale. Dans ces deux dernières régions, la déficience en iode est majorée par la présence dans les aliments (manioc, sorgho) contenant des antithyroïdiens (thiocyanates, isothiocyanates, perchlorates, flavonoïdes, goitrine). L’absence d’enquêtes de prévalence récentes dans de nombreux pays africains rend toutefois leurs estimations très aléatoires [36].

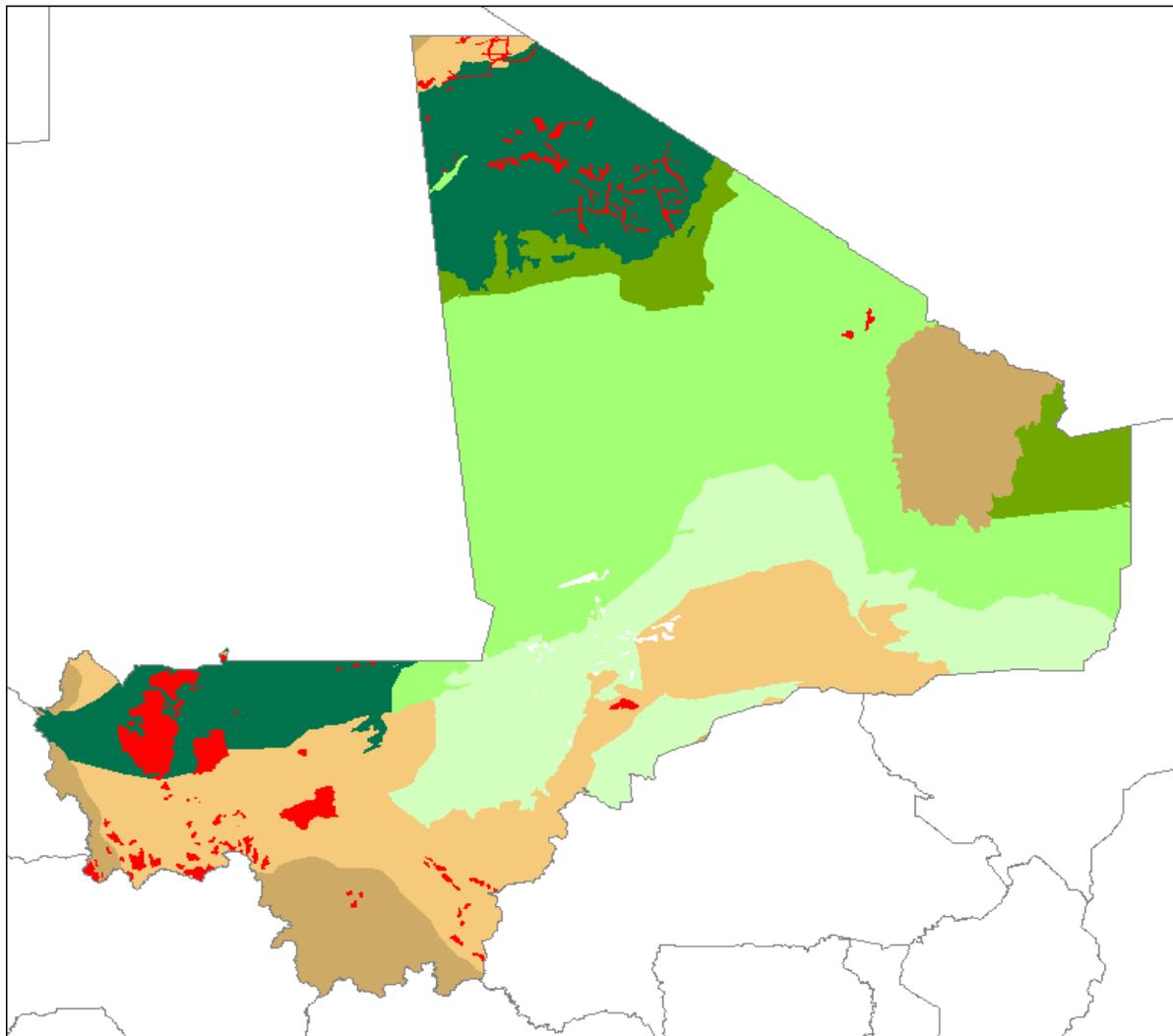
Tableau V : Distribution du goitre endémique sur le continent africain [ABDI Houssein, 2003, [37]]

PAYS	RÉGIONS TOUCHÉES	PRÉVALENCE MOYENNE (%)
CAMEROUN	Est et Ouest	49,75
GUINEE	Nord-Est (Fouta djalon)	70
MALI	Plateau mandingue et Chaîne des Falaises de Bandiagara	20,90
SOUDAN	Darfour	67,5
ZAMBIE	Nord-Ouest	50,5
REP. CENTRAFRICAINE	Sud- Ouest	72
SENEGAL	Sud- Est (Casamance)	62
TOGO	Nord- Ouest (La Kara)	32
ETHIOPIE		78
ZIMBABWE		25,75
GHANA		65
CÔTE D’IVOIRE	Ouest (Man)	54,4
MADAGASCAR		48

En 2017, au regard des données de l’OMS, l’Afrique était la région la plus touchée par les TDCI [35].

1.3.3. Épidémiologie des troubles dus à la carence en iode au Mali

La première enquête signalant la présence des TDCI au Mali date de 1948 où **PALES et al** avaient décrit Bandiagara, Tominian, Ségou, et Mopti parmi les zones d’endémicité goitreuse de l’Afrique de l’Ouest [38]. En fait toutes les régions comprises au sud du 14^{ème} parallèle nord (qui passe par Bandiagara) est endémique. Ces zones de haute prévalence goitreuse se trouvent géologiquement sur des roches méta-sédimentaires datant du précambrien (primaire) et qui correspondent géographiquement au plateau mandingue et au plateau dogon (chaînes des falaises de Bandiagara) [39]. Au nord du 14^{ème} parallèle, au précambrien, tout le Sahara actuel était recouvert par une mer intérieure, laquelle s’est asséchée au quaternaire.



Géologie

- Igné
- Roche sédimentaire: Tertiaire (Terminal Continental)
- Roche sédimentaire: Crétacé supérieur-Eocene (Tertiaire)
- Roche sédimentaire: Crétacé inférieur (Continental Intercalaire)
- Roche sédimentaire-Paléozoïque
- Roche méta-sédimentaire précambrienne (socle)
- Craton précambrien (socle)

Figure n°10 : Carte géologique du Mali [Persits et Al, 2002 ; [40]]

Depuis 1956 des enquêtes épidémiologiques et de nombreuses études réalisées au Mali par des chercheurs de L'O.R.A.N.A, de l'École Nationale de Médecine et de Pharmacie (E.N.M.P) et de l'Institut National de Recherche en Santé Publique (I.N.R.S.P) ont décrit des zones de carence iodée sévère sur les plateaux Dogons et les cercles de San et Tominian [41].

En 1974, la population à risque des TDCI était estimée à 80% et la prévalence globale du goitre était estimée à 30% [41].

En 1979, la prophylaxie par le « Lipiodol injectable » a été menée à Néguela et Faladjè (cercle de Kati) [42].

Une prophylaxie à plus grande échelle par le Lipiodol oral 200 mg a concerné en 1990 toute la population du cercle de Tominian, en collaboration avec l'UNICEF et l'OMS [43].

Entre 1990 et 1994, l'iodation de l'eau des forages et des puits a été assurée avec des diffuseurs d'iode à Faladjé (Kati) et Djidian (Kita) [11,39]. Des études cliniques sur le brassiodol (capsule d'huile iodée dosée à 135 mg) ont été réalisées sur les petits goitres de type G2 à Safo (Kati) en 2001 [44].

À l'instar des autres pays touchés par la carence en iode, le Mali a adopté depuis 1995, la stratégie universelle d'utilisation du sel iodé pour l'élimination durable des TDCI [41].

Ci-après, résumer les études épidémiologiques menées sur les TDCI au Mali entre 1948 et 2001.

Tableau VI : Récapitulatif des études épidémiologiques menées au Mali entre 1948 et 2001 [AHMED Mohamed, 2002, [45]]

Année	Localité	Taille de l'échantillon	Prévalence goitreuse	Auteur	Référence
1948	Bafoulabé	160	5,6%	Léon Pales	(38)
1948	Bamako	41135	10,3%	Léon Pales	(38)
1948	Koutiala	60943	17,3%	Léon Pales	(38)
1948	San	2727	23,5%	Léon Pales	(38)
1948	Ségou	1720	54,2%	Léon Pales	(38)
1948	Tominian	137	30,6%	Léon Pales	(38)
1948	Kita	4634	17,4%	Léon Pales	(38)
1948	Bandiagara	3536	49,7%	Léon Pales	(38)
1968	Sikasso/Mopti	11570	11% / 68%	Hellegouarch	(46)
1968	Bandiagara/Banken	2689	30% / 95%	Hellegouarch	(46)
1975	Kati	420	53%	Ag Rhaly	(47)
1975	Néguéla	2721	57,7%	Ag Rhaly	(48)
1976	Néguéla	3543	59,5%	Soumano	(49)
1978	Koulikoro/Kati/Néguéla	1370	62,33%	Togola F.	(50)
1978	Bamako	272	14,33%	Togola F.	(50)
1979	Kolokani	2565	31,5%	E.N.M.P	(51)
1980	Selingué	2953	28,3%	E.N.M.P	(52)
1981	Kita	1371	22,68%	E.N.M.P	(53)
1981	Bafoulabé	725	35%	E.N.M.P	(53)
1981	Keniéba	742	35,04%	E.N.M.P	(53)
1986	BWA	425	80,22%	Chaventré	(54)
1989	BWA/Sirao	578	80,97%	Ag Rhaly	(55)
1990	Tominian	100653	63,84%	E.N.M.P	(43)
1994	Djidian		67,03%	E.N.M.P	(56)
1998	Tominian/San/Bamako	401	17%	Soumaré A.	(41)
2001	Oussoubidiana	1913	66,64%	Sidibé C.	(57)

En 2005, au Mali une enquête nationale première du genre, organisée par la Direction Nationale de la Santé (DNS) avec l'appui de l'UNICEF a retrouvé un taux de prévalence du goitre de 8,8% chez les enfants de 8 à 12 ans, (soit une carence en iode légère), et une mauvaise connaissance de la population sur l'importance du sel iodé comme mesure idéale et disponible de lutte contre les TDCI. [58]

Selon les dernières données datant de 2017, l'OMS estime une iodurie moyenne de 69 µg/L au Mali la classant ainsi parmi les pays souffrant d'une carence en iode légère [35].

