



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

UNIVERSITE MOHAMMED V- RABAT

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE – RABAT

ANNEE: 2015

THESE N°:050

**LA TENEUR EN IODE DANS LE SEL
ALIMENTAIRE
AU NIVEAU DES MÉNAGES AU MAROC**

THESE

Présentée et soutenue publiquement le :.....

PAR

Melle. Mériem ZAHIDI

Née le 06 octobre 1990 à Rabat

Pour l'Obtention du Doctorat en Pharmacie

MOTS CLES : Chlorure de Sodium, Sel alimentaire, Sel iodé, Teneur en iode, Ménages, Maroc.

JURY

Mr. M. DRAOUI

Professeur de Chimie Analytique

Mr. J. TAOUFIK

Professeur de Chimie Thérapeutique

Mme. S. TELLAL

Professeur de Biochimie

Mme. A.MDAGHRI ALAOUI

Professeur de Pédiatrie

Mme. FZ. MOUZOUNI

Membre Associé

PRESIDENT

DIRECTEUR DE THESE

JUGES

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا

إنك أنت العليم الحكيم

سورة البقرة: الآية: 31

صَبَّحَهُ بِقَوْلِ اللَّهِ الْعَظِيمِ

Royaume du Maroc
Université Mohammed V de Rabat

FACULTE DE MEDECINE
ET DE PHARMACIE DE RABAT



المملكة المغربية
جامعة محمد الخامس بالرباط
كلية الطب والصيدلة بالرباط

DOYENS HONORAIRES :

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI

ADMINISTRATION :

Doyen : Professeur Mohamed ADNAOUI
Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et estudiantines
Professeur Mohammed AHALLAT
Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération
Professeur Taoufiq DAKKA
Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie
Professeur Jamal TAOUFIK
Secrétaire Général : Mr. El Hassane AHALLAT

1- ENSEIGNANTS-CHERCHEURSMEDECINS ET PHARMACIENS

PROFESSEURS:

Mai et Octobre 1981

Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajih : Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. TAOBANE Hamid* : Chirurgie Thoracique

Mai et Novembre 1982

Pr. BENOSMAN Abdellatif : Chirurgie Thoracique

Novembre 1983

Pr. HAJJAJ Najia ép. HASSOUNI : Rhumatologie

Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz : Médecine Interne – *Clinique Royale*
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi : Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif : pathologie Chirurgicale

Novembre et Décembre 1985

Pr. BENJELLOUN Halima : Cardiologie
Pr. BENSALID Younes : Pathologie Chirurgicale
Pr. EL ALAOUI Faris Moulay El Mostafa : Neurologie

Janvier, Février et Décembre 1987

Pr. AJANA Ali : Radiologie

Pr. CHAHED OUZZANI Houria
Pr. EL YAACOUBI Moradh
Pr. ESSAID EL FEYDI Abdellah
Pr. LACHKAR Hassan
Pr. YAHYAOUI Mohamed

Décembre 1988

Pr. BENHAMAMOUCHE Mohamed Najib
Pr. DAFIRI Rachida
Pr. HERMAS Mohamed

Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed
Pr. BOUKILI MAKHOUKHI Abdelali*
Pr. CHAD Bouziane
Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda

Janvier et Novembre 1990

Pr. CHKOFF Rachid
Pr. HACHIM Mohammed*
Pr. KHARBACH Aïcha
Pr. MANSOURI Fatima
Pr. TAZI Saoud Anas

Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AL HAMANY Zaïtounia
Pr. AZZOUZI Abderrahim
Pr. BAYAHIA Rabéa
Pr. BELKOUCHI Abdelkader
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif
Pr. BENSOUDA Yahia
Pr. BERRAHO Amina
Pr. BEZZAD Rachid
Pr. CHABRAOUI Layachi
Pr. CHERRAH Yahia
Pr. CHOKAIRI Omar
Pr. KHATTAB Mohamed
Pr. SOULAYMANI Rachida
Pr. TAOUFIK Jamal

Gastro-Entérologie
Traumatologie Orthopédie
Gastro-Entérologie
Médecine Interne
Neurologie

Chirurgie Pédiatrique
Radiologie
Traumatologie Orthopédie

Médecine Interne – **Doyen de la FMPR**
Cardiologie
Pathologie Chirurgicale
Neurologie

Pathologie Chirurgicale
Médecine-Interne
Gynécologie -Obstétrique
Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation

Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation – **Doyen de la FMPO**
Néphrologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pharmacie galénique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Biochimie et Chimie
Pharmacologie
Histologie Embryologie
Pédiatrie
Pharmacologie – **Dir. du Centre National PV**
Chimie thérapeutique

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed
Pr. BENSOUA Adil
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib
Pr. CHAHED OUAZZANI Laaziza
Pr. CHRAIBI Chafiq
Pr. DAOUDI Rajae
Pr. DEHAYNI Mohamed*
Pr. EL OUAHABI Abdessamad
Pr. FELLAT Rokaya
Pr. GHAFIR Driss*
Pr. JIDDANE Mohamed
Pr. TAGHY Ahmed
Pr. ZOUHDI Mimoun

Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Nouredine
Pr. BEN RAIS Nozha
Pr. CAOUI Malika
Pr. CHRAIBI Abdelmjid
Pr. EL AMRANI Sabah
Pr. EL AOUDAD Rajae
Pr. EL BARDOUNI Ahmed
Pr. EL HASSANI My Rachid
Pr. ERROUGANI Abdelkader
Pr. ESSAKALI Malika
Pr. ETTAYEBI Fouad
Pr. HADRI Larbi*
Pr. HASSAM Badredine
Pr. IFRINE Lahssan
Pr. JELTHI Ahmed
Pr. MAHFOUD Mustapha
Pr. MOUDENE Ahmed*
Pr. RHRAB Brahim
Pr. SENOUCI Karima

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. ABDELHAK M'barek
Pr. BELAIDI Halima
Pr. BRAHMI Rida Slimane
Pr. BENTAHILA Abdelali
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali
Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHAMI Ilham
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
Pr. EL ABBADI Najia
Pr. HANINE Ahmed*
Pr. JALIL Abdelouahed
Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane

Chirurgie Générale
Anesthésie Réanimation
Radiologie
Gastro-Entérologie
Gynécologie Obstétrique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Neurochirurgie
Cardiologie
Médecine Interne
Anatomie
Chirurgie Générale
Microbiologie

Radiothérapie
Biophysique
Biophysique
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Gynécologie Obstétrique
Immunologie
Traumato-Orthopédie
Radiologie
Chirurgie Générale- **Directeur CHIS**
Immunologie
Chirurgie Pédiatrique
Médecine Interne
Dermatologie
Chirurgie Générale
Anatomie Pathologique
Traumatologie – Orthopédie
Traumatologie- Orthopédie **Inspecteur du SS**
Gynécologie –Obstétrique
Dermatologie

Urologie
Chirurgie – Pédiatrique
Neurologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Gynécologie – Obstétrique
Traumatologie – Orthopédie
Radiologie
Ophtalmologie
Neurochirurgie
Radiologie
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Réanimation Médicale

Pr. AMRAOUI Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz
Pr. BARGACH Samir
Pr. CHAARI Jilali*
Pr. DIMOU M'barek*
Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine*
Pr. EL MESNAOUI Abbas
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila
Pr. HDA Abdelhamid*
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Décembre 1996

Pr. AMIL Touriya*
Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. MAHFOUDI M'barek*
Pr. MOHAMMADI Mohamed
Pr. OUADGHIRI Mohamed
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BEN SLIMANE Lounis
Pr. BIROUK Nazha
Pr. CHAOUIR Souad*
Pr. ERREIMI Naima
Pr. FELLAT Nadia
Pr. HAIMEUR Charki*
Pr. KADDOURI Noureddine
Pr. KOUTANI Abdellatif
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ
Pr. OUAHABI Hamid*
Pr. TAOUFIQ Jallal
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation – **Dir. HMIM**
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Cardiologie - **Directeur ERSM**
Urologie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Radiologie
Chirurgie Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Radiologie
Médecine Interne
Traumatologie-Orthopédie
Néphrologie
Cardiologie

Gynécologie-Obstétrique
Urologie
Neurologie
Radiologie
Pédiatrie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Pédiatrique
Urologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Neurologie
Psychiatrie
Gynécologie Obstétrique

Novembre 1998

Pr. AFIFI RAJAA
Pr. BENOMAR ALI
Pr. BOUGTAB Abdesslam
Pr. ER RIHANI Hassan
Pr. EZZAITOUNI Fatima
Pr. LAZRAK Khalid *
Pr. BENKIRANE Majid*
Pr. KHATOURI ALI*
Pr. LABRAIMI Ahmed*

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*
Pr. AIT OUMAR Hassan
Pr. BENJELLOUN DakhamaBadr.Sououd
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer
Pr. ECHARRAB El Mahjoub
Pr. EL FTOUH Mustapha
Pr. EL MOSTARCHID Brahim*
Pr. ISMAILI Hassane*
Pr. MAHMOUDI Abdelkrim*
Pr. TACHINANTE Rajae
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia
Pr. AIT OURHROUI Mohamed
Pr. AJANA Fatima Zohra
Pr. BENAMR Said
Pr. CHERTI Mohammed
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma
Pr. EL HASSANI Amine
Pr. EL KHADER Khalid
Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah*
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan
Pr. HSSAIDA Rachid*
Pr. LAHLOU Abdou
Pr. MAFTAH Mohamed*
Pr. MAHASSINI Najat
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae
Pr. NASSIH Mohamed*
Pr. ROUMI Abdelhadi*

Gastro-Entérologie
Neurologie – **Doyen Abulcassis**
Chirurgie Générale
Oncologie Médicale
Néphrologie
Traumatologie Orthopédie
Hématologie
Cardiologie
Anatomie Pathologique

Pneumophtisiologie
Pédiatrie
Pédiatrie
Pneumo-phtisiologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pneumo-phtisiologie
Neurochirurgie
Traumatologie Orthopédie
Anesthésie-Réanimation
Anesthésie-Réanimation
Médecine Interne

Neurologie
Dermatologie
Gastro-Entérologie
Chirurgie Générale
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Pédiatrie
Urologie
Rhumatologie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Anesthésie-Réanimation
Traumatologie Orthopédie
Neurochirurgie
Anatomie Pathologique
Pédiatrie
Stomatologie Et Chirurgie Maxillo-Faciale
Neurologie

Décembre 2000

Pr. ZOHAIR ABDELAH*

ORL

Décembre 2001

Pr. ABABOU Adil
Pr. BALKHI Hicham*
Pr. BENABDELJLIL Maria
Pr. BENAMAR Loubna
Pr. BENAMOR Jouda
Pr. BENELBARHDADI Imane
Pr. BENNANI Rajae
Pr. BENOACHANE Thami
Pr. BEZZA Ahmed*
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi
Pr. BOUMDIN El Hassane*
Pr. CHAT Latifa
Pr. DAALI Mustapha*
Pr. DRISSI Sidi Mourad*
Pr. EL HIJRI Ahmed
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid
Pr. EL MADHI Tarik
Pr. EL OUNANI Mohamed
Pr. ETTAIR Said
Pr. GAZZAZ Miloudi*
Pr. HRORA Abdelmalek
Pr. KABBAJ Saad
Pr. KABIRI EL Hassane*
Pr. LAMRANI Moulay Omar
Pr. LEKEHAL Brahim
Pr. MAHASSIN Fattouma*
Pr. MEDARHRI Jalil
Pr. MIKDAME Mohammed*
Pr. MOHSINE Raouf
Pr. NOUINI Yassine
Pr. SABBAH Farid
Pr. SEFIANI Yasser
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Anesthésie-Réanimation
Anesthésie-Réanimation
Neurologie
Néphrologie
Pneumo-phtisiologie
Gastro-Entérologie
Cardiologie
Pédiatrie
Rhumatologie
Anatomie
Radiologie
Radiologie
Chirurgie Générale
Radiologie
Anesthésie-Réanimation
Neuro-Chirurgie
Chirurgie-Pédiatrique
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Neuro-Chirurgie
Chirurgie Générale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Thoracique
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Médecine Interne
Chirurgie Générale
Hématologie Clinique
Chirurgie Générale
Urologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pédiatrie

Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*
Pr. AMEUR Ahmed *
Pr. AMRI Rachida
Pr. AOURARH Aziz*
Pr. BAMOU Youssef *
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*
Pr. BENZEKRI Laila
Pr. BENZZOUBEIR Nadia
Pr. BERNOUSSI Zakiya
Pr. BICHRA Mohamed Zakariya*
Pr. CHOHO Abdelkrim *
Pr. CHKIRATE Bouchra
Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair

Anatomie Pathologique
Urologie
Cardiologie
Gastro-Entérologie
Biochimie-Chimie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Dermatologie
Gastro-Entérologie
Anatomie Pathologique
Psychiatrie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Chirurgie Pédiatrique

Pr. EL HAOURI Mohamed *
Pr. EL MANSARI Omar*
Pr. FILALI ADIB Abdelhai
Pr. HAJJI Zakia
Pr. IKEN Ali
Pr. JAAFAR Abdeloihab*
Pr. KRIOUILE Yamina
Pr. LAGHMARI Mina
Pr. MABROUK Hfid*
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*
Pr. MOUSTAGHFIR Abdelhamid*
Pr. NAITLHO Abdelhamid*
Pr. OUJILAL Abdelilah
Pr. RACHID Khalid *
Pr. RAISS Mohamed
Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha*
Pr. RHOU Hakima
Pr. SIAH Samir *
Pr. THIMOU Amal
Pr. ZENTAR Aziz*

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
Pr. AMRANI Mariam
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
Pr. BENKIRANE Ahmed*
Pr. BOUGHALEM Mohamed*
Pr. BOULAADAS Malik
Pr. BOURAZZA Ahmed*
Pr. CHAGAR Belkacem*
Pr. CHERRADI Nadia
Pr. EL FENNI Jamal*
Pr. EL HANCHI ZAKI
Pr. EL KHORASSANI Mohamed
Pr. EL YOUNASSI Badreddine*
Pr. HACHI Hafid
Pr. JABOUIRIK Fatima
Pr. KHABOUZE Samira
Pr. KHARMAZ Mohamed
Pr. LEZREK Mohammed*
Pr. MOUGHIL Said
Pr. OUBAAZ Abdelbarre*
Pr. TARIB Abdelilah*
Pr. TIJAMI Fouad
Pr. ZARZUR Jamila

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdellah
Pr. AL KANDRY Sif Eddine*
Pr. ALAOUI Ahmed Essaid
Pr. ALLALI Fadoua
Pr. AMAZOUZI Abdellah

Dermatologie
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Ophtalmologie
Urologie
Traumatologie Orthopédie
Pédiatrie
Ophtalmologie
Traumatologie Orthopédie
Gynécologie Obstétrique
Cardiologie
Médecine Interne
Oto-Rhino-Laryngologie
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Générale
Pneumophysiologie
Néphrologie
Anesthésie Réanimation
Pédiatrie
Chirurgie Générale

Ophtalmologie
Anatomie Pathologique
Oto-Rhino-Laryngologie
Gastro-Entérologie
Anesthésie Réanimation
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Neurologie
Traumatologie Orthopédie
Anatomie Pathologique
Radiologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Cardiologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Gynécologie Obstétrique
Traumatologie Orthopédie
Urologie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Ophtalmologie
Pharmacie Clinique
Chirurgie Générale
Cardiologie

Chirurgie Réparatrice et Plastique
Chirurgie Générale
Microbiologie
Rhumatologie
Ophtalmologie

Pr. AZIZ Nouredine*
Pr. BAHIRI Rachid
Pr. BARKAT Amina
Pr. BENHALIMA Hanane
Pr. BENYASS Aatif
Pr. BERNOUSSI Abdelghani
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Mohamed
Pr. DOUDOUH Abderrahim*
Pr. EL HAMZAOUI Sakina*
Pr. HAJJI Leila
Pr. HESSISSEN Leila
Pr. JIDAL Mohamed*
Pr. LAAROUSSI Mohamed
Pr. LYAGOUBI Mohammed
Pr. NIAMANE Radouane*
Pr. RAGALA Abdelhak
Pr. SBIHI Souad
Pr. ZERAIDI Najia

Décembre 2005

Pr. CHANI Mohamed

Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
Pr. AKJOUJ Said*
Pr. BELMEKKI Abdelkader*
Pr. BENCHEIKH Razika
Pr. BIYI Abdelhamid*
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
Pr. BOULAHYA Abdellatif*
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas
Pr. DOGHMI Nawal
Pr. ESSAMRI Wafaa
Pr. FELLAT Ibtissam
Pr. FAROUDY Mamoun
Pr. GHADOUANE Mohammed*
Pr. HARMOUCHE Hicham
Pr. HANAFI Sidi Mohamed*
Pr. IDRIS LAHLOU Amine*
Pr. JROUNDI Laila
Pr. KARMOUNI Tariq
Pr. KILI Amina
Pr. KISRA Hassan
Pr. KISRA Mounir
Pr. LAATIRIS Abdelkader*
Pr. LMIMOUNI Badreddine*
Pr. MANSOURI Hamid*
Pr. OUANASS Abderrazzak
Pr. SAFI Soumaya*
Pr. SEKKAT Fatima Zahra
Pr. SOUALHI Mouna
Pr. TELLAL Saida*