1.3.4. Les différentes manifestations des troubles dus à la carence en iode

La conséquence fondamentale de la déficience chronique en iode est d'interférer avec la production des hormones thyroïdiennes. La réduction de la sécrétion hormonale entraîne une libération accrue d'hormone thyroïdienne (Thyroid Stimulating Hormone, TSH) à l'origine d'une augmentation du volume thyroïdien, se traduisant morphologiquement dans les populations où les apports en iode sont très largement inférieurs aux besoins, par une hyperplasie généralisée de la thyroïde plus ou moins visible, définissant le goitre endémique [6]. Le plus souvent le goitre endémique ne constitue qu'une manifestation tardive d'une exposition à la déficience en iode.

La mise en évidence des anomalies du développement physique, intellectuel et psychique chez le nouveau-né, le jeune enfant et l'adolescent, a conduit Hetzel en 1983 et OMS/UNICEF/ICCIDD en 2001 à regrouper ces anomalies, en fonction du stade de développement où elles apparaissent, sous le terme de "Iodine Deficiency Disorders" (IDD) ou "Troubles Dus à la Carence en Iode" (TDCI) [59].

En 2007, l'OMS a regroupé les TDCI selon le cycle de la vie :

Tableau VII : Spectre des troubles dus à la carence en iode selon le cycle de vie. [Hetzel (1983), WHO/UNICEF/ICCIDD, 2001 ; [60]]

PÉRIODE DE LA VIE	MANIFESTATIONS
FŒTUS	Avortements Mortalité intra-utérine Anomalies congénitales Crétinisme endémique neurologique - débilite mentale sévère - surdi-mutité - troubles spastiques Crétinisme endémique myxœdémateux - arriération mentale ± sévère - retard staturo-pondéral Retard de développement cérébral Défauts psychomoteurs Hypothyroïdie néonatale Goitre néonatal
NOUVEAU-NÉ	Mortalité néonatale Faible poids de naissance Goitre néonatal Retard de développement physique et mental
ENFANT/ ADOLESCENT	Mortalité infantile Goitre simple Hypothyroïdie Retard de développement physique et mental Retard scolaire
ADULTE	Goitre simple et complications ultérieures Altérations de la reproduction Anomalies de la fonction thyroïdienne (grossesse) Altérations mentales et psychiques
TOUT AGE	Hyperthyroïdie iatrogène (induite par l'iode) Goitre Hypothyroïdisme Fonction mentale affaiblie Susceptibilité augmentée à radiation nucléaire

NB : Dans un environnement pauvre en iode, les TDCI sont plus dangereuses et plus graves chez la femme enceinte (pour le développement du fœtus) et chez les enfants, avant la maturation de leurs cerveaux et la constitution normale de leurs squelettes.

Même une légère, les TDCI peuvent entraîner des handicaps chez les enfants en âge scolaire (retards scolaires, formes crétinoïdes, légers retards de croissance, goitre diffus) [61].

1.3.5. Etiopathogénie des troubles dus à la carence en iode selon le cycle de vie

- ***Déficit en iode chez le fœtus***

Le déficit en iode chez le fœtus est le résultat du déficit en iode chez la mère. Une carence en iode pendant la grossesse a comme conséquence la réduction de synthèse d'hormones thyroïdiennes pour la mère et le fœtus. L'hypothyroxinémie maternelle est associée avec une plus grande fréquence d'avortements spontanés, les mortalités périnatales, les anomalies congénitales, et joue un rôle prépondérant dans la physiopathologie des lésions cérébrales et du crétinisme. Il a été montré que la thyroxine (T₄) maternelle peut traverser le placenta et intervient dans le développement du cerveau, notamment pendant les premiers mois de la vie [62]. Ces troubles peuvent être réduits par correction du déficit en iode. Les effets sont semblables à ceux observés dans l'hypothyroïdisme maternel qui peut être réduit par thérapie du remplacement de l'hormone thyroïdienne.

- **Déficit en iode chez le nouveau-né**

Il a été démontré en République démocratique de Congo que la carence en iode entraîne une augmentation de mortalité néonatale. Dans ce contexte épidémiologique, le crétinisme survient avant l'âge de deux ans.

Une recherche en 1994 a démontré les effets délétères du déficit faible et modéré en iode sur le fonctionnement du cerveau [29,63].

La mortalité infantile due à la carence en iode est plus élevée, en raison de la fragilité de défenses contre les infections et d'autres problèmes nutritionnels que celles des enfants vivant dans les régions non carencées.

- **Déficit en iode chez l'enfant**

Une carence iodée avec une hypothyroïdie fruste durant les 6 premiers mois de grossesse serait responsable d'une diminution des capacités intellectuelles chez les enfants à l'âge de 4 à 7 ans parce que l'hypothyroxinémie maternelle précoce semble conditionner des anomalies du développement psychomoteur des enfants [64].



Figure n°11 : Goitre endémique chez les enfants des hauts plateaux Ukinga en République-Unie de Tanzanie (à gauche) et d'un enfant atteint de crétinisme neurologique en Afrique (à droite) [Latham M., 2001 ; [65]]

- **Déficit en iode chez l'adulte**

Un haut degré de déficience a été noté chez les populations vivant dans les régions sévèrement déficitaires en iode. Le retard mental dû à l'hypothyroïdie

est largement observé chez les communautés déficientes en iode avec les effets sur leur capacité dans la prise d'initiative et de décision [29].

NB : La carence en iode est la principale cause de retard mental évitable [29,66].



Figure n°12 : Goitre endémique chez les adultes des hauts plateaux Ukinga en République-Unie de Tanzanie [Latham M., 2001 ; [65]]

1.3.6. Lutte contre les TDCI

1.3.6.1. Lutte contre les TDCI dans le Monde

Il y a actuellement un effort mondial pour l'éliminer à travers des stratégies très efficaces de supplémentation en iode et ou de fortification d'aliment [33].

La première évaluation globale approfondie de la carence en iode a été faite par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1960 [67].

Depuis 1990, l'élimination des TDCI a été une partie intégrante de nombreuses stratégies nationales sur la nutrition. Cette mobilisation internationale est intervenue suite au Sommet mondial pour les enfants, qui s'est tenu au Siège des Nations Unies en 1990 qui a admis que l'éradication des TDCI est une priorité, et à la conférence organisée par l'OMS et l'UNICEF en 1991 à Montréal au

Canada où les dirigeants du monde ont adopté l'objectif ambitieux d'éliminer la carence en iode en tant que problème de santé publique en 2000 [67].

Pour lutter contre les TDCI, les organisations internationales (OMS, UNICEF, ICCIDD) ont joué un rôle crucial en soutenant les efforts des gouvernements. Elles se sont mobilisées en mettant en place des programmes de prévention contre les différents TDCI, avec comme priorité, prévenir les atteintes du système nerveux central par l'administration de l'huile iodée (PMI) et assurer une couverture de longue durée par le sel iodé. Les coûts de ces programmes devraient largement être compensés par des avantages d'ordre sanitaire, économique et social [68].

- **L'iodation universelle du sel (USI)**

La principale stratégie de lutte contre les TDCI reconnue actuellement par tous les organismes internationaux (UNICEF, OMS, ICCIDD, l'iodation universelle du sel, elle est considérée comme la mesure la plus appropriée pour la supplémentation en iode [30] ; il a été choisi comme un véhicule pour la fortification en iode dans beaucoup de pays [10,69].

Il présente tous les avantages d'un moyen de prévention de masse :

- le sel est l'une des rares denrées consommées par l'ensemble de la population ;
- la consommation de sel est assez stable pendant toute l'année ;
- la production de sel est en général limitée à quelques zones géographiques ;
- la technologie d'iodation du sel est facile à mettre en œuvre et est accessible à tous les pays en développement à un coût modique ;
- l'adjonction d'iode au sel n'affecte pas sa couleur, sa saveur, ni son odeur ;

- la qualité du sel iodé peut être surveillée au niveau de la production, du commerce de détail et des ménages et ;
- la teneur en iode du sel iodé est assez stable. [70]

En outre, il peut être utilisé par toute la population ; sans danger pour les nourrissons, les enfants, les femmes enceintes et allaitantes. Il est consommé comme un condiment à peu près au même niveau tout au long de l'année.

Sa production se limite souvent à quelques centres, ce qui signifie que le traitement peut se produire sur une plus grande échelle et avec un meilleur contrôle des conditions [29].

Pour suivre les progrès de l'iodation universelle du sel (USI), l'UNICEF dans sa base de données mondiale sur la consommation de sel iodé, compile les données des pays sur la proportion de ménages consommant le sel iodé de façon adéquate. Les données sur les niveaux d'iode et son utilisation dans le sel de table sont tirées des enquêtes nationales auprès des ménages (des enquêtes en grappes à indicateurs, enquêtes démographiques et sanitaires et des enquêtes nationales sur la nutrition). Les directives actuelles recommandent un niveau de fortification du sel de 20 à 40 mg d'iode par kilogramme. Elles sont basées sur l'hypothèse d'une consommation moyenne de sel de 10 g par jour au niveau de la population [7,71].

En 2008, l'utilisation du sel comme véhicule pour l'enrichissement des aliments a été révisée après la publication de recommandations pour l'apport réduit en sel en vue de la prévention contre les maladies cardiovasculaires. Après la consultation d'experts d'OMS, il n'a été trouvé aucun conflit entre la réduction de la consommation de sel et le maintien de la stratégie USI [72].

Ainsi, l'USI reste l'approche la plus réalisable et rentable pour la lutte contre la carence en iode dans le monde entier [33].

En 1998, soixante-sept pour cent (67 %) des pays touchés par la carence en iode ont fait des progrès ; 48% ont fait des progrès qualifiés de substantiels (plus de la moitié de la population consomme du sel iodé). La proportion de ces pays est la plus élevée dans la région des Amériques (100%), puis dans celles de l'Asie du Sud-Est (60%), de la Méditerranée orientale (59%), du Pacifique occidental (44%), de l'Afrique (41%) et de l'Europe (19%). Les huit pays les plus peuplés (Bangladesh, Brésil, Chine, Fédération de Russie, Inde, Indonésie, Nigéria et Pakistan) où sont observés des troubles dus à une carence en iode ont fait des progrès significatifs vers l'iodation universelle du sel [73]. Mais 30 pays dans lesquels existait un problème de carence en iode n'ont encore signalé aucune activité de lutte [73].

En 1998, bien que 87 % des pays dans lesquels existaient des programmes d'iodation du sel signalaient surveiller la qualité du sel iodé, cette surveillance demandait à être renforcée dans beaucoup d'entre eux. Par ailleurs, 74 % des pays ont mis en place un système de surveillance du bilan de l'iode, établi le plus souvent à partir de la prévalence du goitre [73]. Un nombre croissant de pays mesurent aussi l'iode dans l'urine, qui est le principal indicateur recommandé pour l'évaluation de l'impact des mesures de lutte contre la carence en iode. Quelques pays n'ont pas encore fait d'enquête sur la prévalence des troubles dus à une carence en iode après l'introduction de l'iodation du sel. Toutefois, ceux qui ont fait de telles enquêtes (l'Algérie, le Bhoutan, la Bolivie, le Cameroun, la Chine, l'Indonésie, le Pérou, la Thaïlande et le Zimbabwe...) ont observé des changements spectaculaires, à savoir une baisse de la prévalence du goitre et une augmentation des concentrations urinaires d'iode dans les régions touchées [73].

Deux formes chimiques d'iode conviennent pour l'utilisation en enrichissement alimentaire, les iodates et les iodures. On les ajoute en général aux denrées alimentaires sous forme de sels de potassium, mais aussi parfois sous forme de

sels de calcium ou de sodium. La richesse en iode de ces composés est variable : le KI contient 25% de plus d'iode que le KIO_3 [74].

L'iodure de potassium est utilisé comme additif dans le pain et le sel depuis environ 80 ans, et l'iodate de potassium depuis environ 50 ans. Les iodates sont moins solubles dans l'eau que les iodures, résistent mieux à l'oxydation et à l'évaporation et, comme ils sont plus stables dans des conditions climatiques défavorables, ils n'exigent pas l'adjonction simultanée de stabilisants. Bien que plus coûteux, l'iodate de potassium est ainsi préféré à l'iodure de potassium, surtout en climat chaud et humide, et est recommandé comme additif dans de nombreux aliments, notamment le sel [71,75].

Pour des raisons historiques, les pays d'Europe et d'Amérique du Nord continuent à utiliser l'iodure de potassium, tandis que la plupart des pays tropicaux utilisent l'iodate de potassium. Les pertes d'iode dues à l'oxydation de l'iodure sont augmentées par l'humidité, l'exposition à la chaleur et au rayonnement solaire, et par la présence d'impuretés dans le sel auquel il est ajouté [70].

L'élaboration des programmes de prévention et de lutte doit commencer par la mise en place d'un mécanisme chargé de coordonner l'action des secteurs impliqués dans la lutte contre les TDCI et de surveiller l'exécution du programme. Il faut ensuite procéder à des évaluations de base, préparer des plans d'action, obtenir le soutien des politiques, communiquer avec le public et différents secteurs, et enfin, rédiger, adopter et mettre en œuvre une législation sur les moyens de fortification en iode. Il est essentiel de suivre l'impact des programmes d'iodation pour garantir qu'une proportion adéquate de la population en bénéficie de façon durable [73].

Des tests rapides ont été mis au point. Ils ont l'avantage d'être bon marché et d'emploi facile sur le terrain. Aussi sont-ils largement utilisés pour contrôler le

sel aux points de production ou d'entrée. Ils sont plus rarement utilisés au niveau des ménages, bien que le contrôle du sel y soit aussi recommandé [32,76,77].

Les données de plus en plus nombreuses attestant d'une réapparition de la carence en iode dans certains pays d'où elle avait été éliminée montrent à quel point il est nécessaire de maintenir la surveillance du bilan iodé des populations auparavant exposées [73].

L'UNICEF a estimé à 86% le taux de ménage dans le Monde consommant le sel adéquatement iodé en 2017 encore loin du but des 95% visé par l'USI qu'elle estime être atteint en 2020 [35].

- **Autres moyens alternatifs de lutte contre les TDCI dans le monde**

Des véhicules alternatifs supplémentaires pour la fortification en iode peuvent être employés pour compléter l'apport en iode dans les populations où la consommation de sel iodé est réduite, ou le programme a été jugé insuffisant.

- le pain iodé : Russie et Tasmanie [78] ;
- l'eau iodée : Mali [79] et au Soudan [80] ;
- le lait et les produits laitiers par l'iodation du fourrage destiné au bétail : Royaume-Uni [81] et ;
- L'huile iodée au Mali [42,44,82,83].

1.3.6.2. Les manifestations en rapport avec l'excès d'apport en iode

Des manifestations (rares, mais à connaître) peuvent être rencontrées au cours de l'utilisation des moyens de lutte contre les TDCI.

- *l'iodisme* : c'est une réaction allergique à l'iode pouvant être aigue ou chronique. La forme aiguë se manifeste par des phénomènes

angioneurotiques allant de l'urticaire aux états hémorragiques. La forme chronique se manifeste par une rhinite chronique, une hypertrophie des glandes salivaires et divers exanthèmes rappelant l'acné [56,84]. L'iodisme se voit chez les sujets qui présentent une hypersensibilité à l'iode et qui ont reçu une forte dose thérapeutique.

- *l'iode Basedow* : il est rare, réversible et transitoire. Il paraît lié à une adaptation incomplète de la thyroïde chez un sujet porteur d'une anomalie thyroïdienne [28,84].
- *la thyroïdite aiguë* : survenant au début de la thérapeutique et se manifestant par une hypertrophie douloureuse de la thyroïde qui régresse à l'arrêt du traitement.
- *l'effet Wolff Chaikoff* : il survient après une administration prolongée et excessive de l'iode qui entraîne un blocage des réactions d'organification et de couplage donc par ricochet une inhibition de la synthèse hormonale thyroïdienne [28,85].

1.3.6.3. Moyens de lutte contre les TDCI au Mali

Plusieurs essais se sont succédés dans les zones d'endémie goitreuse au Mali avec une certaine satisfaction.

- **Huile iodée**

En 1979, DIAKITÉ M. [42] prouve l'efficacité et l'innocuité de la prophylaxie du goitre endémique par les injections de Lipiodol dans l'arrondissement de Néguela à l'époque une zone de haute endémicité.

TRAORÉ BF. [43] prouve au cours de l'année 1990 l'efficacité des capsules d'iode dosées à 270 mg dans le cercle de Tominian. CAMARA Z. [83] au cours de la même année démontre l'activité clinique et biologique du Lipiodol ultra fluide à 40% (270 mg) par voie orale sur 58 cas de goitre endémique à Bamako.

L'année d'après, KONE B. [86] confirmait avec des résultats assez concluants l'utilisation du Lipiodol oral, cette fois faiblement dosé à 135 mg dans le traitement des goitres visibles (G2 ; G3) sur 60 cas à Bamako.

- **Iodation de l'eau**

En 1989, BOUNDY M. [11] étudie avec satisfaction l'impact des diffuseurs d'iode en silicone placés dans les puits et les forages chez les populations du village BWA Sirao.

Au cours de l'année 1991, KASSOGUE M. [56] apportait un regain d'intérêt à l'utilisation des diffuseurs d'iode en silicone placés dans les puits et les forages, mais cette fois à travers d'une menée à grande échelle dans l'arrondissement de Djidian.

- **Iodation universelle du sel**

Elle fut adoptée par le Mali en 1995 via l'arrêté interministériel N° 95-0330/MSPAS/MICA/MMEH/MF portant réglementation de la production, de l'importation et de la vente du sel iodé pour la prévention des TDCI entérinant ainsi le programme national de lutte contre les TDCI. Le moyen de lutte axé sur le sel iodé sera détaillé dans le prochain chapitre.

1.4. Le sel iodé au Mali

1.4.1. Contexte

En 1974, la population à risque des TDCI était estimée à 80 % et la prévalence du goitre était évaluée à 30 %, traduisant un problème sévère de santé publique au Mali [87]. Conformément à l'objectif fixé en 1990 par l'Assemblée Mondiale pour les Enfants et à la Résolution A/RES/518/94 du 8 août 1994 rendant obligatoire l'iodation du sel dans

tous les États membres de la CEDEAO [87]. Le Mali a adopté la stratégie d'iodation universelle du sel par l'Arrêté interministériel N° 95-0330/MSPAS/MICA/MMEH/MF du 16 février 1995 portant réglementation de

la production, de l'importation et de la vente du sel iodé pour la prévention des TDCI. Cet arrêté fut révisé en juillet 1999.

Le Mali produit du sel gemme (faiblement iodé) dans sa partie Nord (Taoudénit), mais la quasi-totalité du sel consommé dans le pays est importée, essentiellement du Sénégal ; le poste frontalier de Diboli en est la principale porte d'entrée.

Déjà au cours des premières années du programme de lutte, le Mali avait mis en œuvre des activités de sensibilisation, de contrôle et de coordination, en vue de l'application de la réglementation nationale portant sur la production, de l'importation et de la vente du sel iodé pour la prévention des TDCI.

En 2005, l'enquête de surveillance avait montré une proportion de ménages disposant du sel iodé de 87,6% au Mali [87]. Cependant, les enquêtes EDS-2006 et MICS-2010 ont révélé une régression des acquis par rapport à la situation de 2005, avec respectivement une disponibilité du sel iodé dans les ménages de 78,9% en 2006 et de 81% en 2010 [87].

L'état des lieux fait en Mars 2011 par la Division de Nutrition et l'UNICEF a constaté une absence de contrôle de l'iodation du sel dans le pays, en raison notamment de l'absence de directives techniques, d'outils d'analyse et de formation spécifiques pour réaliser des contrôles réglementaires du sel, ainsi que le manque de définition claire des rôles et responsabilités des différents secteurs (Commerce, Douanes, Service d'Hygiène) impliqués. [87]

Selon les résultats de l'Enquête Démographique et de Santé (5^{ème} Edition) – EDS 5- publiés en 2014, seuls 3% des ménages enquêtés sur toute l'étendue du territoire malien ne disposaient pas de sel iodé. La région la plus couverte était celle de Ségou avec 98% des ménages, et la moins couverte celle de Kayes avec 85% [88].

1.4.2. Cadre législatif et réglementaire

Le contrôle du sel au Mali est régi par les textes législatifs et réglementaires suivants :

- **Au niveau international**

La norme du Codex Alimentarius (CX STAN 150-1985, version 2006) [87].