Radiologie
Rhumatologie
Pédiatrie
Stomatologie et Chirurgie Maxillo Faciale
Cardiologie
Ophtalmologie
Ophtalmologie
Biophysique
Microbiologie
Cardiologie (*mise en disponibilité*)
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Cardio-vasculaire
Parasitologie
Rhumatologie
Gynécologie Obstétrique
Histo-Embryologie Cytogénétique
Gynécologie Obstétrique

Anesthésie Réanimation

Rhumatologie
Radiologie
Hématologie
O.R.L
Biophysique
Chirurgie - Pédiatrique
Chirurgie Cardio – Vasculaire
Gynécologie Obstétrique
Cardiologie
Gastro-entérologie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Urologie
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Microbiologie
Radiologie
Urologie
Pédiatrie
Psychiatrie
Chirurgie – Pédiatrique
Pharmacie Galénique
Parasitologie
Radiothérapie
Psychiatrie
Endocrinologie
Psychiatrie
Pneumo – Phtisiologie
Biochimie

Pr. ZAHRAOUI Rachida

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
Pr. ACHACHI Leila
Pr. ACHOUR Abdessamad*
Pr. AIT HOUSSA Mahdi*
Pr. AMHAJJI Larbi*
Pr. AMMAR Haddou*
Pr. AOUI Sarra
Pr. BAITE Abdelouahed*
Pr. BALOUCH Lhousaine*
Pr. BENZIANE Hamid*
Pr. BOUTIMZINE Nourdine
Pr. CHARKAOUI Naoual*
Pr. EHIRCHIOU Abdelkader*
Pr. ELABSI Mohamed
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
Pr. EL OMARI Fatima
Pr. GANA Rachid
Pr. GHARIB Nouredine
Pr. HADADI Khalid*
Pr. ICHOU Mohamed*
Pr. ISMAILI Nadia
Pr. KEBDANI Tayeb
Pr. LALAOUI SALIM Jaafar*
Pr. LOUZI Lhoussain*
Pr. MADANI Naoufel
Pr. MAHI Mohamed*
Pr. MARC Karima
Pr. MASRAR Azlarab
Pr. MOUTAJ Redouane *
Pr. MRABET Mustapha*
Pr. MRANI Saad*
Pr. OUZZIF Ezzohra*
Pr. RABHI Monsef*
Pr. RADOUANE Bouchaib*
Pr. SEFFAR Myriame
Pr. SEKHSOKH Yessine*
Pr. SIFAT Hassan*
Pr. TABERKANET Mustafa*
Pr. TACHFOUTI Samira
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
Pr. TANANE Mansour*
Pr. TLIGUI Houssain
Pr. TOUATI Zakia

Décembre 2007

Pr. DOUHAL ABDERRAHMAN

Décembre 2008

Pr ZOUBIR Mohamed*

Pneumo – Phtisiologie

Réanimation médicale
Pneumo phtisiologie
Chirurgie générale
Chirurgie cardio vasculaire
Traumatologie orthopédie
ORL
Parasitologie
Anesthésie réanimation
Biochimie-chimie
Pharmacie clinique
Ophtalmologie
Pharmacie galénique
Chirurgie générale
Chirurgie générale
Anesthésie réanimation
Psychiatrie
Neuro chirurgie
Chirurgie plastique et réparatrice
Radiothérapie
Oncologie médicale
Dermatologie
Radiothérapie
Anesthésie réanimation
Microbiologie
Réanimation médicale
Radiologie
Pneumo phtisiologie
Hématologique
Parasitologie
Médecine préventive santé publique et hygiène
Virologie
Biochimie-chimie
Médecine interne
Radiologie
Microbiologie
Microbiologie
Radiothérapie
Chirurgie vasculaire périphérique
Ophtalmologie
Chirurgie générale
Traumatologie orthopédie
Parasitologie
Cardiologie

Ophtalmologie

Anesthésie Réanimation

Pr TAHIRI My El Hassan*
Mars 2009
 Pr. ABOUZAHIR Ali*
 Pr. AGDR Aomar*
 Pr. AIT ALI Abdelmounaim*
 Pr. AIT BENHADDOU El hachmia
 Pr. AKHADDAR Ali*
 Pr. ALLALI Nazik
 Pr. AMAHZOUNE Brahim*
 Pr. AMINE Bouchra
 Pr. ARKHA Yassir
 Pr. AZENDOUR Hicham*
 Pr. BELYAMANI Lahcen*
 Pr. BJIJOU Younes
 Pr. BOUHSAIN Sanae*
 Pr. BOUI Mohammed*
 Pr. BOUNAIM Ahmed*
 Pr. BOUSSOUGA Mostapha*
 Pr. CHAKOUR Mohammed *
 Pr. CHTATA Hassan Toufik*
 Pr. DOGHMI Kamal*
 Pr. EL MALKI Hadj Omar
 Pr. EL OUENNASS Mostapha*
 Pr. ENNIBI Khalid*
 Pr. FATHI Khalid
 Pr. HASSIKOU Hasna *
 Pr. KABBAJ Nawal
 Pr. KABIRI Meryem
 Pr. KARBOUBI Lamy
 Pr. L'KASSIMIHachemi*
 Pr. LAMSAOURI Jamal*
 Pr. MARMADE Lahcen
 Pr. MESKINI Toufik
 Pr. MESSAOUDI Nezha *
 Pr. MSSROURI Rahal
 Pr. NASSAR Ittimade
 Pr. OUKERRAJ Latifa
 Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *
 Pr. ZOUHAIR Said*

Chirurgie Générale
 Médecine interne
 Pédiatre
 Chirurgie Générale
 Neurologie
 Neuro-chirurgie
 Radiologie
 Chirurgie Cardio-vasculaire
 Rhumatologie
 Neuro-chirurgie
 Anesthésie Réanimation
 Anesthésie Réanimation
 Anatomie
 Biochimie-chimie
 Dermatologie
 Chirurgie Générale
 Traumatologie orthopédique
 Hématologie biologique
 Chirurgie vasculaire périphérique
 Hématologie clinique
 Chirurgie Générale
 Microbiologie
 Médecine interne
 Gynécologie obstétrique
 Rhumatologie
 Gastro-entérologie
 Pédiatrie
 Pédiatrie
 Microbiologie
 Chimie Thérapeutique
 Chirurgie Cardio-vasculaire
 Pédiatrie
 Hématologie biologique
 Chirurgie Générale
 Radiologie
 Cardiologie
 Pneumo-phtisiologie
 Microbiologie

PROFESSEURS AGREGES :

Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha
 Pr. AMEZIANE Taoufiq*
 Pr. BELAGUID Abdelaziz
 Pr. BOUAITY Brahim*
 Pr. CHADLI Mariama*
 Pr. CHEMSI Mohamed*
 Pr. DAMI Abdellah*
 Pr. DARBI Abdellatif*

Anesthésie réanimation
 Médecine interne
 Physiologie
 ORL
 Microbiologie
 Médecine aéronautique
 Biochimie chimie
 Radiologie

Pr. DENDANE Mohammed Anouar
Pr. EL HAFIDI Naima
Pr. EL KHARRAS Abdennasser*
Pr. EL MAZOUZ Samir
Pr. EL SAYEGH Hachem
Pr. ERRABIH Ikram
Pr. LAMALMI Najat
Pr. LEZREK Mounir
Pr. MALIH Mohamed*
Pr. MOSADIK Ahlam
Pr. MOUJAHID Mountassir*
Pr. NAZIH Mouna*
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed
Pr. ABOUELALAA Khalil*
Pr. BELAIZI Mohamed*
Pr. BENCHEBBA Driss*
Pr. DRISSI Mohamed*
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna
Pr. EL KHATTABI Abdessadek*
Pr. EL OUAZZANI Hanane*
Pr. ER-RAJI Mounir
Pr. JAHID Ahmed
Pr. MEHSSANI Jamal*
Pr. RAISSOUNI Maha*

Février 2013

Pr. AHID Samir
Pr. AIT EL CADI Mina
Pr. AMRANI HANCHI Laila
Pr. AMOUR Mourad
Pr. AWAB Almahdi
Pr. BELAYACHI Jihane
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain
Pr. BENCHEKROUN Laila
Pr. BENKIRANE Souad
Pr. BENNANA Ahmed*
Pr. BENSEFFAJ Nadia
Pr. BENSghir Mustapha*
Pr. BENYAHIA Mohammed*
Pr. BOUATIA Mustapha
Pr. BOUABID Ahmed Salim*
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba
Pr. CHAIB Ali*
Pr. DENDANE Tarek
Pr. DINI Nouzha*
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa
Pr. ELFATEMI Nizare

Chirurgie pédiatrique
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie plastique et réparatrice
Urologie
Gastro entérologie
Anatomie pathologique
Ophtalmologie
Pédiatrie
Anesthésie Réanimation
Chirurgie générale
Hématologie
Anatomie pathologique

Chirurgie Pédiatrique
Anesthésie Réanimation
Psychiatrie
Traumatologie Orthopédique
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Médecine Interne
Pneumophtisiologie
Chirurgie Pédiatrique
Anatomie pathologique
Psychiatrie
Cardiologie

Pharmacologie – Chimie
Toxicologie
Gastro-Entérologie
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Réanimation Médicale
Anesthésie Réanimation
Biochimie-Chimie
Hématologie
Informatique Pharmaceutique
Immunologie
Anesthésie Réanimation
Néphrologie
Chimie Analytique
Traumatologie Orthopédie
Anatomie
Cardiologie
Réanimation Médicale
Pédiatrie
Anesthésie Réanimation
Radiologie
Neuro-Chirurgie

Pr. EL GUERROUJ Hasnae	Médecine Nucléaire
Pr. EL HARTI Jaouad	Chimie Thérapeutique
Pr. EL JOUDI Rachid*	Toxicologie
Pr. EL KABABRI Maria	Pédiatrie
Pr. EL KHANNOUSSI Basma	Anatomie Pathologie
Pr. EL KHLOUFI Samir	Anatomie
Pr. EL KORAICHI Alae	Anesthésie Réanimation
Pr. EN-NOUALI Hassane*	Radiologie
Pr. ERRGUIG Laila	Physiologie
Pr. FIKRI Meryim	Radiologie
Pr. GHANIMI Zineb	Pédiatrie
Pr. GHFIR Imade	Médecine Nucléaire
Pr. IMANE Zineb	Pédiatrie
Pr. IRAQI Hind	Endocrinologie et maladies métaboliques
Pr. KABBAJ Hakima	Microbiologie
Pr. KADIRI Mohamed*	Psychiatrie
Pr. LATIB Rachida	Radiologie
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra	Médecine Interne
Pr. MEDDAH Bouchra	Pharmacologie
Pr. MELHAOUI Adyl	Neuro-chirurgie
Pr. MRABTI Hind	Oncologie Médicale
Pr. NEJJARI Rachid	Pharmacognosie
Pr. OUBEJJA Houda	Chirurgie Pédiatrique
Pr. OUKABLI Mohamed*	Anatomie Pathologique
Pr. RAHALI Younes	Pharmacie Galénique
Pr. RATBI Ilham	Génétique
Pr. RAHMANI Mounia	Neurologie
Pr. REDA Karim*	Ophthalmologie
Pr. REGRAGUI Wafa	Neurologie
Pr. RKAIN Hanan	Physiologie
Pr. ROSTOM Samira	Rhumatologie
Pr. ROUAS Lamiaa	Anatomie Pathologique
Pr. ROUIBAA Fedoua*	Gastro-Entérologie
Pr. SALIHOUN Mouna	Gastro-Entérologie
Pr. SAYAH Rochde	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. SEDDIK Hassan*	Gastro-Entérologie
Pr. ZERHOUNI Hicham	Chirurgie Pédiatrique
Pr. ZINE Ali*	Traumatologie Orthopédie

Avril 2013

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim*	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Pr. GHOUNDALE Omar*	Urologie
Pr. ZYANI Mohammad*	Médecine Interne

****Enseignants Militaires***

2- ENSEIGNANTS – CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

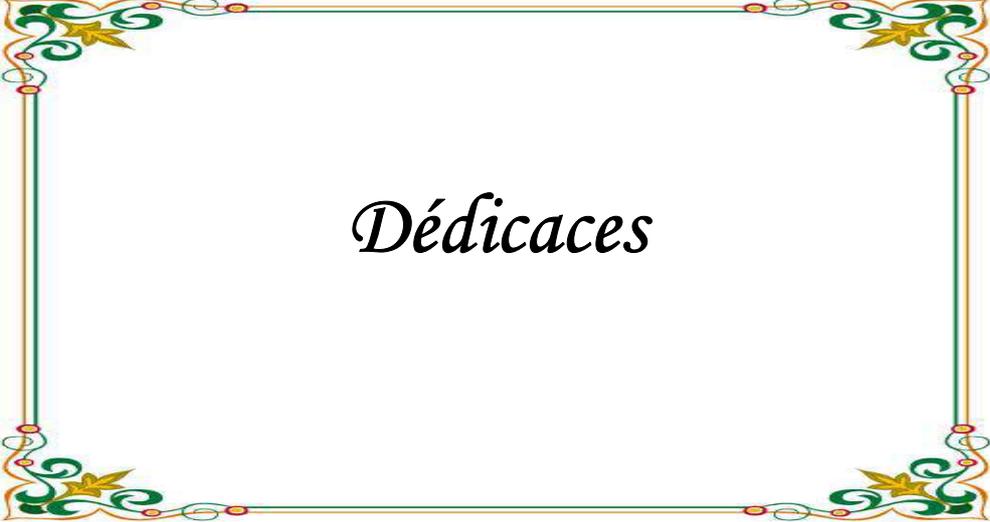
PROFESSEURS / PRs. HABILITES

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie – chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. BOURJOUANE Mohamed	Microbiologie
Pr. BARKYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. CHAHED OUAZZANI LallaChadia	Biochimie – chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. DRAOUI Mustapha	Chimie Analytique
Pr. EL GUESSABI Lahcen	Pharmacognosie
Pr. ETTAIB Abdelkader	Zootéchnie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas	Pharmacologie
Pr. HAMZAOUI Laila	Biophysique
Pr. HMAMOUCHE Mohamed	Chimie Organique
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie
Pr. ZELLOU Amina	Chimie Organique

*Mise à jour le 09/01/2015 par le
Service des Ressources Humaines*

- 9 JAN 2015





Dédicaces

A 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 le grand puissant te donner bonne santé et longue vie...*

A mon cher père

*Tu m'as toujours encouragé au cours de mes études
et à aller de l'avant.*

Tu as su m'enseigner ce qu'était la persévérance

*Grâce à ta bienveillance et à ta générosité, j'ai pu terminer mes
études dans l'enthousiasme.*

*Toutes les encres du monde ne me suffisent pour t'exprimer mon
immense gratitude.*

*Que ce travail puisse être le résultat de tes efforts et de tes
sacrifices.*

Puisse ALLAH te protéger et t'accorder une longue vie.

A mes sœurs Kawtar et Hind et à mon frère Abdourrahmane

*Pour le soutien et le dévouement dont vous m'avez fait preuve
le long de mes études et au cours de la réalisation de ce travail.
Qu'il soit le témoignage de mon affection et la récompense de vos
sacrifices.*

Vous avez été toujours pour moi les sœurs et frère sur qui je peux compter.

Je vous souhaite tout le bonheur et le succès que vous méritez

A mes grands-parents

A la mémoire de mon grand-père maternel

A mes oncles et tantes

A mes cousins et cousines

*Pour votre soutien et vos encouragements, puisse
ce travail être le témoignage de ma profonde affection.
Que ALLAH vous comble de bonheur, de santé, de succès
et de prospérité dans votre vie et vous protège.*

*A tous les membres de ma famille petits et grands
Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression
de mon affection la plus sincère.*

A mes chère(s)

Lamiaa, Widad, Imane, Meriem, Kawtar, Fatima-Zahra,

Si Mohamed, Si Mohammed et Yassine

Nous voilà arrivées à la fin d'un long et difficile parcours.

Vous êtes plus que des ami(e)s.

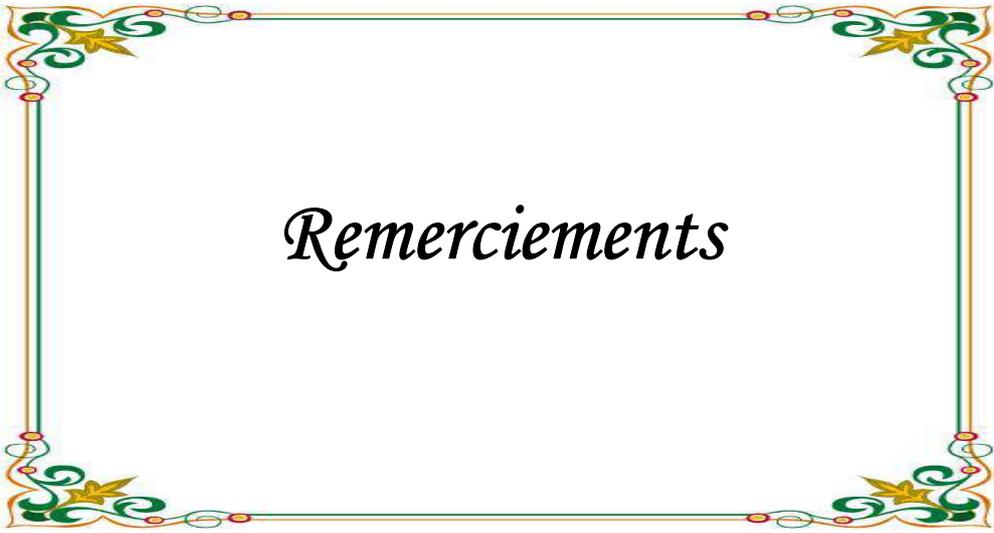
*Vous étiez toujours présents pour me soutenir et m'aider,
je vous en serai toujours reconnaissante.*

Et je vous dédie ce modeste travail

A toute personne qui a contribué de près

ou de loin à la réalisation de ce travail

A tous ceux à qui je pense et que j'ai omis de citer.