- **Au niveau sous-régional**

- la Résolution A/RES/518/94, du 8 août 1994, rendant obligatoire l'iodation du sel dans tous les États membres de la CEDEAO et ;

- la norme régionale du sel alimentaire iodé adoptée à Dakar en 2010 par le Comité technique régional de Normalisation de l'UEMOA pour l'harmonisation des taux d'iodation du sel dans l'espace ouest-africain. [87]

- **Au niveau national [87]**

- la Loi N° 92-002/AN-RM du 27 Août 1992, portant Code du Commerce en République du Mali ;

- la Loi N° 92-013/AN-RM du 17 Septembre 1992, portant institution d'un système national de normalisation et de contrôle qualité ;

- la Loi N° 01-075 du 18 juin 2001 instituant le Code des Douanes ;

- le Décret N° 00-505/P-RM du 16 Octobre 2000, portant réglementation du Commerce extérieur ;

- l'Ordonnance N° 07-025/P-RM du 18 Juillet 2007, portant organisation de la concurrence ;

- le Décret N° 91-235/P-RM du 1^{er} Décembre 1991, portant organisation et modalités de fonctionnement d'un système national de formation et de contrôle de qualité ;

- l'Arrêté interministériel N° 95-0330/MSPAS/MICA/MMEH/MF du 16 février 1995 portant réglementation de la production, de l'importation et de la vente du sel iodé pour la prévention des TDCI et ;

- l'Arrêté interministériel N° 99/622/MSPAS/MICA/MF du 12 juillet 1999 portant réglementation de la production, de l'importation et de la vente du sel iodé pour la prévention des TDCI en République du Mali.

1.4.3. Réglementation nationale sur le sel alimentaire au Mali [87]

Au regard des textes réglementaires en vigueur suscités, la réglementation nationale portant sur le sel alimentaire au Mali se résume comme suit :

- i. le sel alimentaire est un produit cristallin, de couleur blanche, se composant principalement de chlorure de sodium dont la teneur minimale doit être de 97% de l'extrait sec, non compris les additifs, son goût et son odeur doivent être normaux ;
- ii. tout sel destiné à l'alimentation humaine et animale au Mali doit être iodé avec de l'iodate de potassium ;
- iii. la teneur du sel en iode, exprimée en parties par million (ppm) ou mg/kg, doit être comprise dans les limites suivantes :
 - 30-60 ppm d'iode, soit 50,6-101,2 ppm d'iodate de potassium, en poids sec, à la production, à l'importation et à l'exportation ;
 - 20-60 ppm d'iode, soit 33,7-101,2 ppm d'iodate de potassium, en poids sec, à la vente (magasins de dépôt et de vente, marchés...) ;
 - 15-60 ppm d'iode, soit 25,3-101,2 ppm d'iodate de potassium, en poids sec, aux points d'utilisation du sel tels que pêcheries, huileries, boulangeries, pâtisseries, hôtels, restaurants, gargotes, ménages ;
 - le taux d'impuretés ne doit pas dépasser 0,3 % en poids ou en volume ;
 - le taux d'humidité doit être compris entre 1,7 et 4% du produit. L'humidité du sel peut entraîner de grandes déperditions d'iode ;

- la méthode de production, le conditionnement, le stockage et le transport du sel alimentaire iodé doivent exclure tout risque de contamination ;
 - le sel iodé produit localement ou importé doit être emballé dans des sacs hermétiques en polyéthylène de haute densité (PEHD) ou en polypropylène (PP) laminés ou non laminés ou dans des sacs de jute doublés de polyéthylène de faible densité (sacs de jute de qualité 1803 DW doublés d'une feuille de polyéthylène de calibre 150) ;
 - les unités d'emballage en vrac ne doivent pas dépasser 25 kg ;
 - les sacs qui ont déjà été utilisés pour emballer d'autres articles comme de la farine, du riz, des engrais, du ciment, des substances chimiques, ou d'autres produits, ne doivent pas être réutilisés pour emballer le sel iodé ;
 - pour la vente au détail, le sel iodé est emballé dans des sachets de polyéthylène de 250 g, 500 g et 1 kg, avec fermeture étanche ;
 - le transport, l'entreposage, le stockage sur palettes en bois et la vente du sel alimentaire iodé doivent se faire dans un endroit sec, à l'abri de la pluie, de l'humidité, des rayons solaires, du feu et d'autres sources de chaleur ; les locaux de stockage ou entrepôts doivent être couverts et bien aérés ;
 - l'emballage du sel iodé importé ou localement produit doit avoir un étiquetage portant les indications suivantes :
 - la dénomination : sel iodé, sel alimentaire iodé, sel de cuisine iodé ou sel de table iodé ;
 - le nom du fabricant ou de la société (+ adresse, téléphone)
- ;

- le logo et pays d'origine ;
- l'usage humain, animal ou autre ;
- le numéro du lot ;
- la teneur en iode (en ppm ou mg/kg) ;
- le poids net (en kg) ;
- l'agent iodant (iodate de potassium) ;
- la date de fabrication et ;
- la mention : à conserver dans un lieu propre, frais et sec.

iv. le sel alimentaire ne doit pas contenir de contaminants en quantité et sous des formes nuisibles à la santé du consommateur.

v. Pour les contaminants chimiques, les limites maximales suivantes ne doivent pas être dépassées

- Arsenic (As) : 0,5 mg/kg ;
- Cuivre (Cu) : 2 mg/kg ;
- Plomb (Pb) : 2 mg/kg ;
- (Cd) : 0,5 mg/kg ;
- Mercure (Hg) : 0,1 mg/kg.

1.4.4. Production, l'importation, la vente et l'utilisation du sel non iodé sont interdites au Mali. [87]

La production, l'importation, la vente et l'utilisation du sel non iodé sont interdites au Mali est soumise une réglementation très stricte :

i. le sel importé fait l'objet de la présentation du certificat d'origine, attestant sa teneur en iode à l'embarquement. L'importation du sel n'est permise que sur présentation de ce certificat d'origine.

i.i. le sel localement produit doit être iodé sur le site de production, avant d'être emballé et mis en vente.

i.i.i. le sel alimentaire importé ou produit localement au Mali n'est mis en consommation qu'après un contrôle préalable de qualité par l'inspecteur des

services d'hygiène, qui délivre un bulletin de vérification après examen physique du sel et de son conditionnement.

i.v. le certificat de qualité du pays d'origine et le certificat de conformité sont obligatoires au dépôt de la marchandise en douane, en accord avec l'article 29 (alinéas 1 et 2) du Code des Douanes du Mali.

1.4.5. Cadre institutionnel du contrôle de qualité du sel

- **Le Service d'Hygiène publique**

Le contrôle de qualité du sel iodé au Mali repose sur le service d'hygiène publique du Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique, qui a pour mission de contrôler l'application de la réglementation relative à la qualité des denrées alimentaires sur le territoire national.

L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire des Aliments (ANSSA), qui a remplacé une des fonctions le Service d'Hygiène, assure les activités de contrôle réglementaire du sel alimentaire dans les différentes entités décentralisées du Mali. Eu égard à son mandat, ses inspecteurs de contrôle de qualité exercent les activités spécifiques suivantes :

- contrôler la qualité du sel dans les lieux d'importation, de fabrication, de transport, de vente et de stockage ;
- délivrer un certificat de conformité à la réglementation nationale, après analyse du sel alimentaire ;
- inspecter les locaux et vérifier les procédés de production, afin d'établir leur conformité aux divers règlements et normes ;
- procéder à l'échantillonnage du sel pour des fins d'analyse aux niveaux d'importation, de production, d'entreposage, de transport ou de vente ;

- identifier le sel non adéquatement iodé ou dont les caractéristiques physico-chimiques et les conditions d'hygiène ne répondent pas à la réglementation nationale ;
- s'assurer que le sel est emballé et étiqueté de manière réglementaire ;
- vérifier la conformité des documents : certificat d'analyse, certificat de qualité, certificat d'origine et les documents commerciaux et ;
- appliquer les dispositions répressives prévues par les textes législatifs et réglementaires en cas de contravention.

- **La Direction Générale des Douanes**

Il vérifie la recevabilité du sel importé sur la base de la présentation du certificat de qualité du pays d'origine et du certificat de conformité délivré par l'ANSSA. Les agents du Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique chargés du contrôle de qualité aux frontières travaillent en collaboration avec les agents des Services des Douanes. Ils tiennent la base des données statistiques d'importation et des importateurs du sel.

1.4.6. Coordination du système de contrôle de qualité du sel

Le système national de contrôle de qualité du sel alimentaire est coordonné techniquement par l'ANSSA. Les rapports mensuels des activités de contrôle du sel alimentaire importé, produit localement ou commercialisé au Mali, doivent remonter du niveau local au niveau national par voie hiérarchique en passant par le niveau régional. Il en est de même pour les rapports des Services des Douanes. Un rapport trimestriel est également élaboré aux différents niveaux. Un comité intersectoriel, composé de tous les acteurs impliqués dans la lutte contre les TDCI, se réunit chaque mois au niveau local et chaque trimestre aux niveaux régional et national. Ce comité est coordonné par la Direction Nationale de la Santé (DNS) et son secrétariat est assuré par sa Division Nutrition.

2. MÉTHODOLOGIE

2. Méthodologie

2.1. Cadre d'étude

Notre étude s'est déroulée au Groupe scolaire du Point G sis en commune III située du côté Nord du District de Bamako. Il a été créé en 1981 sous l'impulsion des autochtones. Il est sous l'administration de six (6) directions. Il est fréquenté par deux mille six cents soixante et un (2661) élèves pour le compte de l'année scolaire 2017-2018.

Il dispose à ce jour trente et trois (33) salles de classe, vingt-quatre (24) toilettes et un (1) petit marché. Les salles de classe sont réparties comme suit :

- ✓ Cycle jardin : dirigé par une direction et constitué de trois (3) salles ; une salle de classe par section (petite, moyenne et grande).
- ✓ Premier cycle : dirigé par trois (3) directions qui s'occupent chacune de six (6) salles de classe. Il va de la 1^{ère} à la 6^{ème} année fondamentale.
- ✓ Second cycle : dirigé par deux (2) directions qui s'occupent chacune de six (6) salles de classe. Il va de la 7^{ème} à la 12^{ème} année fondamentale.

2.2. Type d'étude

Il s'agissait d'une étude transversale à visée descriptive.

2.3. Période d'enquête

Notre enquête s'est déroulée sur une période allant du 11 Juin 2018 au 29 Juin 2018.

2.4. Population cible

Les élèves de ce groupe scolaire étaient concernés par notre étude.

2.5. Échantillonnage

❖ Type d'échantillonnage

Il s'agissait d'un échantillonnage aléatoire par grappe où 432 élèves avaient été enrôlés.