Remerciements

*A mon maître et Président de Jury
Monsieur Mustapha DRAOUI
Professeur de Chimie Analytique*

*Je suis très sensible à l'honneur
que vous me faites en acceptant la présidence
de mon jury de thèse.*

*Votre culture scientifique, votre compétence et vos qualités
humaines ont suscité en moi une grande admiration,
et sont pour vos élèves un exemple à suivre.*

*Durant ma formation, j'ai eu le privilège de bénéficier de votre
enseignement et d'apprécier votre sens professionnel.*

*Veillez accepter, cher Maître, l'assurance de mon
estime et mon profond respect.*

*A mon Maître et Directeur de Thèse
Monsieur Jamal TAOUFIK
Professeur de Chimie Thérapeutique.
Vice-Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie*

*Je tiens à vous déclarer mes remerciements
les plus sincères pour avoir accepté de diriger ce travail.*

*Mais au-delà de tous les mots de remerciements
que je vous adresse, je voulais louer
en vous votre amabilité, votre courtoisie et votre générosité.*

*J'ai toujours été marquée par vos qualités humaines
et l'étendue de vos connaissances.*

*Puisse ce travail être à la hauteur de la confiance
que vous m'avez accordée.*

A mon Maître et Juge de Thèse

Monsieur Saida TELLAL

Professeur de Biochimie

Vous me faites un immense plaisir en acceptant de juger ma thèse.

*Qu'il me soit permis de témoigner à travers
ces quelques lignes mon admiration à la valeur de votre compétence.*

*J'ai toujours été marquée par vos qualités humaines
et l'étendue de vos connaissances.*

*Qu'il me soit permis, de vous exprimer
ma grande estime et ma profonde reconnaissance.*

A mon Maître et Juge de Thèse

Madame Asmae MDAGHRI ALAOUI

Professeur de Pédiatrie

*J'ai eu la chance de vous avoir parmi les membres
de mon jury, et je vous remercie d'avoir bien voulu
en toute simplicité, me faire l'honneur de juger ce travail.*

*Votre rigueur ainsi que votre gentillesse, votre sympathie
et votre dynamisme qui demeureront pour moi le meilleur exemple.*

*Que ce travail soit une occasion de vous exprimer
ma gratitude, de respect et d'admiration les plus sincères.*

.A Madame. Fatima-Zahra Mouzouni

Chef du service des Maladies Métaboliques et Endocriniennes

Division des Maladies Non Transmissibles

Direction De L'épidémiologie Et De Lutte Contre Les Maladies

Membre Associé au Jury de Thèse

*Je suis très heureuse de l'honneur
que vous me faites en acceptant de juger mon travail.*

*Votre présence est pour moi, l'occasion
de vous exprimer mon admiration de votre grande
compétence professionnelle et de votre généreuse sympathie.*

Soyez assurée de ma reconnaissance et mon profond respect

A mon Maître et Co-encadrant de Thèse

Monsieur Ahmed ZAHIDI

Professeur de Chimie Thérapeutique.

*Je tiens à vous déclarer mes remerciements
les plus sincères pour avoir accepté de me confier ce travail
et avoir veillé à son élaboration avec patience et disponibilité.*

*Votre dévouement au travail, votre modestie et votre gentillesse
imposent le respect et représentent pour moi le modèle
que je serai toujours heureuse de suivre.*

Ce fut très agréable de travailler avec vous au laboratoire

Pendant une année entière.

*Puisse ce travail être à la hauteur de la confiance
que vous m'avez accordée.*

*A Messieurs Tarik El Madani et Abdelaziz IFRAGHASSEN
de la Direction De L'épidémiologie Et De Lutte Contre Les Maladies
Ministère de la Santé*

*A Monsieur Abdelilah EL MARNISSI
Chef De Service Des Etudes Et De L'information Sanitaire
Ministère de la Santé*

*A Monsieur Lahcen IHLAL
Chef de la Division de Contrôle et de la Protection des Végétaux
Direction Régionale de l'ONSSA, Région de Rabat Salé Zemmour-Zaer
& Gharb Chrarda-BniHssen*

*A Monsieur KHALID EL HMIDI
de la Directions des Mines
Ministère de l'Energie et des Mines*

Je ne saurais terminer sans vous remercier tous,

Vous avez tous contribué à ce travail.

Soyez assuré de ma reconnaissance et mon profond respect

LISTE DES FIGURES

Figure n°1: Structure chimique de l'érythrosine.

Figure n°2: Kit utilisé pour le test qualitatif.

Figure n 3: Analyse qualitative des échantillons de sel.

Figure n°4: Teneur moyenne en iode dans le sel iodé en mg I/kg par région.

LISTE DES TABLEAUX

Partie I : Etude bibliographique

Tableau n°1: les besoins journaliers en iode recommandés

Tableau n°2: Classification des critères épidémiologiques en nutrition en iode selon l'iodurie moyenne chez les Enfants d'âge scolaire adopté par l'OMS/UNICEF/ICCIDD

Tableau n°3 : Concentration de l'iode dans l'eau thermale au Japon, Etats-Unis, Pays de Galles.

Tableau n°4: Nombre de pays affectés par la carence iodée estimé à partir du taux total de goitre (TTG)

Tableau n°5: étendue de la population affectée par la carence iodée estimée à partir du taux total de goitre TTG et estimation de la population à risque

Tableau n°6: Spectre des troubles dus à la carence en iode (IDD).

Hetzel (1983); WHO/UNICEF/ICCIDD (2001)

Tableau n°7: Composés utilisés pour l'enrichissement en iode:

Formule chimique et teneur en iode.

Tableau n°8: La réglementation sur le sel iodé dans quelques pays à travers le monde

Tableau n°9: les principaux gisements de sel au Maroc

Tableau n°10: Données relatives aux établissements de production et de conditionnement du sel iodé par région.

Tableau n°11: La production du sel au Maroc, Exportation et ventes locales.

LISTE DES TABLEAUX

Partie II : Etude pratique

Tableau n°1: Répartition des échantillons collectés par régions.

Tableau n°2: Répartition des échantillons par milieu.

Tableau n°3: Répartition des échantillons par type de sel.

Tableau n°4: Nombre d'échantillon par société de sel.

Tableau n°5: Résultats d'analyse qualitative des échantillons de sel étudiés.

Tableau n°6: Répartition des résultats d'analyses qualitatives des échantillons de sel en fonction du milieu de prélèvement.

Tableau n°7: La teneur moyenne en mg I/kg à partir des résultats d'analyses quantitatives des échantillons de sel.

Tableau n°8: Répartition des échantillons et leurs moyennes de teneur en iode en fonction des intervalles de teneur en iode en mg I/kg préconisé par le décret.

Tableau n°9: La moyenne des teneurs en iode dans le sel iodé en mg I/kg par nombre d'échantillon collectés par région.

Tableau n°10: La moyenne des teneurs en iode dans le sel iodé en mg I/kg par milieu.

Tableau n°11: La Teneur Moyenne en mg I/kg des échantillons par type de sel utilisé par les ménages.

LISTE DES ABREVIATIONS

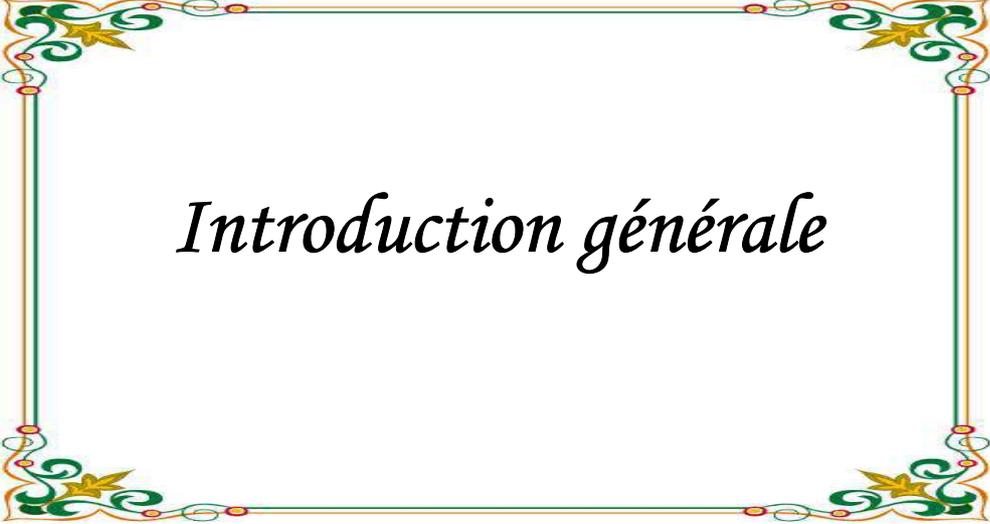
B.O	: Bulletin Officiel
CEE	: Communauté Economique Européenne
DR	: Direction Régionale
EMRO	: Eastern Mediterranean Regional Office (Bureau régional de l'OMS pour la Méditerranée orientale)
ICCIDD	: Conseil International pour la lutte contre les Troubles Dus à la Carence en Iode
IDD	: Iodine Deficiency Disorders
INN	: Institut National de Nutrition
NIS	: Symporteur Na ⁺ /I ⁻
NM	: Norme Marocaine
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé.
ONCF	: Office National des Chemins de Fer
ONSSA	: Office National de Sécurité Sanitaire des produits Alimentaires
ONU	: Organisation des Nations Unies
PIB	: Produit intérieur brut
QI	: Quotient intellectuel
SCN⁻	: Ion thiocyanate
T3	: Triiodothyronine
T4	: Tétraiodothyronine, thyroxine
TDCI	: Troubles Dus à la Carence en Iode
TSH	: Thyroid Stimulating Hormone; Hormone hypophysaire
TTG	: Taux total de goitre
UNICEF	: Fond des Nations Unies pour l'Enfance
USI	: Iodation Universelle du Sel

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Partie I : Etude bibliographique	5
Chapitre I: L'iode	6
1. Caractère physico-chimique	6
2. Rôle et besoins en Iode	6
3. Les différentes origines et sources d'iode	8
4. La biodisponibilité de l'iode	12
Chapitre II: Les Troubles Dus à la Carence en Iode et les moyens de luttés	13
1. Les Troubles Dus à la Carence en Iode (TDCI)	14
1.1. Carte épidémiologique des troubles dus à la carence en iode (TDCI)	14
1.2. Les différents troubles dus à la carence en iode et leurs prévalences	16
2. Les moyens de lutte contre les TDCI	20
2.1. L'iodation universelle du sel (USI)	20
2.2. Autres moyens alternatifs de lutte contre les TDCI	25
2.3. Quelques exemples de protocoles appliqués dans le monde	26
Chapitre III : Le sel alimentaire et le secteur du sel au Maroc	31
1. Le sel alimentaire	31
1.1. Définition, composition, origine et rôle physiologique du sel	31
1.2. Facteurs essentiels de composition et de qualité du sel alimentaire	31
1.3. Différents types de sel consommé	32
2. Le secteur du sel au Maroc	36
2.1. Principaux gisements	36
2.2. Production nationale	36
2.3. Consommation	38

Chapitre IV : Le Sel iodé au Maroc	39
1. Loi et réglementation	39
1.1. Les textes législatifs relatifs à l'iodation du sel au Maroc	39
1.2. Contrôle et surveillance du sel iodé	40
1.3. Les limites de l'USI	41
2. La législation relative aux unités de production de sel iodé au Maroc	42
2.1. Site de production	43
2.2. Locaux	43
2.3. Equipment de production	43
2.4. Produits de nettoyage	43
2.5. Lutte contre les nuisibles	44
2.6. Installation sanitaire	44
2.7. Approvisionnement	44
2.8. Transport et stockage	45
2.9. Personnel	45
2.10. Suivi et control	45
3. Procédés d'iodation du sel alimentaire	45
3.1. Choix de l'additif	46
3.2. Les techniques d'iodation	47

Partie II : Etude pratique	50
Introduction	51
1. Matériels et méthodes	53
1.1. Matériel	53
1.1.1. Echantillonnage	53
1.1.2. Fiche d'échantillonnage	54
1.1.3. Verrerie, matériel, appareillage du laboratoire	55
1.1.4. Réactifs	55
1.2. Méthode	56
1.2.1. Test qualitatif de la teneur en iode	56
1.2.2. Dosage quantitatif de la teneur en iode	57
2. Résultats	60
2.1. Répartition des échantillons par régions	60
2.2. Répartition des échantillons selon le milieu	61
2.3. Répartition des échantillons selon la nature du sel	61
2.4. Etiquetage des échantillons de sel	61
2.5. Evaluation qualitative de la présence d'iode dans le sel	64
2.6. Evaluation quantitative des taux d'iode dans le sel	66
3. Discussion	69
Conclusion et recommandations	72
Résumé, Abstract, ملخص	74
Références bibliographiques	78



Introduction générale

Introduction générale

L'iode est un oligo-élément présent en très faible quantité (10-15 mg) chez l'homme adulte. Le seul rôle connu de l'iode chez l'Homme est de constituer un élément essentiel dans la synthèse des hormones thyroïdiennes : la thyroxine et la triiodothyronine (T3)[1].

En cas de carence en iode des anomalies de la fonction et de la croissance thyroïdienne vont apparaître et sont variables selon l'importance de la carence iodée et selon l'âge des sujets. L'ensemble de ces complications est regroupé sous le terme de troubles dus à la carence iodée TDCI[2].

La carence iodée occupe une place particulière parmi les carences en micronutriments qui posent aujourd'hui un problème majeur de santé publique dans le monde. Elle est spécialement la première cause à la fois des troubles de la thyroïde et des anomalies cérébrales chez l'enfant. Ainsi, elle conduit à un ralentissement de toutes les fonctions métaboliques et à l'altération psychomotrice .C'est la première cause d'arriération mentale évitable au monde.

La carence en iode représente un frein considérable au développement économique, du fait de la gravité des conséquences socio-économiques importantes: diminution de la capacité physique et intellectuelle et perte de la production ; prise en charge excessive et permanente par la famille et la collectivité des crétins et retardés mentaux et physiques ; déperditions scolaires ; coût psychologique et socio-économique de la mortalité infantile[3].

Selon les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), plus de 2 milliards de personnes sont concernées par le risque de carence en iode soit un tiers de la population mondiale et 54 pays sur 197 se trouvent dans une situation alarmante[4].

En 2013, selon les données disponibles pour 44 sur 54 pays africains, le taux de couverture en sel iodée était de 95.6% de la population africaine, comparé à 75% en 2007.

On notait qu'en 2013, 11 pays étaient encore en état de carence en iode sévère: 6 pays en carence en iode modérée et 5 pays en carence en iode légère [5].

Sous la pression de l'OMS, recommandant l'iodation universelle du sel comme stratégie de prévention et de contrôle de la carence en iode, de nombreux pays ont fait le choix depuis 1990 d'enrichir tout le sel destiné à la consommation humaine et animale en iode [6, 7].

En moins d'une décennie, 85 % des pays affectés par la carence en iode ont introduit une législation sur l'enrichissement du sel, et 68 % des ménages en 1999 avaient accès au sel iodé. Parmi 22 pays, dont 10 dans la région Amérique, et 5 en Afrique, le sel iodé est accessible à plus de 90 % des ménages[2, 8].

Au Maroc, En 1993 une enquête de prévalence dans la province d'Azilal, bien connue comme foyer important du goitre, fût la première action entreprise: elle montra que 65% des enfants examinés étaient goitreux, et que 63% des enfants âgés de 6 à 12ans avaient une iodurie inférieure à la normale ($<10 \mu\text{g}/\text{dl}$) et 22% avaient un goitre. Ce qui situe le Maroc dans une zone de carence iodée modérée[9].

L'étude sur l'Impact économique de la carence en Iode au Maroc réalisée en 2001 a montré que cette carence coûte au pays 1,48% du PIB (produit intérieur brut) en termes absolus, c'est une perte de 4,6 milliards de DH/an pour le développement du pays.

Seule une politique de prévention permet de lutter efficacement contre la carence en iode. Cette politique consiste en un apport d'iode soit sous forme de sel iodé ou d'administration médicamenteuse (voie orale ou injection intramusculaire)[10].

L'introduction de l'iodation universelle du sel (USI) comme une stratégie globale de lutte contre la carence en iode fête son 20^{ème} anniversaire (1995-2015)[11].

Dans un tel programme le contrôle et le suivi du sel iodé est primordial avant le contrôle du statut nutritionnel.

Pour contribuer à ce programme, nous avons fixé comme objectif de notre étude de dresser une cartographie de l'état du sel iodé au niveau national

Dans la première partie de cette thèse, nous allons présenter une étude bibliographique sur: L'importance de l'apport en iode et les conséquences très graves de l'absence en ce micronutriment dans notre alimentation ainsi que les moyens de lutte contre la carence en iode.

Le secteur de sel alimentaire au Maroc sera détaillé par la suite avec la législation qui régit ce secteur.

La deuxième partie de notre thèse, est consacré aux résultats et à la discussion de l'enquête menée auprès des ménages du Royaume pour évaluer la teneur en iode du sel utilisé en cuisine, et faire le point sur l'avancement de la généralisation du sel iodé au Maroc.

*Le terme « Iode » dans cette thèse ne désigne pas la forme chimique I_2 au sens chimique de terme, mais toutes les formes chimiques utilisées dans la fortification des aliments: iodure, iodate de potassium ou de sodium, quand nous désignerons l'élément chimique, le terme iode sera suivi du symbole (I_2).

*Le terme « sel » dans cette thèse désigne le chlorure de sodium alimentaire.



Partie I

Etude bibliographique

Partie I

Etude bibliographique

Chapitre I: L'iode

1. Caractère physico-chimique

L'iode (grec iôdês, violet, Gay-Lussac, 1813) ou violet est ainsi surnommé, en raison de la coloration que sa forme simple, le diiode I_2 , prend en s'évaporant. 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 I_2 . L'isotope stable (^{127}I) est seul présent dans les milieux naturels dont la concentration moyenne est variable selon les milieux: 10ng/m^3 ($3\text{-}20\text{ng/m}^3$) dans l'atmosphère, $58\mu\text{g/l}$ ($24\text{-}120\mu\text{g/l}$) dans les mers et océans qui constituent le réservoir principal d'iode sur le globe terrestre ($7,9 \cdot 10^{16}\text{g}$), $2,0 \mu\text{g/l}$ ($1,5\text{-}2,5 \mu\text{g/l}$) dans l'eau de pluie, 5 mg/kg ($0,1\text{-}98 \text{ mg/Kg}$) dans les sols, et ($0,1\text{-}400 \text{ mg/Kg}$) dans les roches, selon leur origine sédimentaire ($2,0 \text{ mg/Kg}$), plutonique ou volcanique ($0,24 \text{ mg/kg}$).[2]

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, la thyroxine et la triiodothyronine au niveau de la glande thyroïde, qui régulent le métabolisme de toutes les cellules du corps et le développement précoce de la plupart des organes surtout le cerveau dans les premières années de vie, particulièrement pendant la croissance du fœtus et de l'enfant[12].

Les besoins en iode sont égaux aux quantités d'iode hormonal métabolisé et non recyclé par la thyroïde. Ils sont variables selon l'âge, le sexe et l'état physiologique:

90 μg	Nouveau Né, Nourrisson, Enfant en âge préscolaire (0 à 5ans)
120 μg	Enfant (6 à 12 ans)
150 μg	Adulte (>12 ans)
250 μg	Femme enceinte et allaitante

Tableau n°1: les besoins journaliers en iode recommandés[13].

Les besoins physiologiques en iode sont accrus chez les femmes enceintes, passant de 150 $\mu\text{g/j}$ à 250 $\mu\text{g/j}$.

L'iodurie chez la femme enceinte doit être entre 150 et 250 $\mu\text{g/L}$ [13].

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 $\mu\text{g/j}$);
- A la naissance environ 40% de T4 d'origine maternelle se retrouve dans le sang de cordon fœtal.

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'iodure supplémentaire de 50–100 $\mu\text{g/j}$ [14, 15].

Donc les besoins de l'organisme en iode sont de l'ordre du microgramme. Si cette quantité infinitésimale est absente dans notre alimentation les conséquences sont très graves.

Bien qu'une prise insuffisante d'iodure induise ce que l'on appelle les troubles dus à la carence en iode TDCI que nous détaillerons dans le chapitre II, une prise excessive d'iodure peut aussi causer des problèmes de santé. elle peut engendrer des anomalies telles que l'hyperthyroïdie, le goitre, la thyrotoxicose, des maladies auto-immunes de la thyroïde et une allergies à l'iodure[13, 16].

Tout l'iodure en excès dans le corps est excrété dans les urines. La recherche d'iodure dans les urines donne une bonne indication de la quantité d'iodure ingérée. Une excrétion d'iodure dans les urines de moins de 100 $\mu\text{g/l}$ par jour signifie une carence en iode[17].

Afin d'évaluer le statut épidémiologique d'iodure d'une population, l'iodurie reste l'indicateur de référence représentant le statut nutritionnel en iode. La classification adoptée par l'OMS/UNICEF/ICCIDD est rapportée dans le tableau n°2.

Median 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 divers troubles de santé

Tableau n°2: Classification des critères épidémiologiques en nutrition en iodes elon l'iodurie moyenne chez les Enfants d'âge scolaire adopté par l'OMS/UNICEF/ICCIDD[18].

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

Les programmes de lutte contre la carence en iode reposent essentiellement sur la fortification des aliments tels que le sel iodé. Dans de tels programmes le contrôle de l'aliment fortifié est primordial avant le contrôle du statut nutritionnel de la population.

3. Les différentes origines et sources d'iode

L'iode nécessaire à l'organisme est apporté naturellement par les aliments riche en iode, cependant, d'autre produits riches en iode peuvent être une source non négligeable d'apport en iode, tels que aliment fortifiés en iode ou certains médicaments.

3.1. Iode d'origine alimentaire

L'iode nécessaire à l'organisme est apporté par les aliments et l'eau de boisson. Cependant quand le sol est pauvre en iode, l'eau qui en provient, les végétaux qui y poussent et les animaux qui y vivent sont également pauvres en iode[2, 8].

À l'exception des aliments marins: les Mollusques (moules, huîtres) et Crustacés (crevettes, homards, langoustes) comestibles, les poissons d'origine marine et enfin les algues marines, la concentration en iode est très réduite, surtout dans les végétaux et les fruits. Pour cela, le lait (ainsi que les produits laitiers transformés) et les œufs sont devenus des sources

essentielles en iode pour les populations des pays industrialisés, du fait de la concentration modérée en iode. C'est le cas également, de l'utilisation de compléments alimentaires riches en iode et/ou de la contamination de la chaîne alimentaire par des substances iodées.

Comme nous le verrons dans le prochain paragraphe, les médicaments et les produits phytosanitaires peuvent augmenter considérablement la teneur en iode de certains aliments: par exemple, la povidone iodée qui est utilisée largement pour nettoyer entre autres les pis des vaches[2, 19].

Les algues constituent dans certaines régions du monde une source alimentaire en iode extrêmement importante, leur consommation pouvant être à l'origine de pathologies de surcharge (Chine, Corée, Japon) du fait de leur large utilisation comme substitut au sel iodé [20, 21].

3.2. Autres sources d'iode

3.2.1. Eau de boisson

La concentration en iode (3-5 µg/l) des eaux est en corrélation étroite avec l'environnement géochimique des bassins de collecte ou de captage. Les eaux thermales à minéralisations fortes associent des concentrations très élevées en iode à leurs propriétés curatives[2] :

Pays	Concentration de l'iode dans l'eau thermique
Japon	126 µg/l (30-329 µg/l)
Etats-Unis	1270 µg/l (310-3760 µg/l)
Pays de Galles	350 µg/l (173- 595 µg/l)

Tableau n°3 : Concentration de l'iode dans l'eau thermique au Japon, États-Unis, Pays de Galles.[2]

L'iode avec ses propriétés oxydantes à action biocide (bactéries, virus, protozoaires), est utilisé comme désinfectant des eaux destinées à la boisson.

Ainsi l'iodation de l'eau a fait l'objet de nombreux essais de fortification, notamment au Mali, en Éthiopie et dans l'eau d'irrigation en Chine [22-24].

3.2.2. Érythrosine:

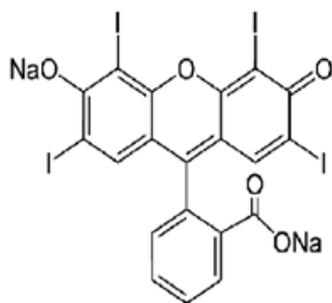


Figure n°1 : structure chimique de l'érythrosine.

$C_{20}H_6I_4Na_2O_5$ (2',4',5',7'-
tétraiodofluorescéine, I = 57,7 % P.M.)
colorant rouge orangé (E127), utilisé par les
industries pharmaceutiques (excipient des
comprimés enrobés, enveloppe des gélules),
agroalimentaires (céréales enrichies,
desserts, fruits au sirop, fruits confits,
crèmes et pâtisseries) 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[25].

3.2.3. Antiseptiques iodés:

De nombreux dérivés iodés sont des antiseptiques très efficaces. Ce 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 de ses dérivés.

- Teinture d'iode (soluté alcoolique d'iode officinal à 5 %)
- Solutions aqueuses d'iode et d'iodure (solution de Lugol), (Bétadine[®], Poliiodine[®]) associant l'iode à une substance tensioactive. Le complexe le plus utilisé est le povidone iodée étant l'association iode-polyvinylpyrrolidone (PVP).
- Le triiodométhane (CHI_3) ou iodoforme est plus spécifiquement employé 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 en iode pouvant entraîner un dysfonctionnement thyroïdien.

C'est le cas également des iodophores largement utilisés durant la traite mécanique pour stériliser les manchons du gobelet trayeur, les lactoducs et les réservoirs de recueil de lait de vache. Ce qui explique l'augmentation de la concentration en iode dans le lait[26].

3.2.4. Suppléments nutritionnels en alimentation animale:

L'iode est un oligo-élément essentiel pour tous les animaux d'élevage (Mammifères, Oiseaux). La supplémentation systématique en iode des troupeaux est devenue nécessaire

par la présence de nombreux facteurs de risque exogènes: excès de Ca, de K, et substances goitrigènes dans les fourrages.

L'iode issu des iodures de sodium (NaI), de potassium (KI), et de l'iodate de calcium $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ utilisés dans l'alimentation des poulets, se retrouve concentré dans le jaune d'œuf, considéré comme une source essentielle en iode surtout pour les pays industrialisés[2].

3.2.5. Médicaments riches en iode:

L'injection d'huile iodée (480 mg I/ml) (Lipiodol[®] Ultra-Fluide) est utilisée dans le traitement de la carence sévère en iode.

En administration orale (190 mg I/capsule) ce vecteur a été largement utilisé dans le monde lors de campagnes de masse de traitement des carences sévères en iode.

L'amiodarone (Cordarone[®]) utilisé comme antiarythmique et antiangoreux est le produit responsable de la majorité des hyperthyroïdies induites par l'iode. Un comprimé de 200 mg d'amiodarone (chlorhydrate d'amiodarone) contient 75 mg d'iode (37,3 %) et libère 6 mg d'iode dans le sang entraînant une surcharge importante persistant plusieurs mois après l'arrêt de la prise[7, 27].

3.2.6. Préparations pour nourrissons:

Les réglementations européenne (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 $\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$ (1,2 $\mu\text{g}/100\text{kJ}$) (3,4 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$) 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[28].

3.2.7. 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 [29].

3.2.8. Sel iodé:

Le sel a été choisi comme vecteur d'iode avec des taux d'enrichissement variables selon les pays (5 à 100 mg/kg de sel) pour assurer la prévention des risques liés à une déficience d'apport alimentaire en iode. Le chapitre III de cette thèse est consacré au sel iodé.

4. La biodisponibilité de l'iode

L'iode est ingéré sous plusieurs formes chimiques. Il est présent dans les aliments essentiellement sous forme libre (iodure) rapidement et presque complètement absorbée au niveau de l'estomac et du duodénum[30]. L'iode alimentaire introduit sous forme d'iodate (sel enrichi, compléments alimentaires) est immédiatement retrouvé réduit dans l'intestin et absorbée sous forme d'iodure dans le plasma.

Chez les adultes en bonne santé, l'absorption de l'iodure est >90%. L'iode organique est généralement digéré et absorbé sous forme d'iodure libre, mais certaines formes peuvent être absorbées intactes; par exemple, environ 70% d'une dose orale de thyroxine (T4), est absorbée intacte [31].

Du fait de la compétition qui existe entre le rein et la thyroïde, seule une fraction de l'iodure plasmatique est susceptible d'être incorporée par la thyroïde. 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). La quantité d'iode qui entre dans la thyroïde par unité de temps (24 heures) varie selon le statut iodé de la population [2].

L'iode est éliminé de la circulation principalement par la thyroïde et les reins. La clairance rénale de l'iode 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 repris par la thyroïde[31].

Dans des circonstances normales, l'iode plasmatique a une demi-vie d'environ 10 heures, mais elle est réduite si la thyroïde est hyperactive, comme dans la carence en iode ou l'hyperthyroïdie.

Pendant la lactation, la glande mammaire concentre iode et le sécrète dans le lait maternel.

Chapitre II: Les troubles dus à la carence en iode et les moyens de luttés

Introduction

L'expression de Troubles Dus à la Carence en Iode (TDCI), regroupe un ensemble de maladies ou d'altérations de la santé qui sont toutes provoquées par un apport alimentaire insuffisant en iode[32, 33].

Les TDCI sont reconnus actuellement comme étant l'une des principales préoccupations relatives à la déficience nutritionnelle.

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) [34].

Il est à préciser que tous les individus qui habitent dans des environnements où il n'y a pas assez d'iode ont tous un quotient intellectuel réduit et non pas seulement ceux qui présentent un goitre et/ou un crétinisme. L'ampleur de ce phénomène serait due en partie à la perception erronée du problème des «TDCI» par les populations. Parfois, le goitre et le crétinisme sont considérés comme une manifestation banale ou vécu comme un «fait fatal», symbole de sorcellerie ou de mauvais sort. Dans certaines régions du monde, le goitre est considéré comme un signe de beauté chez la jeune fille[2, 8].

L'évaluation du statut de nutrition en iode constitue la base pour l'évaluation et le contrôle de tout programme de lutte contre les TDCI. Trois composants majeurs sont exigés pour cette évaluation.

Ils sont dans l'ordre d'importance d'un point de vue de santé publique:

- La détermination de l'excrétion d'iode dans l'urine;
- La détermination de la dimension de la thyroïde et l'estimation de la prévalence de goitre;
- La détermination du taux de TSH, des hormones thyroïdiennes et de la thyroglobuline dans le sérum.

L'excrétion de l'iode urinaire est un bon marqueur de la prise diététique récente d'iode et, par conséquent, c'est l'index de choix pour évaluer le degré de carence en iode et de sa correction dans une population[33].

1. Les Troubles Dus à la Carence en Iode

1.1. Carte épidémiologique des troubles dus à la carence en iode (TDCI)

Les TDCI constituent un fléau grave et silencieux qui affecte des communautés entières de par le monde. La carence en Iode est l'un des problèmes de santé qui compromettent gravement la santé et le bien être d'une grande partie de la population dans le monde.

En 1999, selon l'OMS, les TDCI sont un problème de santé publique dans 130 des 191 pays recensés dans le monde. Les régions les plus touchées étant l'Afrique et l'Asie du Sud-Est dont la presque totalité des pays ont un problème de carence iodée.

Dans 20 autres pays, la carence iodée a été éliminée ou n'est pas un problème de santé publique et, dans les 41 pays restants, l'ampleur de la carence n'est pas connue en raison du manque de données bien que, pour certains d'entre eux, une forte présomption existe[3].

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

Tableau n°4: Nombre de pays affectés par la carence iodée estimé à partir du taux total de goitre (TTG)[35].

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

- 1 milliard et demi de personnes vivent dans les régions pauvres en iode et sont donc exposées à ce risque.
- 665 millions d'individus souffrent de troubles dus à la carence en iode
- au moins 118 pays sont touchés.
- 200 millions présentent un goitre.

- 20 millions souffrent d'un handicap mental sensible.

Le nombre de pays pour lesquels le manque d'iode est un problème de santé public national a diminué de 110 en 1993 à 47 en 2007[11].

Les régions les plus touchées en pourcentage de leur population atteinte de goitre sont la Méditerranée orientale, l'Afrique et l'Europe. En revanche, en nombre absolu de population, ce sont, par ordre décroissant, l'Asie du Sud-Est, la Méditerranée orientale, l'Europe, l'Afrique et le Pacifique occidental, puis les Amériques[3].

Régions OMS	Population totale*		Population atteinte de goitre		Population soumise à une carence iodée	
	Millions	Millions	% de la région	Millions	% de la région	
Afrique	612	124	20	295	48	
Amérique	788	39	5	196	25	
Asie du Sud-Est	1 477	172	12	599	41	
Méditerranée orientale	473	152	32	348	74	
Europe	869	130	15	275	32	
Pacifique occidental	1 639	124	8	513	31	
Total	5 858	741	13	2 226	38	

* Fondée sur les estimations de la Division de la population des Nations-Unies (1997).