❖ Taille de l'échantillon

Le nombre d'élèves inclus a été calculé par la formule suivante $N = (Z_{\alpha})^2 \times \frac{p \times q}{i^2} \times k$ avec :

- N comme la taille de l'échantillon,

- Z_{α} comme niveau de confiance correspondant au risque consenti $\alpha= 0,05$ ici égale 1,96
- p comme taux de prévalence de goitre chez les enfants de 8 à 12 ans au Mali selon la seule enquête nationale menée par la DNS en 2005, ici égale à 8,8% (0,088)
- $q = 1 - p$, ici égale 0,912
- i comme risque toléré ou précision, ici choisi à 5% soit 0,05
- k comme effet de grappe égal à 2

L'application de cette formule donnait une taille de 246 élèves à enquêter. En prenant compte les non répondants et les cas éventuels de refus ce nombre fût majoré de 10%. Ce qui donnait une taille minimale finale de l'échantillon de 271 élèves.

Les grappes étaient réparties en fonction de la taille de la population des élèves du premier cycle. La taille d'une grappe était de 9 élèves en fonction de la taille de l'échantillon 271/30. Le pas de sondage pour la constitution des grappes était obtenu en divisant la population cumulée par le nombre de grappes (1546/30) ce qui donnait 51 correspondant aussi au numéro du premier élèves à enquêter dans la première grappe. Les autres grappes étaient obtenues en ajoutant toujours le pas de sondage jusqu'à atteindre le nombre de grappe total

Tableau I : Répartition de l'échantillon selon la classe

Classe	Effectif	Effectif cumulé	Numéro de grappe	Nombre de grappe	Nombre d'élèves à enquêter
1 ^{ère} année	224	224	1, 2, 3, 4	4	36
2 ^{ème} année	231	455	5, 6, 7, 8	4	36

3 ^{ème} année	266	721	9, 10, 11, 12, 13, 14	6	54
4 ^{ème} année	278	999	15, 16, 17, 18, 19	5	45
5 ^{ème} année	299	1298	20, 21, 22, 23, 24, 25	6	54
6 ^{ème} année	248	1546	26, 27, 28, 29, 30	5	45
Total	1456			30	270

❖ Critères d'inclusion

Ont été inclus dans cette étude :

- ✓ les élèves inscrits dans ladite école pour le compte de l'année scolaire 2017-2018, fréquentant le premier cycle et présents le jour de l'enquête.
- ✓ les élèves qui ont accepté de se faire enquêter.

❖ Critères de non inclusion

N'ont pas été inclus dans cette étude :

- ✓ les élèves non-inscrits au groupe scolaire pour l'année scolaire 2017-2018.
- ✓ les élèves ne fréquentant pas le premier cycle ou absents le jour de l'enquête.
- ✓ les élèves ayant refusé de se faire enquêter.

2.6. Déroulement de l'enquête et collecte des données

Notre enquête s'est effectuée en deux étapes succinctes :

- ✓ premièrement, nous avons distribué les fiches d'enquête (voir Annexe) aux maîtres des différentes classes. Ceux-ci remplissaient les colonnes concernant les données sociodémographiques et générales des élèves respectant les critères d'inclusion ; mais en plus étaient tenus d'informer les élèves de notre venue afin qu'ils amènent avec eux le jour proprement dit de l'enquête une petite quantité du sel consommé dans leur domicile respectif.
- ✓ deuxièmement, l'enquête consistait à rechercher un goitre à l'aide d'un examen de la thyroïde ; à rechercher un crétinisme et à tester la teneur en iode dans le sel ramené par les élèves.
 - L'examen de la thyroïde à la recherche du goitre était fait selon la norme définie par l'OMS qui classe :
 - **GOITRE - G0** : thyroïde non palpable ou thyroïde palpable dont les lobes latéraux sont inférieurs à la phalange distale du pouce du sujet.
 - **GOITRE - GIa** : thyroïde palpable et dont les lobes latéraux sont supérieurs à la phalange distale du pouce du sujet ; non visible lorsque la tête en hyper-extension.
 - **GOITRE - GIb** : thyroïde palpable, dont les lobes latéraux sont supérieurs à la phalange distale du pouce du sujet ; thyroïde non visible si la tête est en position normale mais visible la tête en hyper-extension.
 - **GOITRE - GII** : thyroïde nettement visible ; la tête est en position normale, mais non visible à 3 mètres.
 - **GOITRE – G III** : thyroïde volumineuse visible à 3 mètres ou plus
 - **LES NODULES SONT CLASSES SELON LEUR NOMBRE RETROUVE**

- **N1.** Un Nodule
 - **N2.** Deux Nodules
 - **N3.** Trois Nodules
 - **N4.** Quatre Nodules et plus
- Nous avons recherché le crétinisme en nous basant sur la morphologie spécifique des enfants atteints (une accentuation de l'ensellure nasale, une protrusion de la langue, une macroglossie, un retard de maturation de la configuration naso-orbitaire, un corps infiltré d'œdèmes et une paralysie des membres inférieurs).
 - Un testeur d'iode, qui est une solution de dix (10) millilitres contenue dans un flacon nous a aidé à évaluer la teneur en iode des sels. Ainsi donc, le sel ramené par chaque élève recevait une (1) à deux (2) gouttes de cette solution. Après quelques instants, nous faisons la lecture de la teinte prise par ce sel comparativement à la légende (norme) existante sur la boîte du testeur pour déterminer la teneur en partie par million de l'iode dans le sel :
 - à **0 ppm** : le sel ne changera pas de couleur.
 - < **15 ppm** : le sel prendra une couleur violet clair.
 - ≥ **15 ppm** : le sel prendra une couleur violet métallique.

La collecte des données a été réalisée à l'aide d'un questionnaire, structuré et préalablement conçu. Il nous aidait à recueillir les données sociodémographiques et cliniques, et la teneur en iode des sels testés que les élèves apportaient de leurs familles.

2.7. Plan d'analyse

La saisie et l'analyse des données ont été faites à partir du logiciel SPSS version 22.0. Les graphiques ont été réalisés à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel

2016. Nous avons utilisé le logiciel Microsoft Office Word 2016 pour le traitement de texte.

Le test de Khi 2 a été utilisé pour tester les associations entre les variables avec un $\alpha \leq 0,05$ considéré comme statistiquement significatif.

2.8. Considérations éthiques

Plusieurs éléments ont été considérés dans la réalisation de cette étude afin de respecter la dimension éthique :

- ✓ consentement du directeur du groupe scolaire ;
- ✓ assentiment des élèves du groupe scolaire ;
- ✓ ouverture et respect à l'égard des personnes enquêtées ;
- ✓ confidentialité du traitement des informations données et le respect de l'anonymat des participants (questionnaire anonyme).

3. RÉSULTATS

3. Résultats

3.1. Données sociodémographiques et générales

Tableau VIII : Répartition des élèves selon le sexe

Sexe	Effectif	Pourcentage (%)
Masculin	204	47,22
Féminin	228	52,78

Total	432	100
--------------	-----	-----

Le sexe féminin représentait 52,78% de notre échantillon avec un sex-ratio à 0,89.

Tableau IX : Répartition des élèves selon la tranche d'âge

Âge (ans)	Effectif	Pourcentage (%)
4 - 8	127	29,4
9 - 13	288	66,67
14 - 18	17	3,93
Total	432	100

Le mode était la tranche d'âge allant de 9 à 13 ans avec 66,67% des élèves.

L'âge moyen était de 9,86 ans avec un écart type de 2,33. Les extrêmes étaient de 5 ans pour la minima et 16 ans pour la maxima.

Tableau X : Répartition des élèves selon l'ethnie

Ethnie	Effectif	Pourcentage (%)
Bamanan	207	47,92
Dogon	69	15,97
Autres *	40	9,26

Peulh	34	7,87
Malinké	37	8,56
Sarakholé	18	4,17
Sonraih	18	4,17
Sénoufo	9	2,08
Total	432	100

*Autres** : Bozo, Bobo, Minianka, Mossi et Maure.

Nous avons observé 47,92% de Bamanans, suivis des Dogons avec 15,97%.

Tableau XI : Répartition des élèves selon la profession du père

Profession du père	Effectif	Pourcentage (%)
Fonctionnaire	150	34,72
Ouvrier	130	30,10
Commerçant	74	17,13
Chauffeur	51	11,80
Autres*	18	4,17
Tailleur	9	2,08
Total	432	100

*Autres** : Cultivateur, Enseignant d'école coranique, Entraîneur de football, Étudiant, Marabout, Orpailleur, Photographe et Topographe

Fonctionnaires et Ouvriers ont été retrouvés respectivement avec 34,72% et 30,10% des cas.

À noter que l'ensemble (100%) des élèves de notre échantillon résidaient en Commune III. Nous n'avons observé aucun sujet en provenance des autres communes (I, II, IV, V et VI) du district de Bamako.

Tableau XII : Répartition des élèves selon la classe

Classe	Effectif	Pourcentage (%)
Première année	60	13,89
Deuxième année	59	13,66
Troisième année	64	14,81
Quatrième année	86	19,91
Cinquième année	70	16,20
Sixième année	93	21,53
Total	432	100

Les élèves de la sixième année et de la quatrième année représentaient respectivement 21,53% et 19,91%.

3.2 Données cliniques

Aucun cas de goitre selon la classification de l’OMS n’a été observé dans notre étude.

Aucun cas de crétinisme n’a été rencontré dans notre échantillon.

Tableau XIII : Répartition des élèves selon la teneur d’iodation du sel consommé

Iodation du sel	Effectif	Pourcentage (%)
0 ppm	47	10,88
< 15 ppm	73	16,9
≥ 15 ppm	312	72,22

Total	432	100
--------------	-----	-----

Soixante-douze virgule vingt et deux pourcent (72,22%) des sels testés avaient une teneur d'iodation supérieure à 15 ppm (donc suffisamment iodés). Un taux insuffisant en iode a été observé dans 16,9% ; 10,88% ne contenaient pas d'iode.

Tableau XIV : Répartition des élèves selon la consommation du sel iodé et le sexe

		Sel iodé		Total
		Non	Oui	
Sexe	Masculin	30 (6,94%)	174 (40,28%)	204 (47,22%)
	Féminin	17 (3,94%)	211 (48,84%)	228 (52,78%)
Total		47 (10,88%)	385 (89,12%)	432 (100%)

Nous avons observé dans notre étude que les élèves de sexe féminin consommant du sel iodé représentaient 48,84% contre 40,28% pour ceux du sexe masculin.

($X^2 = 5,8362$; ddl=1 ; et $p < 0,02$.)

Tableau XV : Répartition des élèves selon la consommation du sel iodé et l'âge

		Sel iodé		Total
		Non	Oui	

Âge (ans)	4 – 8	14	113	127
		(3,24%)	(26,16%)	(29,40%)
	9 – 13	31	257	288
		(7,18%)	(59,49%)	(66,67%)
	14 – 18	2	15	17
		(0,46%)	(3,47%)	(3,93%)
Total		47	385	432
		(10,88%)	(89,12%)	(100%)

La classe modale allant de 9 à 13 ans consommait un sel iodé dans 59,49% des cas ; suivie de la classe allant de 4 à 8 ans qui le consommaient dans 26,16% des cas.