Tableau n°5: étendue de la population affectée par la carence iodée estimée à partir du taux total de goitre TTG et estimation de la population à risque [35].

Les régions montagneuses sont des foyers de goitre endémique (Alpes, Caucase) souvent associés à un crétinisme sévère (Himalaya, Andes, Atlas). L'appauvrissement des sols en iode dans ces régions est attribué à l'extension de la couverture glaciaire quaternaire [36]. Les autres aires endémiques se répartissent selon des contraintes géographiques (éloignement des côtes, faible pluviométrie), ou géochimiques (origines des sols). Pour les contraintes géographiques c'est le cas de Grèce, de beaucoup de zones de la République de Chine Populaire, et dans les pays montagneux de Nouvelle-Guinée. Pour les contraintes géochimiques c'est le cas des régions non-montagneuses, comme par exemple, la ceinture qui s'étend des prairies du Cameroun à travers la République démocratique du Congo et de la République Centrafricaine aux frontières de l'Ouganda et du Rwanda, de l'Europe Centrale et de l'intérieur du Brésil[2].

La région du grand arc de l'Himalaya s'étendant du Pakistan Ouest à travers l'Inde et le Népal, en Thaïlande du nord, du Vietnam et en Indonésie, est considérée comme la plus endémique au monde[33].

Tous les pays andins sont soumis à un risque de carence en iode, autrefois très sévère en Equateur, Pérou et Bolivie.

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 de base (manioc, sorgho) de facteurs antithyroïdiens (thiocyanates, flavonoïdes). L'absence d'enquêtes de prévalence récentes dans de nombreux pays africains rend toutefois ces estimations très aléatoires[37]. Le Maroc ne fait pas l'exception. L'unique étude nationale menée par le Ministère de Santé date de 1993. Elle a montré que la carence est modérée au niveau de certaines régions côtières, elle reste sévère dans les poches enclavées des chaînes montagneuses, dans les villages du Rif, du Moyen et Haut Atlas où l'existence de goitres très volumineux est devenue commune, naturelle parmi la population.

1.2. Les différents troubles dus à la carence en iode et leurs prévalences

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 et plus ou moins visible de la thyroïde, définissant le goitre endémique[2].

Le plus souvent le goitre 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 Basil S. Hetzel en 1983 et l'OMS *WHO/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)

FETUS	Avortements Mortalité intra-utérine Anomalies congénitales Crétinisme endémique neurologique <ul style="list-style-type: none"> - déficience mentale sévère - surdi-mutité - troubles spastiques Crétinisme endémique myxœdémateux <ul style="list-style-type: none"> - arriération mentale ± sévère - retard staturo-pondéral Retard de développement cérébral Défauts psychomoteurs
NOUVEAU-NE	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
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

Tableau n°6: Spectre des troubles dus à la carence en iode (IDD).
 Hetzel (1983); WHO/UNICEF/ICCIDD (2001)[32, 33].

En 2007, l'OMS regroupait les TDCI selon l'âge:

- Avortements fœtal, malformations congénitales, mortalité périnatale, crétinisme;
- hypothyroïdie du nouveau-né, retard mental endémique;
- goitre chez l'enfant et l'adolescent, hypo et/ou l'hyperthyroïdie, troubles de la fonction mentale, retard de développement physique;
- goitre chez l'adulte avec ses complications, hypo et/ou l'hyperthyroïdie, et l'altération mentale [2].

Dans un environnement pauvre en iode, que ce soit dans une région enclavée, ou non enclavée, la carence en iode est plus dangereuse et plus grave chez la femme enceinte (pour le développement du fœtus) et chez les enfants en bas âge, avant la maturation du cerveau et la constitution normale du squelette[17].

En outre, une vulnérabilité accrue de la glande thyroïde à la radiation nucléaire indépendamment de l'âge est une autre caractéristique de la carence en iode [12]. Même une légère carence en iode peut entraîner des handicaps, une faible croissance et un goitre diffus avec un apprentissage ralenti chez les enfants en âge scolaire[38, 39].

1.2.1. Déficit en iode chez le Fœtus

Le déficit en iode chez le Fœtus est le résultat du déficit en iode chez la mère. Le manque en iode pendant la grossesse à comme conséquence la réduction de synthèse d'hormones thyroïdiennes par 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 [40, 41].

Ces troubles peuvent être réduites 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 [42].

1.2.2. Déficit en iode chez le Nouveau né

En République démocratique du Congo, une augmentation de mortalité néonatale due au manque de l'iode a été démontrée.

Le crétinisme affecte l'individu surtout avant l'âge de deux ans.

Une recherche en 1994 a démontré les effets du déficit faible et modéré en iode sur le fonctionnement du cerveau[33, 43].

Dans une article publié en 2004, l'ICCIDD estime que 100.000 nouveaux crétins naissent chaque année [44].

1.2.3. 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[45].

Environ 246 millions des enfants de 6 à12 ans sont carencés en iode[46].

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 carencés[17].

1.2.4. Déficit en iode chez l'Adulte

En 2004, 2,225 Milliards de personnes dans le monde étaient considérées comme des personnes à risque dont 740 millions étaient porteuses de goitre, et malgré les programmes d'iodation, environ 50 millions de personnes souffraient de retard mental lié à une carence en iode [47].

Un haut degré de déficience a été noté chez les populations qui vivent dans les régions sévèrement déficitaires en iode.

Le retard mental dû à l'hypothyroïdie est largement observé chez les communautés déficients en iode avec les effets sur leur capacité dans la prise d'initiative et de décision[33].

Les atteintes cérébrales et le retard mental irréversible sont les désordres les plus importants induits suite à une carence en iode. La carence en Iode est la principale cause de retard mental évitable [33, 48].

2. Les moyens de lutte contre les TDCI

La carence en iode est la cause la plus fréquente de retard mental évitable dans le monde, c'est pourquoi il y a un effort mondial pour l'éliminer à travers des stratégies très efficaces de supplémentations en iode et ou de fortification d'aliment [11].

La première évaluation globale approfondie de la carence en iode a été faite par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1960 [49].

Depuis 1990, l'élimination des TDCI a été une partie intégrante de nombreuses stratégies nationales sur la nutrition. Cette mobilisation internationale intervient 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.

Pour lutter contre les TDCI, les organisations internationales (OMS, UNICEF, ICCIDD), ont joué un rôle crucial en soutenant les efforts des gouvernements [50]. Elles se sont mobilisées en mettant en place des programmes de prévention contre les différents TDCI: en 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 sont largement compensés par des avantages d'ordre sanitaire, économique et social [51].

2.1. L'iodation universelle du sel (USI)

La principale stratégie de lutte contre les troubles dus à une carence en iode est l'iodation universelle du sel, il est considéré comme la mesure la plus appropriée pour la supplémentation en iode [32] ; il a été choisi comme un véhicule pour la fortification en iode dans beaucoup de pays [18, 52].

Le sel iodé est considéré comme la mesure la plus appropriée pour la supplémentation en iode [32]

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[53].
- La teneur en iode du sel iodé est assez stable[54].

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[33].

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. Elles sont basées sur l'hypothèse d'une consommation moyenne de sel de 10 g par jour au niveau de la population[6, 12].

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 pour 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[55].

Avec la réduction des apports en sel, le niveau national moyen de l'apport en sel dans la population doit guider le niveau de fortification et l'apport en iode doit être étroitement surveillé[55].

L'USI reste l'approche la plus réalisable et rentable pour la lutte contre la carence en iode dans le monde entier [11].

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. Mais 30 pays dans lesquels existe un problème de carence en iode n'ont encore signalé aucune activité de lutte[50].

Bien que 87 % des pays dans lesquels existent des programmes d'iodation du sel signalent surveiller la qualité du sel iodé, cette surveillance demande 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. 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[50].

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 [56].

Composé	Formule chimique	Teneur en iode (%)
Iodure de calcium	CaI_2	86,5
Iodate de calcium	$Ca(IO_3)_2 \cdot 6H_2O$	65
Iodure de potassium	KI	76,5
Iodate de potassium	KIO_3	59,5
Iodure de sodium	$NaI \cdot 2H_2O$	68
Iodate de sodium	$NaIO_3$	64

Tableau n°7: Composés utilisés pour l'enrichissement en iode:
Formule chimique et teneur en iode.

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 [6, 57]. 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.[53]

Pays	Substances	Taux enrichissement en vigueur (mg I/kg)
Afrique du Sud		35-65
Allemagne	KIO ₃	15-25
Autriche	KI	15-20
Belgique	NaI, KI, KIO ₃	
Chine		35±15
Danemark	KI	8-12
Espagne	KI, KIO ₃	51-69
États-Unis d'Amérique		45
Finlande	KI	25
France	NaI, KI	15-20
Grande-Bretagne	KI	10-22
Grèce	KI	40-60
Irlande	KI	10-22
Italie	KI, KIO ₃	24-42
Luxembourg	NaIO ₃ , KIO ₃	15
Maroc	KIO ₃	20-40
Mongolie		50±10
Norvège	KI	5
Pays-Bas	KI, KIO ₃	30-40
		70-85
		20-30
Portugal	KI	25-35
Slovénie	KI, KIO ₃	25; 32
Suède	KI, NaI	40-70
Suisse	KI, KIO ₃	20-30
		10
Tunisie	KIO ₃	40

Tableau n°8: La réglementation sur le sel iodé dans quelques pays à travers le monde

[58][59][60][61][62][63][64].

L'élimination durable des TDCI ne peut être obtenue par la mise en place d'un seul moyen. L'élaboration d'un tel programme 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[50].

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 [3, 65, 66].

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.[50]

2.2. Autres moyens alternatifs de lutte contre les TDCI

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.

Les différentes méthodes de prévention et de lutte contre les TDCI autre que le sel iodé sont:

La supplémentation par un vecteur fortifié en iode, souvent d'origine alimentaire:

- Le pain iodé : Russie [67, 68] et Tasmanie.
- L'eau iodée : Mali [69], au Soudan [70], Malaisie [71].
- Le lait et les produits laitiers par l'iodation du fourrage destiné au bétail : Royaume-Uni[72]

La supplémentation médicamenteuse:

- L'huile iodée,
- l'iode du Lugol,
- Comprimé iodé.

Malheureusement, cet apport d'Iode, sous quelque forme que ce soit, ne traite pas les déficiences déjà acquises au niveau du cerveau; de ce fait, toute stratégie adoptée pour lutter contre les TDCI devra être à visée préventive et non curative [17].

2.3 Quelques exemples de protocoles appliqués dans le monde

2.3.1 La République Populaire de Chine

La Chine offre un bel exemple de réussite: l'accélération du programme d'iodation du sel, couvrait 91% de la population en 2001 contre 39% en 1995 [73] et répondait au standard national de la République populaire de Chine (Chine État Bureau de Qualité, 2000), dont l'iode dans le sel utilisé pour consommation humaine doit être dans la gamme de 35 ± 15 mg/Kg [74, 75].

Ce programme s'est traduit par une amélioration de la santé reproductive (baisse de la mortalité infantile et des avortements spontanés), de la capacité intellectuelle et physique".[33, 76] ainsi qu'une baisse de plus de la moitié du taux de goitre chez les enfants, passant ainsi de 20,4% en 1995 à 8,8% en 1999 [73].

Le programme d'USI, était renforcé par l'iodation de l'eau dans les zones sévèrement endémiques de la Chine, ainsi qu'en Thaïlande et au Danemark [39].

2.3.2. L'Europe du Nord

Dans la plupart des pays de l'Europe du Nord, comme le Royaume-Uni, le lait et les produits dérivés sont la principale source d'iode car l'iodation du fourrage destiné au bétail est régie par la loi [3]. C'est le cas de la Norvège et de la Finlande qui ont adopté l'iodation du fourrage des bovins pour une amélioration de la teneur en iode du lait [77, 78].

Les Pays-Bas et la Tasmanie ont enrichi le pain, et les gâteaux avec de l'iode, mais l'apport d'iode varie car leur consommation n'est pas constante. [79, 80]Ce programme a été introduit aussi en Danemark, en Hollande et en Nouvelle-Zélande.[39]

La Supplémentation en iode avec de l'huile ou en comprimés iodés est recommandée dans les zones à gravité modérée à sévère ou dans les régions où l'accès au sel iodé risque d'être considérablement retardé. Il convient de donner de l'huile iodée aux femmes et aux enfants[12, 81].

2.3.3. Les États-Unis d'Amérique

La supplémentation en iode a été testée avec succès dès le début du XX^{ème} siècle aux États-Unis chez les écoliers du « Mid-West », en administrant de façon intermittente une solution d'iodure de sodium [82].

Puis les études ont montré qu'aux USA pas plus de 4-11% des écoliers, avaient des preuves de la carence en iode [83]. Cette constatation est un témoignage de l'efficacité de la prophylaxie par l'iode pour prévenir le goitre endémique [33].

2.3.4. La République démocratique du Congo

La République démocratique du Congo, une mortalité néonatale accrue en raison de la carence en iode a été démontrée, à partir des résultats d'un essai contrôlé des injections d'huile iodée en alternance avec une injection de contrôle à la fois donnée dans la seconde moitié de la grossesse[43]. Une réduction du mortalité infantile avec une amélioration du poids de naissance sont remarquables après l'injection de l'huile iodée[33], ainsi que le taux de nouveaux cas qui souffrent du crétinisme. Une injection de un ml d'huile iodée protège la personne pendant 3 à 5 ans [17].

2.3.5. Le Maroc

En 1990 le Ministère de la Santé, avait pris l'initiative de mettre en place un programme national. Le but était de faire le bilan de la situation de la carence en Iode:

- déterminer les zones affectées par cette carence,

- estimer les populations touchées et leurs caractéristiques,
- étudier l'environnement, l'écologie humaine, les circuits de commercialisation,
- les modes d'approvisionnement en eau, en sel et en aliments.

En 1993 une enquête de prévalence dans la province d'Azilal, bien connue comme foyer important du goitre, fût la première action entreprise: 65% des enfants examinés étaient goitreux. Ce qui situe le Maroc dans une zone de carence iodée modérée. L'enquête a révélé que 63% des enfants âgés de 6 à 12 ans avaient une iodurie inférieure à la normale (<10 µg/dl) et 22% avaient un goitre [9].

Le Programme National de Lutte contre les TDCI a défini les stratégies à mettre en œuvre, en fonction des objectifs qu'il s'est fixés et des résultats de ses études et enquêtes. Il s'agit essentiellement de la généralisation du sel Iodé à long terme et de la supplémentation en huile Iodée des populations les plus carencées à court et moyen termes[84].

Grâce à l'UNICEF, une action de prévention par l'administration de capsules d'huile Iodée a été lancée, ce programme a été réalisé entre 1993 et 1998 ciblant les provinces de Taza, Azilal, Chefchaouen, Khenifra, Khouribga, Errachidia et Ouarzazate.

Ce programme a été renforcé par une loi imposant l'iodation de tout sel alimentaire commercialisé et Importé au Maroc pour assurer un apport journalier normal au quotidien.

Cette année 2015, le Maroc, fête le 20^{em} anniversaire de l'introduction du programme d'iodation universelle du sel (USI) comme une stratégie globale de lutte contre la carence en iode.

Le programme d'iodation universel du sel (USI) a défini 3 principales actions :

- L'assistance technique aux producteurs de sel pour la généralisation du sel iodé ;
- Le renforcement des capacités par la formation des ressources humaines ;
- Le renforcement des capacités par la communication afin de sensibiliser tous les acteurs et les communautés cibles.

a. Assistance technique

Afin d'initier le processus d'iodation, certaines entreprises privées ont bénéficié d'un support du gouvernement pour l'équipement de leurs unités.

En effet, et grâce à la coopération entre le Ministère de la Santé et l'UNICEF, 17 unités d'iodation de sel ont été distribuées aux producteurs selon des critères bien déterminés. Pour accélérer le processus d'iodation, le Ministère de la Santé a fourni de l'iodate de potassium, du matériel de laboratoire pour le contrôle du taux d'iode dans le sel et des kits pour les tests qualitatifs.

D'autre part, pour couvrir les petits producteurs, le Ministère de la Santé a mis à la disposition des petites exploitations traditionnelles de sel, deux unités mobiles d'iodation, qui sont gérées au sein d'une association de Brikcha de Chefchaouen et d'une coopérative à Souk Larbaâ. Une autre unité a été mise à la disposition d'une association locale dans la Province d'EI Haouz[84].

b. Renforcement des capacités

Pour mieux gérer la problématique de la carence en Iode, plusieurs efforts ont été consentis pour la formation des ressources humaines notamment les professionnels de santé, principaux messagers pour la population.

D'autre part, et afin d'assurer le contrôle du processus d'iodation et l'aide technique aux producteurs, plusieurs sessions de formations ont été organisées au profit des techniciens de laboratoires du Ministère de la Santé, de la Répression des Fraudes (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural) et même des unités d'iodation privées[84].

c. Communication

Toutes les actions de lutte contre les TDCI ont été appuyées par un programme d'Information, d'éducation et de communication bien adapté aux différentes communautés cibles (enseignants, producteurs de sel, professionnels de santé, élèves).

Des supports didactiques en arabe et en français ont été produits: guide, dépliants, affiche, documentaire, brochure.

Une campagne de sensibilisation a été lancée le 17 novembre 2004 sous la présidence effective de la Princesse Lalla Meryem. Cette campagne a comporté plusieurs activités médiatiques et s'est étalée sur 2 mois.

Elle a connu une grande réussite grâce à la contribution de certains opérateurs agro-alimentaires et différents organismes notamment l'ONEP, le Crédit Agricole, l'Observatoire National des Droits de l'Enfant, l'ONCF, les scouts HASSANIA, les délégations du Ministère de la Santé et le Ministère des Habous et des Affaires Islamiques (Prêche du Vendredi)[84].

Chapitre III : Le sel alimentaire et le secteur du sel au Maroc

1. Le sel alimentaire

1.1. Définition, composition, origine et rôle physiologique du sel

Le sel de qualité alimentaire est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium. Il peut provenir de la mer, de gisement souterrains de sel de gemme, ou encore de saumure naturelle [85].

Une fois absorbé, le sel se dissout dans l'organisme et ses deux ions constitutifs (le sodium et le chlore) se dissocient pour remplir des fonctions régulatrices et régénératrices qui agissent à différents niveaux: équilibre entre les différents liquides organiques, régulation de la pression et du volume sanguin, digestion, processus d'émission/réception des informations à travers les neurones, transmission de l'influx nerveux. Le seuil vital minimum d'apport en sel est de 2 grammes par jour [86].

1.2. Facteurs essentiels de composition et de qualité du sel alimentaire[85]

Caractères organoleptiques

Couleur: Blanche

Odeur et saveur : exempt d'odeur et de saveur étrangère

Teneur minimale et maximale en chlorure de sodium (NaCl)

La teneur en chlorure de sodium ne doit pas être inférieure à 97% de l'extrait sec, non compris les additifs.

Teneur en eau :

L'humidité est un facteur qui influence la qualité du sel lors de la conservation et du stockage. Ainsi, la teneur maximale en eau dans le sel doit être < 5%.

Produits secondaires et contaminants naturellement présents

Présents en quantité variable selon l'origine et la méthode de production du sel: sulfate, carbonate, bromure de calcium, de potassium, de magnésium et de sodium, ainsi que du chlorure de calcium, de potassium et de magnésium.

L'utilisation de sel comme « support »

On doit avoir recours à un sel de qualité alimentaire, dans le cas où on utilise du sel comme support d'additifs alimentaires, ou d'éléments nutritifs pour des raisons technologiques ou concernant la santé publique.

Les contaminants

Le sel de qualité alimentaire ne doit pas contenir de contaminants en quantités importantes et sous des formes pouvant nuire à la santé du consommateur. En particulier, les limites maximales suivantes, ne doivent pas être dépassées:

ARSENIC	< 0.5 mg/kg, exprimé en As
CUIVRE	< 2 mg/kg, exprimé en Cu
PLOMB	< 2 mg/kg, exprimé en Pb
CADMIUM	< 0.5 mg/kg, exprimé en Cd
MERCURE	< 0.1 mg/kg, exprimé en Hg

1.3. Différents types de sel consommé

Le sel est naturellement blanc, qu'il provienne des gisements souterrains (sel gemme), des salines (sel ignigène) ou des marais salants. Toutefois, dans certains marais salants, le sel, essentiellement composé de chlorure de sodium, contient des sels secondaires, de l'eau et souvent des insolubles qui lui procurent une couleur grise. Pour qu'il soit de qualité alimentaire, le sel gris doit être lavé. Les techniques de production du sel de terre permettent l'obtention d'un sel de haute pureté, de qualité alimentaire.

1.3.1. Sel gris

En plus du chlorure de sodium qui représente la majorité de son poids, et mis à part un taux variable d'humidité, le sel marin gris est constitué d'un grand nombre de sels d'une importance qualitative remarquable où tous les minéraux et oligoéléments se retrouvent en l'état ou incorporés dans les particules de flore marine: magnésium, calcium, potassium, soufre. Tous les autres minéraux se trouvent au moins à l'état de traces (oligoéléments: fer, zinc, cuivre, fluor, iode, manganèse...)

Ce sel marin gris est donc un véritable aliment de qualité. Il se présente sous trois aspects principaux: gros sel gris naturel, sel fin gris naturel et fleur de sel tant prisée des gastronomes [86].

1.3.2. Sel blanc

C'est du sel industriellement raffiné dans le but de mieux le conserver et lui donner un aspect plus esthétique et donc plus commercial.

En fait, le sel gris naturel s'humidifie facilement au simple contact de l'air du fait de sa richesse en oligoéléments et en sels minéraux, tout particulièrement en chlorure de magnésium: il s'agglutine donc en agrégats. Afin d'assurer sa conservation, son conditionnement industriel, et de faciliter sa mouture, le sel est traité par une série de procédés physiques et chimiques pour isoler le chlorure de sodium. Par la suite, sont incorporés des additifs chimiques assurant blancheur irréprochable et grains secs facilitant le saupoudrage par la salière (agents antiagréants, Emulsifiants, Auxiliaire technologique tel que le polydiméthylsiloxane...). C'est cette pratique industrielle qui est appelée raffinage.

Or, le raffinage transforme un produit de composition très riche en minéraux et oligoéléments, en un produit «chimiquement pur». Le sel blanc raffiné se trouve alors dénué de sa qualité nutritionnelle et devenu essentiellement une concentration de chlorure de sodium, composant responsable des méfaits du sel raffiné.

Le marché expose plusieurs variétés de sel blanc modifiées et enrichies surtout en oligoéléments afin de répondre à certains soucis d'hygiène, de santé publique ou même d'ordre gastronomique [86].

a. Sel iodé

C'est le sel ordinaire que l'on utilise pour la cuisine et auquel l'iode est ajouté pendant la production sous forme d'iodate ou d'iodure de potassium. L'ajout d'iode ne change ni l'aspect, ni la couleur, ni le goût du sel. La consommation journalière du sel iodé permet d'apporter régulièrement à l'organisme les petites quantités d'iode dont il a besoin pour assurer la prévention permanente des effets de la carence en iode[84].

Il est considéré comme la mesure la plus appropriée pour la supplémentation en iode[32], il a été choisi comme un véhicule pour la fortification en iode dans beaucoup de pays[18, 52].

Iodure du potassium (KI) et iodate du potassium (KIO_3) sont utilisés normalement pour la fortification du sel dû à leur plus haute disponibilité en iode à un coût inférieur. Cependant, l'iodate du potassium est recommandé par les organisations internationales, comme OMS et UNICEF, en raison des conditions de stockage souvent extrêmes : température et humidité élevées risquent d'entraîner une perte en iode. En conséquence, le sel iodé impur peut perdre la plupart de l'iode ajouté pendant un stockage étendu[52, 87, 88].

b. Sel fluoré

Le fluor est un constituant essentiel du squelette et de l'émail des dents. Son rôle dans la prévention de la carie dentaire chez l'enfant est bien connu grâce aux pâtes dentifrices fluorées, mais il n'a dans ce cas qu'un effet externe[89].

Un apport par voie générale est donc recommandé dans les zones de carence surtout celles où l'eau de boisson n'en contient pas plus de 0.5 mg/l.

En France, un arrêté stipule la possibilité de fluoration du sel par addition de fluorure de potassium dans la proportion de 250 mg/kg (exprimé en ions fluorure) [90, 91].

Dans les pays d'Europe continentale, seul le sel domestique est fluoré, et son utilisation a pu réduire de 30% la prévalence de la carie [89].

De plus, des études ont prouvé que le sel fluoré ne présente aucun risque de toxicité aigue [92].

c. Sel fortifié en fer

Comme les infrastructures pour l'iodation de 66% du sel du monde sont déjà mises en place, la possibilité d'inclure du fer dans les programmes de fortification du sel déjà existants a longtemps été considérée comme le plus grand succès des efforts visant à réduire les carences en fer. A la suite d'essais convaincants, l'Inde, le Kenya et le Nigeria avancent maintenant vers une commercialisation du «super sel», doublement fortifié en iode et en fer et qui pourrait réduire les taux de carences en fer de populations entières [86, 93].

d. Sel désodé

Destiné aux personnes souffrant d'œdèmes et d'hypertension artérielle, il ne comporte que très peu de sodium (10mg/100g), élément incriminé comme agent aggravant ces pathologies. Il est à base de chlorure de potassium, qui rappelle le goût salé et dont l'action équilibre celle du sodium [86].

e. Sel allégé:

Dit appauvri en sodium, puisque la teneur de ce dernier est réduite au 2/3. Toutefois, compte tenu des produits chimiques peu recommandables qu'il contient, il est plutôt conseillé de s'habituer à moins saler que d'utiliser ce type de sel [86].

f. Sel attendrisseur

Additionné de papaine, enzyme protéolytique, il constitue une forme de pré digestion des aliments [86].

g. Sel glutamaté

Il est additionné de 20% de mono glutamate de sodium (agent de sapidité et renforceur de goût), mais il présente des effets allergisants [86].

2. Le secteur du sel au Maroc

2.1. Principaux gisements

Actuellement, au Maroc, plusieurs gisements sont connus mais on se limitera à citer les sept principaux qui sont en cours d'exploitation.

OPERATEURS MINIERS	GISEMENT EN ACTIVITE	PROVINCES
STE CHERIFIENNE DES SELS	Lac Zima	Yousoufia
STE SEL MOHAMMADIA	Ain Tekki	Mohammedia
Ste SEL SAFAA	Jmaa Chougrane	Kénitra
SOCEPROS	CHOUACHI	Zouagha-MyYacoub
MAROC SEL	Tissa	Taounate
SALINE DU GHARB	Souk Larbaa	Kénitra
SALINE DU MAROC	Amassine et Marigha	Marrakech

Tableau n°9: les principaux gisements de sel au Maroc [94]

2.2. Production nationale

La production du sel au Maroc en 2010 était estimée à 700.000 tonnes/an (y compris le sel à usage industriel), et en 2013 la production du sel était de : 488.294 T/an.

PRODUCTION	VENTES LOCALES		EXPORTATION	
	Tonnes	K-Dirhams	Tonnes	K-Dirhams
488.294 T/an	115 699	30 844	289 249	80 124

Tableau n°11: La production du sel au Maroc, Exportation et ventes locales[94].

La capacité totale de Production nationale du sel alimentaire en 2010 était de 27.324 T/an.

Direction Régionale		Etablissements		Capacité de Production	
N° DR	Intitulé	Nbre	%	T/mois	%
DR1	Rabat Salé Zemmour Zaer et Gharb Chrarda Bni Hssen	6	8,8	249	10,94
DR2	Tanger-Tetouan	3	4,4	39	1,71
DR3	Grand Casablanca	12	17,6	337	14,82
DR4	Oriental	1	1,5	14	0,61
DR5	Taza Al Hoceima Taounate Fes Boulmane	5	7,4	173	7,6
DR6	Souss Massa Darâa	4	5,9	38	1,67
DR7	Laâyoune Boujdour S. El Hamra Guelmim Es Smara et O. Ed Dahab	0	0	0	0
DR8	Marrakech Tensift Al Haouz et Tadla Azilal	12	17,6	1 048	46
DR9	Chaouia Ourdigha Doukkala Abda	15	22,1	261	11,44
DR10	Meknès Tafilalet	10	14,7	119	5,2
Total		68	100	2 277	100

***DR: Direction Régionale**

Tableau n°10: Données relatives aux établissements de production et de conditionnement du sel iodé par région[95].

2.3. Consommation

La consommation de sel est estimée à 10 g par jour et par personne adulte. Ces résultats semblent être plus élevés que ceux qui sont rapportés par une étude en Côte d'Ivoire où l'on montre que la quantité de sel consommé varie entre 5,7 g/j et 6,8 g par jour [96]. Cependant, il a été rapporté qu'au Maroc, la quantité de sel destinée pour usage alimentaire correspond à une consommation moyenne par individu et par an de l'ordre de 6,3 kilogrammes, soit environ 17 g par jour[97].

Dans une étude québécoise au Canada, sur les habitudes de consommation du sel, il ressort qu'un tiers des adultes ajoutent fréquemment du sel lors de la préparation ou de la cuisson des aliments, un autre tiers n'en ajoutent qu'à l'occasion, le troisième tiers n'en ajoutent que rarement ou jamais. L'ajout de sel à la préparation ou à la cuisson des aliments ne varie pas selon le sexe. Cette pratique est sensiblement pareille selon les groupes d'âge. Cependant, on note que les personnes âgées de 71 ans et plus sont significativement plus nombreuses à avoir déclaré ne jamais ajouter de sel à la préparation des aliments comparativement aux plus jeunes[16].

Chapitre IV : Le Sel iodé au Maroc

Introduction

L'enquête de prévalence de 1993 pour évaluer le statut iodé du Royaume menée par le Ministère de Santé a situé le Maroc dans une zone de carence iodée modérée. Elle a montré la nécessité d'adapter un programme national de lutte contre la carence iodée qui a débuté par l'adoption du premier décret en 1995 qui exigeait que tout sel vendu devrait être iodée à 80 mg/Kg. Puis des études ont démontré le risque de surcharge après une longue consommation journalière, ce qui explique la réduction de la concentration à 30mg/Kg \pm 10 mg/kg dans un autre décret publié en 2009.

1. Loi et réglementation

1.1. Les textes législatifs relatifs à l'iodation du sel au Maroc

Pour assurer la pérennité et le succès de l'iodation du sel alimentaire, un texte réglementaire rendant obligatoire l'iodation du sel au Maroc a été adopté par une commission interministérielle. Le décret «n° 2-95-709 du 19 regeb 1416 (12 décembre 1995)» relatif à l'iodation du sel destiné à l'alimentation humaine a été publié dans le bulletin officiel n°4338 du 27 regeb 1416 (20 décembre 1995). Un arrêté d'application n°2029-96 du jourada 111417 (15 décembre 1996) a été publié dans le bulletin officiel n° 4444 du 22 chaabane 1417 (2 janvier 1997).

Ces textes réglementaires ont été révisés afin d'aligner la réglementation marocaine aux nouvelles normes régionales (EMRO) en matière de teneur du sel en iode. En effet, le taux réglementaire d'iodate dans le sel alimentaire est passé de 80 mg/kg à 30 mg/kg \pm 10 mg/Kg d'iodate soit un apport de 33,7 à 67,5 mg d'iodate de potassium par kg de sel. De plus lors de la distribution, la teneur minimale de l'iodate constatée lors de l'analyse du sel iodé ne doit pas être inférieure à 15mg/Kg. Ce décret n° 2-08-362 (3 jourada II 1430) du 28 mai 2009, suivie par un arrêté conjoint n° 1486-09 (29 chawal 1430) du 19 octobre 2009. [98].

Toute cette réglementation a pour but de mieux protéger le consommateur en lui offrant un sel iodé conforme aux critères requis de qualité, d'iodation et de conservation.

L'existence d'un cadre réglementaire a eu des effets bénéfiques en amenant le gouvernement, en même temps que l'industrie du sel, à s'impliquer plus étroitement dans la politique d'iodation du sel.

1.2. Contrôle et surveillance du sel iodé

Au Maroc, comme dans d'autres pays, la teneur en iode du sel devrait être contrôlée régulièrement tout au long de la chaîne de distribution et, plus particulièrement, aux points de production ou d'entrée dans le pays si le sel est importé[3, 99].

Un système régulier de suivi et d'évaluation des activités du programme permettra d'évaluer l'impact de l'iodation du sel alimentaire sur le statut iodé des enfants en âge scolaire, d'assurer une meilleure qualité de l'iodation du sel et de s'assurer que les taux d'iode consommés par la population à travers le sel sont adéquats.

Ce système de surveillance devrait inclure:

- Des sondages sur l'utilisation du sel iodé par les ménages. A cet effet, le Ministère de la Santé a mené, en collaboration avec le Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique, le 23 novembre 2005 une étude pour évaluer le taux d'utilisation du sel iodé par les ménages marocains à travers des échantillons de sel que les élèves auraient ramené de chez eux. Ce sondage a montré que 60% des ménages marocains consommaient du sel iodé.
- De façon plus espacée (3 à 5 ans) des enquêtes sur la prévalence nationale des TDCI.
- L'instauration d'une surveillance périodique des taux d'iodation du sel à différents niveaux (lieu de production, commerce, ménage)[17].

Avant c'était le Ministère de la Santé et les services de contrôle et de la répression des fraudes (Ministère de l'Agriculture) qui étaient en charge du contrôle et de la surveillance des taux d'iodation du sel. Aujourd'hui c'est l'ONSSA (Office National de Sécurité Sanitaire des produits Alimentaires) qui est sous la tutelle du ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, qui est en charge d'exercer pour le compte de l'Etat des attributions relatives à la protection de la santé du consommateur et à la préservation de la santé des animaux et des végétaux. L'ONSSA est donc le principal responsable du contrôle de la

qualité et de la sécurité sanitaire du sel commercialisé au Maroc et du suivi régulier des établissements de production du sel iodé[100].