($X^2 = 0,0204$; ddl = 2 ; p = 0,9898)

Tableau XVI : Répartition des élèves selon la consommation du sel iodé et l'âge

	Sel iodé	Total
--	----------	-------

		Non	Oui	
Âge (ans)	4 – 8	14 (3,24%)	113 (26,16%)	127 (29,40%)
	9 – 18	33 (7,64%)	272 (62,96%)	305 (70,60%)
Total		47 (10,88%)	385 (89,12%)	432 (100%)

Soixante-deux virgule quatre-vingt-seize pourcent des élèves étaient ceux ayant un âge compris entre 9 et 18 ans et consommant du sel iodé.

($X^2 = 0,00318$; ddl=1 ; et $p \geq 0,94$.)

Il n'y a pas de relation entre l'âge et la consommation du sel iodé.

4. COMMENTAIRES ET DISCUSSION

4. Commentaires et Discussion

4.1. Aspects sociodémographiques et généraux

4.1.1 Age

Sur les 432 élèves constituant notre échantillon, la tranche d'âge pubertaire (9 à 13 ans) représentait 66,67%. Cette période de la vie est pour la plupart des auteurs la plus exposée. Cette prédominance pubertaire est classique et retrouvée entre autres par KONE B. en 1989 et SISSOKO K. en 2002 qui ont respectivement trouvé 72,6% [86] et 80,7% [89] pour des études menées à Bamako.

4.1.2 Sexe

Les filles représentaient 52,78% et les garçons 47,22% de notre échantillon. Le sex-ratio était de 0,89. Dans une étude similaire à la nôtre et menée par SISSOKO K. en 2002 à Bamako, le sex-ratio était de 1,3 en faveur du sexe masculin [89]. Nous pourrions expliquer cette différence par le taux de fréquentation des filles de plus en plus grandissant tout ceci grâce à la prise de conscience des populations sur l'égalité des genres.

4.1.3 Ethnie

L'étude révèle une plus grande proportion d'élèves Bamanan (47,92%) par rapport aux autres groupes ethniques. Cette prédominance pourrait s'expliquer par le fait que la totalité de notre échantillon réside dans la commune III qui est en majorité constituée de Bamanan.

Ce résultat selon l'ethnie diffère de celui de l'étude faite par SISSOKO K. en 2002 à Bamako qui avait retrouvé une prédominance des élèves Malinkés (37,9%) ; qu'il avait expliqué par le fait que 68,6% de son échantillon résidaient dans la commune IV qui constitue la porte d'entrée de Bamako pour les ressortissants du Mandé et de la Guinée [89].

4.1.4 Profession du père

Il ressort aussi de notre étude que 34,72% des élèves sont des enfants de fonctionnaires. Ce résultat est différent de celui de SISSOKO K. qui retrouvait dans son étude portant sur six écoles de Bamako en 2002 que 33,6% des élèves avaient un père ouvrier [89].

Nous pensons que cette différence au niveau de la profession du père pourrait s'expliquer par le fait que Koulouba et le Point G sont essentiellement occupés par des fonctionnaires et des militaires ; militaires que nous avons regroupés dans la classe "des fonctionnaires" dans notre étude.

4.1.5 Lieu de résidence

L'ensemble des élèves constituant notre échantillon résidait dans la Commune III, site de notre enquête.

4.1.6 Classe

Les élèves de la sixième année et de la quatrième année représentaient respectivement 21,53% et 19,91%. En effet pendant la période de l'enquête toutes les classes avaient composé pour les examens de fin d'année sauf les classes de sixième année ; donc les élèves de ces dites classes étaient tenus d'être plus réguliers en termes de présence.

4.2. Aspects cliniques

Il ressort de l'étude que la prévalence de goitre chez les élèves du premier cycle de l'école fondamentale du Point G est nulle. Le contraste est saisissant avec les résultats d'une étude semblable à la nôtre menée par SISSOKO K. toujours à Bamako en 2002 qui avait retrouvé une prévalence goitreuse de 75,9% [89]. D'autres auteurs ont eu une prévalence goitreuse de 53,8% BOUNDY M. [11] et 76,4% KONAKE H. [55].

Cette prévalence goitreuse nulle dans notre étude nous donne une idée sur l'efficacité de la prophylaxie par la supplémentation par le sel iodé. Supplémentation dont l'efficacité est plus prouvée chez l'enfant que chez

l'adulte. La prévalence de crétinisme (y compris les formes crétinoïdes) était également nulle, à la différence de celle retrouvée par SISSOKO K., qui, dans les six écoles parmi les plus défavorisées de Bamako a objectivé en 2002 une prévalence de 1,15% [89].

Quarante-sept sels testés soient 10,88% de notre échantillon ne contenaient aucune trace d'iode ; 27,78% étaient insuffisamment iodés (moins de 15 ppm). Ces résultats diffèrent de ceux retrouvés par SISSOKO K. en 2002 qui étaient respectivement de 79,12% pour les sels non iodés et de 90,58% pour les sels insuffisamment iodés [89].

Face à ces différences retrouvées tant au niveau des prévalences du goitre et du crétinisme qu'au niveau du pourcentage des sels non iodés et insuffisamment iodés, nous avons comme explication le fait que la politique nationale de lutte contre les TDCI commence à porter ses fruits mais des efforts restent à faire pour atteindre l'objectif des 95% des ménages consommant un sel adéquatement iodé.

CONCLUSION

Conclusion

Depuis 1995 le Mali a adopté un programme de lutte contre les TDCI essentiellement par l'introduction du sel iodé en promulguant des lois et des normes pour assurer la pérennité du programme.

Au terme de notre étude, il ressort que les prévalences du goitre et du crétinisme sont nulles ; le sel adéquatement iodé est majoritairement consommé par les élèves du premier cycle du Groupe scolaire du Point G soit 72,22%.

Après plus de 20 ans de mise en œuvre du programme d'USI, notre étude montre que le but de la généralisation du sel iodé est encore loin d'être atteint.

L'heure est certes aux encouragements avec les retombées positives déjà visibles du programme national de lutte contre les TDCI, mais aussi et surtout à la persévérance pour venir à bout de ce fléau socio-économique que sont les TDCI.

Eu égard du pourcentage non négligeable de sel non iodé et surtout insuffisamment iodé nous sommes dans l'obligation de soumettre des recommandations pour atteindre le but premier de la stratégie universelle d'iodation à savoir : 95% des ménages consommant du sel adéquatement iodé.

RECOMMANDATIONS

Recommandations

❖ Aux organisations internationales non gouvernementales :

- Sensibiliser davantage l'opinion publique sur l'importance de l'iode et les dégâts causés par sa carence.
- Continuer de soutenir les efforts des gouvernements aussi bien dans la prévention que dans la lutte contre les TDCI.

❖ Au gouvernement :

- Élaborer un programme d'IEC à l'intention du grand public sur la consommation de sel iodé et les problèmes liés à la carence en iode chez les individus. La télévision, les radios (publiques et privées) ainsi que les sensibilisations à travers des causeries et débats, dans toutes les langues nationales.
- Actualiser et pérenniser le programme national de lutte contre les TDCI.
- Promouvoir les projets d'intervention pour la promotion et la vulgarisation du sel iodé.
- Assurer la disponibilité des kits test et les mettre à la disposition des producteurs de sel et des services de contrôle.
- Assurer la formation des agents de contrôle, de producteurs et des groupes de défense des consommateurs aux techniques simples de contrôle.
- Évaluer périodiquement les apports effectifs d'iode dans la population par les dosages d'iode urinaires.
- Faire des études sentinelles dans les écoles.

❖ **Aux maîtres d'école :**

- Accompagner le gouvernement dans la sensibilisation du grand public notamment les parents d'élèves sur la consommation du sel iodé et les effets néfastes de la carence en iode.
- Accompagner et soutenir le gouvernement dans l'élaboration des études sentinelles.

❖ **Aux parents d'élèves :**

- S'assurer de toujours consommer le sel iodé à la maison en lisant l'emballage du sel acheté.
- Bien conserver le sel iodé acheté en le gardant dans un bocal fermé à l'abri de l'humidité et des températures extrêmes.

BIBLIOGRAPHIE

1. UNICEF. Carence en iode [Internet]. 2001 [cité 20 mai 2018]. Disponible sur: https://www.unicef.org/french/specialsession/about/sgreport-pdf/13_IodineDeficiency_D7341Insert_French.pdf
2. Zimmermann MB, Andersson M. Update on iodine status worldwide. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* oct 2012;19(5):382 - 7.
3. Hetzel BS. Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. *Lancet Lond Engl.* 12 nov 1983;2(8359):1126 - 9.
4. OMS. Troubles dus à une carence en iode dans la région africaine de l'OMS : analyse de la situation et perspectives. Yaoundé; 2008 p. 8.
5. Diarra M. MINISTÈRE DE LA SANTÉ. Mai 2005 ; 56.
6. L'institut Français pour la Nutrition. Iode [Internet]. [cité 6 juin 2018]. Disponible sur: <http://alimentation-sante.org/wp-content/uploads/2011/07/dossier-scient-13.pdf>
7. International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders, UNICEF, World Health Organization. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers. Geneva: World Health Organization; 2007.
8. Secretariat WHO, Andersson M, Benoist B de, Delange F, Zupan J. Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-years-old: conclusions and recommendations of the Technical Consultation. *Public Health Nutr.* déc 2007;10(12A):1606 - 11.

9. Delange F. Iodine requirements during pregnancy, lactation and the neonatal period and indicators of optimal iodine nutrition. *Public Health Nutr.* déc 2007;10(12A):1571 - 80; discussion 1581-1583.
10. WHO/UNICEF/ICCIDD. Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization [Internet]. WHO; 1994 [cité 7 juill 2018]. Disponible sur: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70715/WHO_NUT_94.6.pdf?sequence=1&isAllowed=y
11. Boundy M. Prophylaxie des troubles dus aux carences en iode (TDCI) par les diffuseurs d'iode en silicone places dans les puits et forages [Thèse de médecine]. [Bamako] : École Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali ; 1989. n° 59
12. Gardner DF, Utiger RD, Schwartz SL, Witorsch P, Meyers B, Braverman LE, et al. Effects of oral erythrosine (2',4',5',7'-tetraiodofluorescein) on thyroid function in normal men. *Toxicol Appl Pharmacol.* déc 1987;91(3):299- 304.
13. Érythrosine. In: Wikipédia [Internet]. 2018 [cité 19 déc 2018]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%89rythrosine&oldid=148543651>
14. Norman JA, Pickford CJ, Sanders TW, Waller M. Human intake of arsenic and iodine from seaweed-based food supplements and health foods available in the UK. *Food Addit Contam.* mars 1988;5(1):103- 9.