1.3. Les limites de l'USI

S'il est admis que l'USI est le moyen le plus approprié pour éliminer la carence en iode, l'atteinte de cet objectif nécessite la coopération de tous les partenaires concernés. Au Maroc, il existe encore plusieurs obstacles à franchir avant l'iodation universelle du sel:

- L'existence de poches de population vivant dans des zones reculées qui ne peuvent avoir facilement accès à du sel iodé;
- Les problèmes dus au grand nombre de petits producteurs de sel, et l'absence de système de surveillance opérationnel;
- Certains producteurs de sel ne sont pas prêts à financer l'achat de l'iodate de potassium adopté pour l'iodation ou en utilisent des quantités inférieures aux quantités requises;
- Souvent des variations inacceptables dans la qualité du sel iodé sont observées;
- Il n'existe pas de surveillance adéquate;
- L'absence de laboratoire qui assurent la surveillance de la qualité du sel et mesurent les concentrations urinaires d'iode[3, 53].

Le problème le plus important qui se pose à l'heure actuelle est la viabilité à long terme des programmes d'iodation du sel et la prévention de la réémergence des TDCI.

- Pour cela Il faudrait en priorité nouer des liens avec les producteurs de sel pour obtenir un approvisionnement continu en sel iodé de qualité,
- Aider les petits producteurs et mettre en place des structures adéquates pour la surveillance de l'iodation du sel et de son impact sur le bilan de l'iode dans la population surtout dans les régions endémiques où seront entrepris régulièrement les dosages de l'iodurie.
- Mettre à la disposition des industriels du sel des tests de terrain fiables pour contrôler la qualité du sel iodé et mesurer l'iode urinaire.
- Offrir aux populations qui n'ont pas accès au sel iodé d'autres stratégies d'iodation comme l'huile iodée, ou l'iodate de potassium.
- Éduquer les producteurs de sel et les consommateurs pour que la promotion de la consommation de sel iodé n'entraîne pas une augmentation de la consommation de sel[3].

2. La législation relative aux unités de production de sel iodé au Maroc

La stratégie d'iodation du sel a été appuyée en 1995 par l'adoption du décret N° 2-95-709 du 19 Rajeb 1416 (12 décembre 1995) relatif à l'iodation du sel destiné à l'alimentation humaine notamment son article 5 qui dispose que "les unités de production, de fabrication et de conditionnement du sel iodé doivent satisfaire aux règles générales d'hygiène alimentaire définies par la législation et la réglementation en vigueur".

Cette législation a été révisée en vue de renforcer et faciliter le contrôle du sel iodé par l'adoption du décret n° 2-08-362 en mai 2009 et par la Norme Marocaine 08.5.130 homologuée par arrêté du ministère de l'Industrie, du Commerce et de la Mise à Niveau de l'Economie N° 231-07 du 9 Février 2007 publié dans le B.O N° 5504 du 1^{er} Mars 2007, relative au sel alimentaire de qualité.

Afin de se conformer aux textes réglementaires, chaque unité de production du sel iodé doit respecter un certain nombre de critères relatifs à l'implantation du site, aux locaux, aux équipements de production et aux conditions de transport et de stockage.

Tous les points suivants de 2.1 à 2.10 sont tirés de la Norme Marocaine 08.5.130.

2.1. Site de production

Les unités de production de sel Iodé doivent être implantées loin de toute source de contamination (tanneries, cimenteries ou toute autre industrie polluante).

2.2. Locaux

Les sols, les murs et les plafonds doivent être construits en matériaux leur permettant d'être étanches, non absorbants et lavables. L'éclairage et l'aération doivent être assurés dans tout le local. « Les ampoules et appareils suspendus au-dessus du sel alimentaire doivent être protégés de façon à empêcher la contamination en cas de brisure».

2.3. Equipement de production

Étant donné que le sel est un produit hygroscopique et agressif, il est nécessaire que le matériel de fabrication soit en acier inoxydable. Les équipements utilisés pour la manipulation du sel alimentaire doivent être fabriqués en matériaux ne permettant pas une contamination du produit. L'unité de production du sel Iodé doit obligatoirement disposer des équipements suivants :

- Un broyeur ;
- Une machine d'iodation avec une vis sans fin en inox assurant l'homogénéisation du sel avec l'Iode,
- Un système adéquat pour le conditionnement du sel iodé.

2.4. Produits de nettoyage

Les produits d'entretiens doivent être entreposés dans un local isolé portant une étiquette apportant tous les renseignements nécessaires (dénomination, mode d'emploi, indication de dosage, le nom et l'adresse du conditionneur).

Le nettoyage du matériel doit être effectué à l'aide d'eau potable et de produits dotés de propriétés nettoyantes. Les constituants de ces produits ne devront pas être susceptibles de créer un risque pour la santé et doivent être autorisés par la réglementation en vigueur.

2.5. Lutte contre les nuisibles

La présence d'animaux en liberté ou pouvant présenter un risque pour la santé doit être évitée à l'intérieur des locaux.

Un programme permanent et efficace de lutte contre les nuisibles (ravageurs, insectes, oiseaux...) doit être appliqué afin d'éviter toute source d'infestation.

2.6. Installation sanitaire

Les unités de production du sel Iodé doivent disposer de vestiaires, de toilettes, et de lavabos situés dans un endroit aéré et conçu de manière à éviter la contamination du produit.

2.7. Approvisionnement

Matière première

Le sel alimentaire doit répondre aux spécifications de la norme marocaine NM 08.5.130 relative au sel de qualité alimentaire. L'emballage utilisé pour le conditionnement du sel Iodé doit répondre à la réglementation en vigueur relative aux matériaux destinés à être en contact des aliments et denrées destinés à l'alimentation humaine. Son étiquetage doit être conforme aux dispositions du décret n° 1 -95-709 du 12 décembre 1995 sus-visé et du décret n° 2-01-1016 du 22 rabii I 1423 (4 juin 2002) réglementant les conditions d'étiquetages et de présentation des denrées alimentaires tel qu'il a été modifié et complété.

Additifs alimentaires

Le seul additif utilisé dans la production du sel iodé est l'iodate de potassium qui doit être accompagné d'un bulletin d'analyse attestant sa conformité (pureté, concentration...).

2.8. Transport et stockage

Le transport et le stockage du sel alimentaire brut, du sel iodé de l'iodate de potassium et des emballages doivent être pratiqués dans des conditions assurant leur protection contre tout risque de contamination et d'altération.

Le sel iodé doit être conditionné dans des emballages hermétiques et entreposé à l'abri de la lumière, de la chaleur afin d'éviter les pertes d'iode et être loin de toute source de contamination.

2.9. Personnel

Le personnel exerçant dans une unité de production de sel alimentaire ne doit pas constituer une source de contamination du produit (maladies contagieuses, plaies, infections...)

Le personnel doit porter en permanence une tenue de travail protectrice (tablier, gants, coiffe, bottes...).

Le personnel manipulant le sel alimentaire doit veiller au respect des règles générales d'hygiène corporelle et vestimentaire.

Tous les intervenants dans la chaîne de production du sel iodé doivent bénéficier d'une formation sur le processus de production, d'iodation, de conditionnement, de stockage et sur les règles d'hygiène.

2.10. Suivi et contrôle

La surveillance de la qualité du sel enrichi, produit localement ou importé, est indispensable, et ses techniques, titrimétriques ou colorimétriques ne requièrent pas d'équipements très onéreux[2, 8].

Trois types de contrôles doivent se faire au minimum par le producteur de sel iodé:

- Un contrôle visuel et documentaire de la matière première avant traitement ;
- Un contrôle qualitatif du taux d'iode dans le sel sur le site de production, deux fois par jour à l'aide d'un testeur rapide en utilisant le kit test ;
- Un contrôle quantitatif par titration de la teneur en iode dans le sel.

Toute unité de production de sel iodé doit disposer d'un registre relatant les Informations suivantes:

- Matières premières (sel): entrée, provenance, fiches techniques et /ou un bulletin d'analyse;
- Iodate de potassium: date d'achat, quantité et bulletin d'analyse
- Produit fini (Sel Iodé): quantité produite, résultats des contrôles et d'essais qualitatifs et quantitatifs et les destinations.

Ce registre doit être tenu à jour et mis à la disposition des agents de contrôle habilités[84].

3. Procédés d'iodation du sel alimentaire

La procédure d'iodation du sel alimentaire doit répondre aux exigences réglementaires et normatives en vigueur afin d'assurer au consommateur un sel iodé de qualité.

3.1. Choix de l'additif

Au Maroc le choix s'est porté sur l'Iodate de potassium pour plusieurs raisons :

- Plus stable dans les conditions de stockage que l'iodure,
- Ne s'oxyde pas facilement,
- Ne nécessite pas de stabilisateurs ou d'agent fluidifiant,
- N'a pas d'effet hostile s'il est ajouté à un sel dont l'humidité est de l'ordre de 1 à 5%,
- Se dégrade rapidement dans le corps humain,
- N'est pas toxique et a été approuvé et recommandé par l'OMS.

La quantité d'iode véhiculée jusqu'au consommateur à travers le sel dépend de :

- La quantité d'Iode ajoutée au sel sur le site de production,
- La quantité perdue au cours du stockage (production, distribution, détaillants...),
- La quantité perdue au cours de la cuisson.

On estime en moyenne à:

- 20% de perte en iode depuis la production jusqu'au consommateur,
- 20% de perte au cours de cuisson.

3.2. Les techniques d'iodation

L'iodation effectuée avec une solution d'iodate de potassium varie d'un pays à l'autre. On peut citer plusieurs méthodes de mélange:

- Manuel,
- Par submersion,
- Mélange à sec,
- Goutte à goutte,
- Pulvérisation sur du sel fin.

Le choix d'une des méthodes dépend des moyens de fabrication du sel.

Grâce à son efficacité, la méthode de pulvérisation est la plus utilisée au Maroc. Celle-ci consiste à la pulvérisation d'iodate de potassium en solution au sel au moment de son déversement vers une vis sans fin.

La réussite de la procédure d'iodation nécessite la réalisation des étapes suivantes :

A- Préparation de la solution d'iodate de potassium

Dissoudre l'iodate de potassium dans de l'eau potable tiède de façon à avoir une solution limpide (exemple: 1 kg d'iodate de potassium dans 60 litres d'eau).

B- Réglage de la pompe doseuse

Choisir un débit convenable de pulvérisation afin d'avoir une concentration d'iode dans le sel de $30 \text{ mg/kg} \pm 10$. Au début, il faut fixer l'indicateur du débit de la pompe sur la moitié de la graduation et faire des tests quantitatifs du sel iodé pour ajuster le débit jusqu'à avoir une concentration d'iode dans le sel de $30 \text{ mg/kg} \pm 10$.

C- Conditionnement du sel iodé

L'article 6 du Décret n° 2-08-362 du 28 mai 2009 dispose que: « le sel iodé doit être commercialisé dans un emballage fermé, imperméable et chimiquement stable, ne contenant pas plus d'un kilogramme de poids net».

Pour tout programme d'iodation, il est important de s'assurer que le sel contient la teneur recommandée en iode au moment de la consommation. La rétention de l'iode dans le sel dépend des composés d'iode utilisés, du type d'emballage, de l'exposition des emballages aux conditions climatiques régnantes et de la durée du temps entre l'iodation et la consommation.

La Norme Marocaine 08.5.130 (2007) dispose que :

- Afin d'éviter les pertes d'iode, le sel iodé doit être emballé dans des sacs de polyéthylène imperméables à l'air ou dans des sacs en jute doublés en polyéthylène.
- L'emballage de grosses quantités ne doit pas dépasser 50 kg pour éviter l'utilisation des crochets pour soulever les sacs.
- Les sacs qui ont été utilisés pour le conditionnement d'autres produits tels que fertilisant, le ciment, les produits chimique...etc ne doivent pas être réutilisés pour le conditionnement du sel iodé[85].

D- Conditions d'entreposage du sel iodé

Les conditions de stockage de température et d'humidité sont les principaux facteurs affectant la stabilité du sel iodé[101]. Pour ces raisons la norme marocaine du sel iodé NM8.5.130 (2007) a bien pris soin de définir les conditions de stockage :

- Le sel iodé ne doit pas être exposé à la pluie, à l'humidité ou à la lumière en aucun moment du stockage, du transport ou la vente.
- Les sacs de sel iodé doivent être stockés dans des pièces couvertes ou dans des entrepôts qui ont une ventilation adéquate.
- Le consommateur doit être avisé de la manière de stocker le sel iodé pour le protéger de l'exposition directe aux moisissures, à la chaleur et à la lumière[85].

E- Etiquetage du sel iodé

Le décret n° 2-01-1016 du 22 rabii I 1423 (4 juin 2002) réglemente les conditions d'étiquetages et de présentation des denrées alimentaires.

La Norme Marocaine NM 8.5.130 (2007) relative au sel iodé précise que l'étiquetage comporte:

- La dénomination de vente : sel alimentaire, sel de table ou sel de cuisine;
- La liste des ingrédients ajoutés et additifs autorisés ;
- Le poids net;
- La date de Production/Numéro de lot;
- Le nom ou la raison sociale et l'adresse du fabricant ou du conditionneur;

Le décret n°2-08-362 (28mai 2009) ART 7 précise: « Outre les indications, prévues par la réglementation en vigueur concernant l'étiquetage, l'emballage doit être pourvu d'une étiquette qui indique :

- Le terme « sel iodé » en caractères très apparents et lisibles ;
- Le taux d'iode exprimé en mg par kg de sel ;
- Le logo représentatif de sel iodé répondant au modèle.
- Les écritures et illustrations sont en blanc sur fond bleu.
- En outre l'étiquetage du sel iodé importé doit indiquer le pays d'origine.
- Aucune indication d'ordre thérapeutique ne peut être portée sur cette étiquette. »



Partie II

Etude pratique

La Teneur en iode dans le sel alimentaire

au niveau des ménages au Maroc

Partie II

Etude pratique

La Teneur en iode dans le sel alimentaire au niveau des ménages au Maroc

Introduction

L'enquête nationale menée par le Programme National de lutte contre les TDCI en 1993 a permis d'évaluer la prévalence moyenne du goitre à 22% chez les enfants âgés de 6 à 12 ans (avec des extrêmes allant de 0 à 77,4%). 63% des enfants enquêtés présentaient une iodurie inférieure à la normale (10 μ g/dl). Ce taux place le Maroc parmi les pays dits à gravité modérée en terme de TDCI. Ces troubles peuvent être contrôlés ou prévenus par un apport exogène d'iode.

A la suite des résultats de cette enquête, une stratégie d'iodation universelle du sel à vue le jour en 1994, l'iodation du sel a été rendue obligatoire par le décret n° 2-95-709 du 1995. Ce décret fixait la teneur en iode dans le sel alimentaire à 80 \pm 10mg d'iode /Kg de sel. Cette valeur a été révisée à la baisse, 30 \pm 10mg d'iode/kg, par l'arrêté n° 1486-09 (29 choual 1430) et le décret n° 2-08-362 (3 jourmada II 1430) du 28 mai 2009.

En 1998 une enquête a été réalisée pour évaluer la prophylaxie par le sel iodé dans la région de Rabat-Kénitra. Dans cette étude, le sel iodé représentait 9,8% de tout le sel analysé et seul 1,8% du sel était conforme à la valeur réglementaire[102].

En 2005 un sondage sur l'utilisation du sel iodé a été mené par le Ministère de la Santé, en collaboration avec le Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique. Les élèves des écoles primaires

avaient amené de chez eux des échantillons de sels. Ce sondage a montré que 60% des ménages marocains consommaient du sel iodé[17].

Une enquête menée en 2011 dans la province de Larache a montré que 90% des iodures étaient inférieures à la normale, et que seul 15% du sel analysé était iodé et aucun n'était conforme à la norme marocaine[103].

En 2007, le Maroc et 47 autres pays du monde étaient toujours classés comme pays où la carence iodée est connue comme un problème de santé publique. Cela signifie que plus de 2 Milliards de personnes ont un apport alimentaire en iode insuffisant et risquent de développer des troubles dus à la carence iodée (TDCI).[11]

Selon une publication de 2013 du réseau de l'ICCIDD, le Maroc figure parmi les pays où le déficit en iode reste un grand problème de santé publique. Dans 11 pays africains dont le Maroc, la carence en iode constitue un grand fardeau : Ethiopie, Algérie, Soudan, **Maroc**, l'Angola, le Ghana et la Mozambique [104].

L'ensemble de ces études, même ponctuelles et locales montrent que nous sommes encore loin d'atteindre l'objectif de la généralisation du sel iodé.

A l'approche du 20^{ème} anniversaire de la réglementation du sel iodé au Maroc (1995-2015), nous avons réalisé cette étude qui a pour objectif d'évaluer la teneur en iode dans le sel alimentaire au niveau des ménages.

1. Matériels et méthodes

1.1. Matériel

1.1.1. Echantillonnage

L'étude a touché les 12 régions du Royaume du Maroc selon le nouveau découpage administratif fixé par le décret n°2-15-40 du février 2015.

Pour l'échantillonnage, en raison des contraintes (coût et temps), nous avons adopté la méthode empirique de sondage par choix raisonné au niveau des différentes régions du pays.

Le choix est mis sur l'échantillon de convenance tenant compte des résultats des études similaires déjà réalisées [102, 103], où le taux de sel iodé était de 9,8% et de 15% respectivement.