15. ESPGAN Committee on Nutrition. Guidelines on infant nutrition. I. Recommendations for the composition of an adapted formula. Acta Paediatr Scand Suppl. 1977;(262):1 - 20.
16. Keating F, Albert A. The metabolism of iodine in man as disclosed with the use of radioiodine. 1949.
17. Marieb E, Hoehn K. Anatomie et Physiologie humaines. 9ème édition américaine. Montréal, Québec: Nouveaux Horizons; 2015. 1304 p.
18. Anatomie et physiologie de la thyroïde [Internet]. [cité 5 oct 2018]. Disponible sur: <https://www.chirurgie-obesite-cancerologie.com/chirurgie-de-la-thyroïde/generalites/anatomie-et-physiologie-de-la-thyroïde>
19. Tramalloni J, Monpeyssen H. Thyroïde normale et ses variantes. In : Échographie de la thyroïde. 2ème édition. Paris : Elsevier Masson ; 2013. p. 191. (Imagerie médicale formation).
20. Tramalloni J. Imagerie de la thyroïde et des parathyroïdes. Paris: Lavoisier; 2012. 292 p. (Imagerie médicale).
21. Glande thyroïde. In: Wikipédia [Internet]. 2018 [cité 5 oct 2018]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Glande_thyro%C3%AFde&oldid=149923163
22. Anatomie de la thyroïde [Internet]. [cité 5 oct 2018]. Disponible sur: <http://imedecin.com/Anatomie-viscerale-les-organes/anatomie-de-la-thyroïde.html>
23. Netter FH. Atlas d'anatomie humaine. 5ème. Philadelphia: Elsevier Masson; 2011. 605 p.

24. Collège des Enseignants d'Endocrinologie, Diabétologie et Maladies métaboliques. Endocrinologie, diabétologie et maladies métaboliques. 2ème édition. Rue Camille-Desmoulins: Elsevier Masson; 2011. 491 p. (Abrégés connaissances et pratique).
25. Rousset B, Dupuy C, Miot F, Dumont J. Chapter 2 Thyroid Hormone Synthesis And Secretion. In: De Groot LJ, Chrousos G, Dungan K, Feingold KR, Grossman A, Hershman JM, et al., éditeurs. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000 [cité 8 déc 2018]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285550/>
26. Sapin R, Schlienger J-L. Dosages de thyroxine (T4) et tri-iodothyronine (T3) : techniques et place dans le bilan thyroïdien fonctionnel. Ann Biol Clin (Paris). juill 2003;61(4):411-20.
27. Raven PH, Johnson GB, Mason KA, Losos JB, Singer SS. Biologie. 4ème. Louvain-la-Neuve: De Boeck Supérieur; 2017. 1406 p.
28. Hazard J, Perlemuter L. Endocrinologie. 2ème. Paris: Masson; 1983. (Abrégés).
29. Hetzel BS. Section IV The Scientific Basis for the Elimination of Brain Damage due to Iodine Deficiency [Internet]. [cité 5 oct 2018]. Disponible sur: [/paper/Section-IV-The-Scientific-Basis-for-the-Elimination-Hetzel/ee4f92bd27fc2e9402f1ee87a1bfdddb567131ea](#)
30. WHO, UNICEF, ICCIDD. Progress towards the elimination of the iodine deficiency disorders. Geneva; 1999.

- 31.Kirk AB, Kroll M, Dyke JV, Ohira S-I, Dias RA, Dasgupta PK. Perchlorate, iodine supplements, iodized salt and breast milk iodine content. *Sci Total Environ.* 15 mars 2012;420:73- 8.
- 32.Benoist B de, Delange F. La carence iodée : bilan et perspectives pour le futur. *Cah D'études Rech Francoph Santé.* 9 avr 2002;12(1):9- 17.
- 33.Andersson M, de Benoist B, Rogers L. Epidemiology of iodine deficiency: Salt iodisation and iodine status. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* févr 2010;24(1):1- 11.
- 34.Hetzel BS. The story of iodine deficiency : an international challenge in nutrition [Internet]. Oxford ; New York : Oxford University Press; 1989 [cité 13 sept 2018]. Disponible sur: <https://trove.nla.gov.au/version/45841118>
- 35.Iodine Global Network. Annual report 2017. Iodine Global Network; 2017 p. 52.
- 36.Dunn JT, Haar F van der, Organization WH, UNICEF, Disorders IC for C of ID. Guide pratique pour le traitement de la carence en iode. A practical guide to the correction of iodine deficiency [Internet]. 1992 [cité 9 sept 2018]; Disponible sur: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/37645>
- 37.Abdi HA. Evaluation des TDCI chez les enfants de 0-20 ans dans le village de senou [Thèse de médecine]. [Bamako] : FMPOS ; 2003. n° 95
- 38.Pales L. Le goitre endémique en A.O.F d'après les enquêtes du service de santé en 1948. Dakar: Direction générale de la santé de Dakar; 1948 p. 31.
- 39.Ag Rhaly A, Ntambwe K, DNS. Module de formation des enquêteurs. 2005.

40. Hydrogéologie du Mali - Earthwise [Internet]. [cité 16 déc 2017]. Disponible sur: http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Hydrog%C3%A9ologie_du_Mali
41. Goufack E. Etude bibliographique et évaluation des troubles dus à la carence en iode au Mali (1948-1998) [Thèse de médecine]. [Bamako]: USTTB; 1999. n° 66
42. Traoré MD. Prophylaxie du goitre endémique par les injections de Lipiodol à Négoula [Thèse de médecine]. [Bamako] : École Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali ; 1979. n° 12
43. Traoré BF. Prophylaxie des troubles dus à la carence iodée dans le cercle de Tominian par la prise systématique des capsules d'huile iodée 200 mg [Thèse de médecine]. [Bamako] : École Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali ; 1990. N° 38
44. Seybou H. Aspects cliniques d'un essai expérimental ouvert du Brassidiol sur les petits goitres de type G2 dans un village d'endémie goitreuse iodoprive au Mali [Thèse de médecine]. [Bamako]: Université de Bamako; 2001. n° 133
45. Ahmed MAA. Etude rétrospective des TDCI au Mali de 1948 à 2001 : intérêt du système d'information géographique (SIG) corrélation avec quelques facteurs environnementaux et géologiques [Thèse de médecine]. [Bamako]: Université de Bamako; 2002. n° 78
46. Hellegouarch R. Enquête épidémiologique sur le goitre endémique au Mali. O.R.A.N.A; 1968 déc.
47. Ag Rhaly, et Al. Goitre endémique à Kati : Enquête menée dans le quartier de Samakébougou. Médecine d'Afrique Noire. 1976;305.

48. Ag Rhaly A. Goitre endémique dans le cercle de Bamako, enquête menée au niveau des écoles fondamentales de Kati, Dio et Négouéla. Mali Méd. 1975;(1):51.
49. Soumano M. Contribution à l'étude du goitre endémique au Mali : Enquête dans l'arrondissement de Négouéla dans le cercle de Kati [Thèse de médecine]. [Bamako] : École Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali ; 1976. n° 10
50. Togola F. Goitre endémique, problème de santé publique au Mali : Enquêtes épidémiologiques et biologiques dans les régions de Koulikoro, Ségou et dans le district de Bamako. [Thèse de médecine]. [Bamako] : École Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali ; 1978. n° 22
51. E.N.M.P. Enquête polyvalente dans l'arrondissement central de Kolokani. Bamako; 1978 avr.
52. E.N.M.P, P.N.U.D. État de santé des populations riveraines avant la mise en eau du barrage de Sélingué. Sélingué; 1980.
53. E.N.M.P. Evaluation sanitaire des cercles de Kéniéba, Bafoulabé et Kita. Bamako ; 1981.
54. Chaventré A, Ag Rhaly A. Étude du goitre endémique en pays Bwa (Mali) dans les malnutritions des pays du tiers monde. 1986.
55. Konaké H. Etude de prévalence et éradication du goitre endémique en milieu Bwa Sirao (MALI) [Thèse de médecine]. [Bamako] : École Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali ; 1990. n° 4
56. Kassogué M. Prophylaxie des troubles dus à la carence en iode par les diffuseurs d'iode placés dans les puits de forage : étude à grande échelle, cas

de l'arrondissement de Djidian [Thèse de médecine]. [Bamako] : École Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali ; 1994.

57.Sidibé CS. Evaluation des troubles dus à la carence en iode dans l'arrondissement de Oussoubidiana, cercle de Bafoulabé au Mali [Thèse de médecine]. [Bamako]: FMPOS; 2001.

58.Diallo MH. Évolution des TDCI chez les femmes et les enfants au Mali de 1968 à 2005 [Thèse de médecine]. [Bamako] : Université de Bamako ; 2006. n° 80

59.Hetzel BS, WHO. The prevention and control of iodine deficiency disorders. Geneva: Elsevier Science; 1987. 374 p.

60.Hetzel BS. Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. Lancet Lond Engl. 12 nov 1983;2(8359):1126- 9.

61.Voutchkova DD, Ernstsén V, Hansen B, Sørensen BL, Zhang C, Kristiansen SM. Assessment of spatial variation in drinking water iodine and its implications for dietary intake: a new conceptual model for Denmark. Sci Total Environ. 15 sept 2014; 493:432- 44.

62.Glinoer D, Delange F. The potential repercussions of maternal, fetal, and neonatal hypothyroxinemia on the progeny. Thyroid Off J Am Thyroid Assoc. oct 2000;10(10):871- 87.

63.Thilly C, Lagasse R, Roger G, Bourdoux P, Ermans AM, Stockigt JR, et al. Impaired fetal and postnatal development and high perinatal death rate in a severe iodine deficient area. 1980;20- 3.

64. Zimmermann MB. Iodine deficiency in pregnancy and the effects of maternal iodine supplementation on the offspring: a review. *Am J Clin Nutr.* févr 2009;89(2):668S-72S.
65. Latham MC. Les troubles de la carence en iode. In : *La nutrition dans les pays en développement* [Internet]. New York: FAO; 2001 [cité 20 mai 2018]. Disponible sur: <http://www.fao.org/docrep/004/w0073f/w0073f15.htm>
66. Cao XY, Jiang XM, Dou ZH, Rakeman MA, Zhang ML, O'Donnell K, et al. Timing of vulnerability of the brain to iodine deficiency in endemic cretinism. *N Engl J Med.* 29 déc 1994;331(26):1739-44.
67. Clements FW. Health significance of endemic goitre and related conditions. *Monogr Ser World Health Organ.* 1960;44:235-60.
68. Aubry P. goitre endémique carence en iode [Internet]. 2014 [cité 20 mai 2018]. Disponible sur: http://medecinetropicale.free.fr/cours/goitre_endemique_carence_en_iodo.pdf
69. Wang T, Zhao S, Shen C, Tang J, Wang D. Determination of iodate in table salt by transient isotachopheresis–capillary zone electrophoresis - *ScienceDirect.* 2009;
70. OMS, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Composés utilisés pour l'enrichissement : propriétés physiques, sélection et utilisation avec divers véhicules alimentaires. In: *Directives sur l'enrichissement des aliments en micronutriments* [Internet]. 2011 [cité 10 oct 2018]. p. 379. Disponible sur: http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/GFF_Part_3_fr.pdf?ua=1

71. WHO/UNICEF/ICCIDD. Recommended iodine levels in salt and guidelines for monitoring their adequacy and effectiveness. WHO; 1996.
72. World Health Organization. Salt as a Vehicle for Fortification. Report of a WHO Expert Consultation. Luxembourg, 21-22 March 2007 [Internet]. Geneva: Geneva : World Health Organization; 2008 [cité 11 sept 2018]. Disponible sur: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/43908>
73. OMS. Carence en iode [Internet]. 1998 [cité 20 mai 2018]. Disponible sur: http://apps.who.int/gb/archive/pdf_files/EB103/fe27.pdf
74. Pedersen KM, Laurberg P, Nohr S, Jorgensen A, Andersen S. Iodine in drinking water varies by more than 100-fold in Denmark. Importance for iodine content of infant formulas. Eur J Endocrinol. mai 1999;140(5):400-3.
75. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Organization WH, Nations F and AO of the U. Evaluation de certains additifs alimentaires et contaminants : trente-septième rapport du Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires [réuni à Genève du 5 au 14 juin 1990] [Internet]. Genève: Genève : Organisation mondiale de la Santé; 1991 [cité 11 sept 2018]. Disponible sur: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/40620>
76. Diosady LL, Alberti JO, FitzGerald S, Mannar MG. Field Tests for Iodate in Salt. Food Nutr Bull. juin 1999;20(2):208-14.
77. Pandav CS, Arora NK, Krishnan A, Sankar R, Pandav S, Karmarkar MG. Validation of spot-testing kits to determine iodine content in salt. Bull World Health Organ. 2000;78(8):975-80.

- 78.Gerasimov G. Bread iodization for iodine deficient regions of Russia and other newly independant states [Internet]. 1997 [cité 11 sept 2018]. Disponible sur: <http://www.asksource.info/resources/bread-iodization-iodine-deficient-regions-russia-and-other-newly-independent-states>
- 79.Fisch A, Pichard E, Prazuck T, Sebbag R, Torres G, Gernez G, et al. A new approach to combatting iodine deficiency in developing countries: the controlled release of iodine in water by a silicone elastomer. Am J Public Health. avr 1993;83(4):540- 5.
- 80.Elnagar B, Eltom M, Karlsson FA, Bourdoux PP, Gebre-Medhin M. Control of iodine deficiency using iodination of water in a goitre endemic area. Int J Food Sci Nutr. mars 1997;48(2):119- 27.
- 81.Phillips DI. Iodine, milk, and the elimination of endemic goitre in Britain: the story of an accidental public health triumph. J Epidemiol Community Health. août 1997;51(4):391 - 3.
- 82.Bellis G, Roux F, Bisset JP, Chastin I, Rhaly AA, Chaventré A. Treatment by iodized oil (Lipiodol UF) of a population in Mali suffering from endemic goiter. J Endocrinol Invest. janv 1996;19(1):1 - 5.
- 83.Camara Z. Traitement du goitre par Lipiodol ultrafluide à 40% (à propos de 58 cas) [Thèse de médecine]. [Bamako] : École Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali ; 1990. n°22
- 84.The Prevention and Control of Iodine Deficiency Disorders. ICCIDD Monogr [Internet]. 1987 [cité 11 sept 2018]; Disponible sur: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10016646941/>
- 85.Jian Q, Xin W. Jixian : a success story in IDD control. 1987.

- 86.KONE B. Essai thérapeutique d'une faible dose de lipiodol oral (135mg) et approche de la classification clinique de l'O.M.S. par des normes échographiques. (à propos de 60 cas à Bamako) [Thèse de médecine]. [Bamako]: FMPOS; 1991.
- 87.Direction nationale de la santé. GUIDE DE CONTRÔLE DE QUALITÉ DU SEL AU MALI. 2013.
- 88.Cellule de Planification et de Statistiques (CPS/SSDSPF), Institut National de la Statistique (INSTAT), Centre d'Études et d'Information Statistiques (INFO-STAT). Enquête Démographique et de Santé (EDSM-V) 2012-2013. Bamako: Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique/Institut National de Recherche en Santé Publique (INRSP); 2014 mai p. 457. Report No.: 5ème édition.
- 89.Sissoko KM. Évaluation du goitre chez les élèves de certaines écoles du district de bamako [Thèse de médecine]. [Bamako] : Université de Bamako ; 2002. n° 147

ANNEXES

Fiche d'enquête

N° de la fiche _____/

I- Données sociodémographiques et générales

- 1) **Sexe** : /____/ 1- Masculin 2- Féminin
- 2) **Age** : /____/ 1- 4 à 8 ans 2- 9 à 13 ans 3- 14 à 18 ans 4- 19 à 23 ans
- 3) **Ethnie** : /____/ 1- Bamanan 2- Bobo 3- Malinké 4- Dogon 5- Sarakholé
6- Peulh 7- Sénoufo 99- Autre (à préciser) _____/
- 4) **Profession du père** : /____/ 1- Fonctionnaire 2- Ouvrier 3- Commerçant
99- Autre (à préciser) _____/
- 5) **Lieu de résidence (Commune)** : /____/ 1-I 2-II 3-III 4-IV 5-V 6-VI 7-
Kati
- 6) **Classe** : /____/ 1- 1^{ère} année 2- 2^{ème} année 3- 3^{ème} année 4- 4^{ème} année 5- 5^{ème}
année 6- 6^{ème} année
- 7) **Redoublant** : /____/ 1- Oui 2- Non

II- Données cliniques

- 1) **Type de goitre selon l'OMS** : /____/ 1- G0 2- GI_A 3- GI_B 4- GII 5- GIII
 - 2) **Crétinisme** : /____/ 1- Oui 2- Non
 - 3) **Type de crétinisme** : /____/ 1- Myxœdémateux 2- Neurologique 3- Mixte
- Teneur en iode du sel consommé** : /____/ 1- 0 2- < 15 ppm 3- ≥ 15 ppm

FICHE SIGNALÉTIQUE

Noms : NGUELAMIE PIENVEU

Prénom : Artial Dolvis

Adresse e-mail : nartialdolvis@gmail.com

Année universitaire : 2017-2018.

Ville de soutenance : Bamako.

Pays d'origine : Cameroun.

Titre de la thèse : Prévalence des troubles dus à la carence en iode (TDCI) chez les élèves du premier cycle du Groupe scolaire du Point G dans le District de Bamako.

Lieu de dépôt : Bibliothèque de la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie.

Secteur d'intérêt : Médecine interne

RÉSUMÉ

Notre étude avait pour but d'évaluer la prévalence des troubles dus à la carence en iode chez les élèves du premier cycle du Groupe scolaire du Point G dans le District de Bamako. L'étude était transversale à visée descriptive et a porté sur 432 élèves respectant nos critères d'inclusion.

Les élèves étaient pour la plupart de sexe féminin (52,78%). Ils avaient dans la majorité des cas (66,67%) un âge compris entre 9 et 13 ans (tranche d'âge pubertaire) avec un âge moyen de 9,86 ans \pm 2,33. L'ethnie Bamanan était la plus représentée suivie de celle Dogon avec respectivement 47,92% et 15,97%. Les élèves étaient en grande partie des enfants de fonctionnaires (34,72%) et d'ouvriers (30,10%). La totalité de notre échantillon résidait en Commune III. Les classes de sixième et quatrième année étaient les plus fréquentées respectivement par 21,53% et 19,91% de notre échantillon. Environ 80% des élèves (soit 77,78%) affirmaient n'avoir jamais repris une classe. Les prévalences du goitre et de crétinisme étaient nulles. Les élèves consommaient majoritairement du sel suffisamment iodé (72,22%). Au total 10,88% des sels testés ne contenaient pas de l'iode.

Les retombées positives du programme national de lutte contre les TDCI sont déjà visibles. Le but premier de la stratégie universelle d'iodation (95% de ménages consommant un sel adéquatement iodé) est loin d'être atteint.

Mots clés : goitre, crétinisme, troubles dus à la carence en iode, sel iodé, élèves, Point G.

IDENTIFICATION SHEET

Name: NGUELAMIE PIENVEU

First name: Artial Dolvis

Email address: nartialdolvis@gmail.com

Academic Year: 2017-2018.

Town of graduation: Bamako.

Country of origins: Cameroon.

Title of thesis: Prevalence of iodine deficiency disorders (IDD) in the students of the first cycle of the Point G School group in the District of Bamako.

Place of deposit: Faculty of health science's library.

Sector of interest: Internal medicine.

SUMMARY

Our study had as objective to evaluate the prevalence of iodine deficiency disorders in the students of the first cycle of the Point G school group in the district of Bamako. The study was transversal with a descriptive purpose and included 432 students who met our criteria for inclusion.

The students were mostly females (52.78%). They had in most cases (66.67%) an age between 9 and 13 years (puberty age group) with an average age of 9.86 ± 2.33 years. The Bamanan ethnic group was the most represented followed by the Dogon with respectively 47.92% and 15.97%. The students were largely official's children (34.72%) and workers (30.10%). The totality of our sample resided in common 3. Grades six and four were the most frequented respectively by 21.53% and 19.91% of our sample. About 80% of students (about 77.78%) said they had never taken back a class. The prevalence of goiter and cretinism was null. The students mainly consumed salt sufficiently iodized (72.22%). Ten-point eighty eight percent of the tested salts did not contain iodine.

The positive impacts of the national IDD program are already visible. The primary goal of the universal iodization strategy (95% of households consuming an adequately iodized salt) is far from being achieved.

Key words: goiter, cretinism, iodine deficiency disorders, iodized salt, Students, Point G.

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'être suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient. Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès la conception.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses !

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

Je le jure !