La taille de l'échantillon est calculée selon la formule suivante :

$$n = t^2 \times p(1-p) / e^2$$

Avec:

- **n** : Taille d'échantillonnage.
- **t** : 1,96 pour un niveau de confiance de 0,95
- **p** : Proportion des ménages utilisant le sel iodé.

Dans notre cas $p = (15 + 9,8) / 2 = 12,4\%$

- **e** : Risque d'erreur absolue de 5%.

Selon la formule et les données ci-dessus la taille d'échantillon minimale à prendre en compte est de 167.

Le nombre des échantillons collectés dans notre étude est de 178.

Pour toucher les différentes régions du Maroc, nous avons choisi de charger les étudiants en pharmacie, des amies, des connaissances et des membres de la famille aux quels nous avons expliqué notre étude, et qui ont bien voulu nous apporter des échantillons de sel utilisés dans leurs ménages ou les ménages de leurs parents.

La collecte des échantillons s'est étalée sur la période du 13 Octobre 2014 au 30 Mars 2015

Les échantillons ont été codés et conservés à température ambiante et à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'au moment de l'analyse.

1.1.2. Fiche d'échantillonnage

Pour chaque échantillon, une fiche d'échantillonnage était rempli en vue d'identifier la personne ayant effectué le prélèvement, l'adresse du ménage, la province, le milieu urbain ou rural, le type de sel et si disponible, les informations mentionnées sur les sachets de conditionnement du sel.

FICHE D'ECHANTILLONNAGE

N°:.....

L'objectif général de l'étude:

Etat d'iodation de sels de cuisine utilisé par la population marocaine.

Nous vous remercions de nous avoir apporté un échantillon de sel de votre cuisine et avoir voulu remplir cette fiche :

Nom et prénom du préleveur:

Adresse du prélèvement:

Province:

Urbain

Rurale

Sel industriel

En vrac

Nom de marque et adresse:

N° du lot:

Mention d'iodation : oui Non

Forme chimique mentionné :

Iodate de potassium (KIO_3)

Iodate de sodium ($NaIO_3$)

Iodure de potassium (KI)

Iodure de sodium (NaI)

Dosage d'iodation mentionné sur le sachet:

1.1.3. Verrerie, matériel, appareillage du laboratoire

- Fioles jaugées,
- Ballons,
- Bêchers,
- Erlen-meyers,
- Pipettes,
- Micro-burette graduée, de capacité 25ml et de précision (0,05±0,03),
- Pissettes,
- Creusets en porcelaine ou verre de montre,
- Spatules en inox,
- Balance de précision de marque METTLER TOLEDO AB54 (précision 0,1mg),
- Balance électrique de marque METLER PE 3000,
- Etuve de marque MEMMERT,
- Support universel.

1.1.4. Réactifs

- Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 5 \text{H}_2\text{O}$) de marque Analab[®]
- Acide sulfurique ($\text{H}_2\text{SO}_4, 36\text{N}$) de marque SOLVACHIM[®] (Casablanca, Maroc)
- Iodure de potassium de marque RIEDEL- de HAEN[®]
- Iodate de potassium de marque MERCK[®] (Darmstadt, Allemagne)
- Amidon soluble de marque SOLVACHIM[®] (Casablanca, Maroc)
- Chlorure mercurique de marque RIEDEL- de HAEN[®]
- Bichromate de potassium de marque PROLABO[®] (Paris, France)
- Kits pour test qualitatif de l'iodate de potassium. De marque MBI-KITS[®] international. Fournie par le Ministère de la Santé, Direction d'épidémiologie et la lutte contre les maladies non transmissibles.

1.2.Méthode

1.2.1.Test qualitatif de la teneur en iode

Le kit se compose de 3 ampoules comme le montre la figure n°1:

2 ampoules contenant la solution test (test solution for iodated salt)

1 ampoule contenant la solution de vérification (Recheck solution)



Figure n°2: Kit utilisé pour le test qualitatif.

A- Principe :

Le test qualitatif indique la présence ou l'absence de l'iodate dans les échantillons de sel en utilisant une solution test. La présence d'iode est marquée par l'apparition d'un spot bleu violet à la surface du sel testé. L'intensité de la couleur du spot est proportionnelle à la teneur en iodate dans le sel. Elle variera du bleu clair au violet foncé.

B- Mode opératoire :

Sur un verre de montre ou sur une palliasse propre, on dépose une quantité de sel à tester (~5g) en double. On verse une goutte de la solution test et on note l'apparition ou non de la coloration.

Si la coloration est positive on vérifie sur le deuxième échantillon. Sinon on verse une goutte de la solution vérificateur sur le deuxième échantillon suivie par la solution test, et on note l'apparition ou non de la coloration

L'apparition du spot coloré en bleu violet traduit la présence de l'iodate dans l'échantillon.

1.2.2. Dosage quantitatif de la teneur en iode

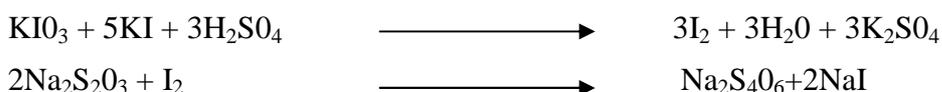
A- Principe

Il s'agit d'un dosage titrimétrique.

L'iodate présent dans le sel sous forme d'iodate de potassium (KIO_3) est converti en milieu acide en présence d'un excès d'iodure de potassium (KI) en iode (I_2);

L'iodate (I_2) libéré est alors titré par le thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) en utilisant l'amidon comme indicateur de fin de réaction.

Les réactions mises en jeu dans le dosage sont:



B- Préparation des solutions

a- Thiosulfate de sodium à 0,005N:

Dans une fiole jaugée de 1 litre, 1,241g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (PM=248,17) est dissout dans environ 900 ml d'eau distillée, et le volume final est ajusté à 1 litre.

La solution de thiosulfate est titrée au moment du dosage par une solution de bichromate de potassium (0,005N), étalon primaire préalablement préparé par pesée précise.

Conserver, la solution dans un flacon brun.

b-Acide sulfurique 2N:

Dans une fiole jaugée de 50 ml, introduire à environ 40ml d'eau distillée puis ajouter doucement 2,8 ml d'acide sulfurique concentré (36N). Quand le mélange est refroidi, le volume final est ajusté à 50 ml.

Conserver, la solution dans un flacon brun.

c- Iodure de potassium à 10%:

Dans une fiole jaugée de 500 ml, dissoudre 50 g de KI dans environ 400 ml d'eau distillée, le volume final est ajusté à 500 ml.

Conserver, la solution dans un flacon brun.

d- Empois d'amidon à 0,5%:

2,5 g d'amidon soluble sont mis dans environ 400 ml d'eau et la solution est portée à ébullition. Après 30 minutes d'ébullition, 25 mg de chlorure mercurique (HgCl_2) sont ajoutées. La solution est laissée refroidir à la température ambiante du laboratoire et est complétée par l'eau distillée jusqu'à 500 ml.

Conserver dans un flacon de verre brun. La solution est stable environ 1 mois.

Etiqueter et conserver à l'abri de la lumière.

C- Mode opératoire

- Dans un Erlen-meyer de 250 ml avec bouchon, 10 g de l'échantillon du sel sont dissous dans 100 ml d'eau ;
- 5 ml de KI à 10% sont ensuite ajoutés ;
- 1 ml de H_2SO_4 (2N) est ajouté. La solution se colore immédiatement en jaune si l'iodate de potassium est présent dans l'échantillon de sel;
- L'Erlen-meyer est bouché et gardé à l'obscurité pendant 10 min;
- A l'aide d'une burette remplie de la solution titrée du thiosulfate, l'iode est dosé en utilisant quelques gouttes d'empois d'amidon comme indicateur de fin de titrage;
- Titrer jusqu'à disparition totale de la teinte bleue due au complexe iode-empois d'amidon;
- Agiter soigneusement après chaque ajout de thiosulfate;
- Noter le volume de la solution de thiosulfate utilisé.
- Laisser reposer de flacon pendant 10 min et si une coloration bleu réapparaît, ajouter la solution du thiosulfate jusqu'à disparition totale de la teinte bleu et noter de volume de dosage.

Chaque jour pour s'assurer de la stabilité et la fiabilité des solutions préparées pour le dosage, un test de contrôle est effectué sur le sel iodé témoin, fabriqué au laboratoire (1Kg de sel iodé à 28,4 mg I/Kg).

Pour déterminer la teneur en iode (mg/kg) au moins deux prises d'essai pour chaque échantillon du sel iodé sont réalisées,

Pour Déterminer la teneur en iode (mg/kg) au moins deux prises d'essai pour chaque échantillon du sel iodé sont réalisées.

La teneur d'iode dans le sel est exprimée en mg d'iode par kg de sel. Cette teneur est déterminée à partir du volume de thiosulfate versé en réponse à la formule suivante:

$$M = \frac{V \times N \times 127 \times 1000}{6 \times m}$$

Avec :

M : la teneur du sel en iode (mg/kg)

V : le volume de thiosulfate versé de la burette en ml

N : normalité de thiosulfate (0,005N)

m : la masse de sel en grammes

2. Résultat

2.1. Répartition des échantillons par régions

178 échantillons de sel ont été collectés des 12 régions du Maroc.

Nos échantillons se répartissent comme indiqué dans le tableau n°1:

Région	Ménages*	Population*	Nombre d'échantillons de sel analysés
Région 1: Tanger-Tétouan-Al Hoceima	799 124	3 556 729	16
Région 2: L'Oriental	494 530	2 314 346	10
Région 3: Fès-Meknès	919 497	4 236 892	41
Région 4: Rabat-Salé-Kénitra	1 015 107	4 580 866	42
Région 5: Béni Mellal-Khénifra	520 174	2 520 776	4
Région 6: Grand Casablanca-Settat	1 559 404	6 861 739	18
Région 7: Marrakech-Safi	928 120	4 520 569	13
Région 8: Drâa-Tafilalet	277 998	1 635 008	12
Région 9: Sous-Massa	601 511	2 676 847	11
Région 10: Guelmim-Oued Noun	90 202	433 757	7
Région 11: Laâyoune-Sakia El Hamra	78 754	367 758	3
Région 12: Dakhla-Oued Eddahab	29 385	142 955	1
Total	7 313 806	33 848 242	178

Tableau n°1: Répartition des échantillons collectés par régions.

*Le nombre des ménages et de la population selon le recensement de la population marocaine de septembre 2014. Décret n° 2-15-234 du 19 mars 2015 publié au bulletin officiel n°6354 du 23 avril 2015.

2.2. Répartition des échantillons de sel selon le milieu

Sur les 178 échantillons de sel analysés 134 échantillons (75%) sont du milieu urbain et 44 échantillons (25%) sont du milieu rural. Tableau n°2

Milieu	Nombre d'échantillon	Pourcentage
Urbain	134	75%
Rural	44	25%

Tableau n°2: Répartition des échantillons par milieu.

2.3. Répartition des échantillons de sel selon le type du sel

Sur les 178 échantillons de sel analysés 164 échantillons (92%) sont du sel conditionné et 14 échantillons (8%) sont du sel en vrac. Tableau n°3.

Type de sel	Nombre	Pourcentage
Conditionné	164	92%
En vrac	14	8%

Tableau n°3: Répartition des échantillons de sel selon la forme commerciale.

2.4. Etiquetage des échantillons de sel

Sur les 164 échantillons du sel conditionné 137 fiches mentionnent le nom de marque des sociétés productrices. 27 échantillons sont de marques indéfinies.

52 sociétés productrices ou de conditionnement de sel marocaines ont été identifiées ainsi qu'une société Espagnole. Tableau n°4.

	Nom des sociétés marocaine, localité	Nombre d'échantillon
1	Al atriya; Casablanca	2
2	AL Hamama, Meknes	1
3	Al hora, Casablanca	4
4	Al Ihssane,Salé	12
5	Al waha	1
6	Amasse, Marrakech	4
7	Asahara	2
8	Basma Afrah	1
9	Chamalia, Taounate	1
10	Delistar, Ait melloul	8
11	Diafa, Chmmaïa	4
12	El henaar, Agadir	2
13	Hamamat Essahra, Marrakech	2
14	Hamamatsoukaina, Meknes	3
15	Jibal Al atlas, Fes	1
16	La Colombe, Meknes	4
17	Malh Dif, TAZA	4
18	Melh El khir	2
19	Milh Acham al moumtaz, Marrakech	2
20	Milh Al afrah, Casablanca	1
21	Nessma, Rabat	11
22	Nouar chemss, Agadir	1
23	Nour	1
24	Pigeon Adam, Meknes	2
25	SAIZI, Kenitra	1
26	Saquiya Al hamra	1
27	Sel Achamal, Taounate	1
28	Sel Al afrah, Casablanca	1
29	Sel Al bayda	2

30	Sel Al hayat, Casablanca	1
31	Sel Alhanae, Marrakech	2
32	Sel Annakhla, Meknes	1
33	Sel Bladi	1
34	sel du Gharb, Souk lgharb	1
35	Sel du Sud, Laâyoune	1
36	sel ennour, Casablanca	1
37	Sel Hebri, Azrou	2
38	Sel le bateau	1
39	Sel pur, Casablanca	5
40	Sel ras el ain, Salé	3
41	Sel safia, Elgharb	2
42	Selux, Casablanca	4
43	Shifa, Ait melloul	1
44	Super Extra	1
45	Warka rouge de zima; Chammaia	1
46	Yamamat Al atlas, Meknes	12
47	Yamamat Algharb, Souk larbaâ elgharb	2
48	Yamamat chark; Meknes	1
49	Yamamat Tafoukt, Marrakech	3
50	Youness, Casablanca	1
51	Zahrat Al madaine	1
52	Zoumrane charkia	1

	Nom de la société Espagnole, localité	
53	Sal marina, salinera Espanola, San Pedro del pinatar Marina, Espagne	6
		137

Tableau n°4: Nombre d'échantillon par société de sel identifié.

Tous les échantillons des sociétés marocaines portent la mention « sel iodé » ainsi que le logo représentatif de sel iodé, alors que le sel de la société espagnole ne porte aucune indication de présence d'iode parmi ses composants.

10 échantillons mentionnent la forme chimique de l'additif iodé (iodate de potassium).

Sur les 164 échantillons de sel conditionné, 118 échantillons (72%) mentionnent le taux d'iode « 30mg/kg », 3 échantillons indiquent l'intervalle « 10-30mg/kg ». 10 échantillons des sociétés marocaines et les 6 échantillons de la société espagnole ne mentionnent aucun dosage. Pour les 27 échantillons restant l'information n'est pas disponible.

Seuls 2 échantillons de sociétés différentes mentionnent le numéro d'autorisation de l'ONSSA, soit 2/53 (3,8%).

2.5. Evaluation qualitative de la présence d'iode dans le sel

Les résultats de l'évaluation qualitative des échantillons de sel sont regroupés dans les Tableaux n°5 et 6, selon l'intensité de la couleur du spot qui varie du violet foncé au bleu clair, ainsi en utilisant ou non la solution du vérificateur du kit.

Test qualitatif	Nombre d'échantillons	Pourcentage
Echantillons Positifs	45	25%
Echantillons Négatifs	133	75%
Total	178	100%

Tableau n°5: Résultats de l'analyse qualitative des échantillons de sel étudiés.

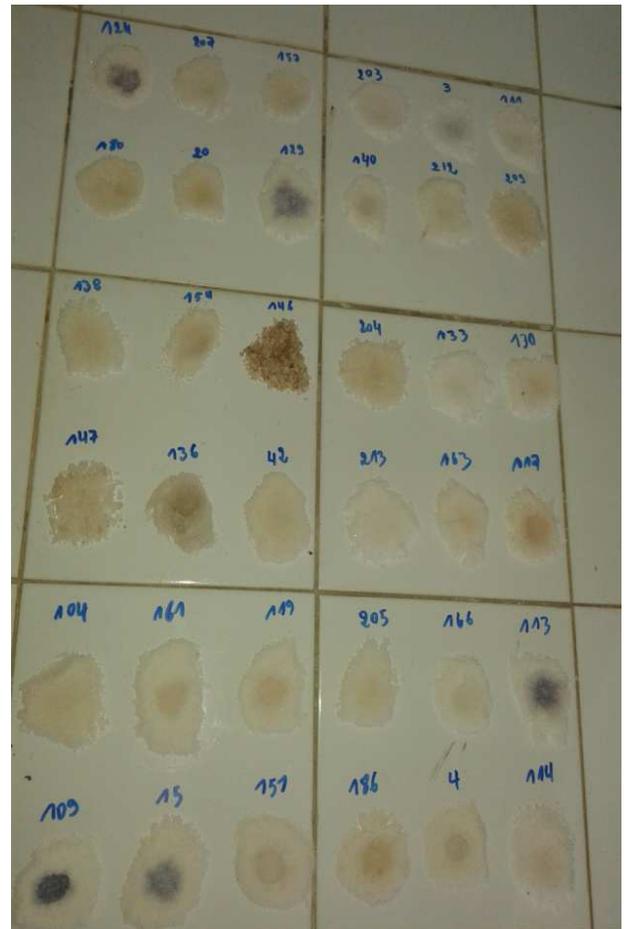
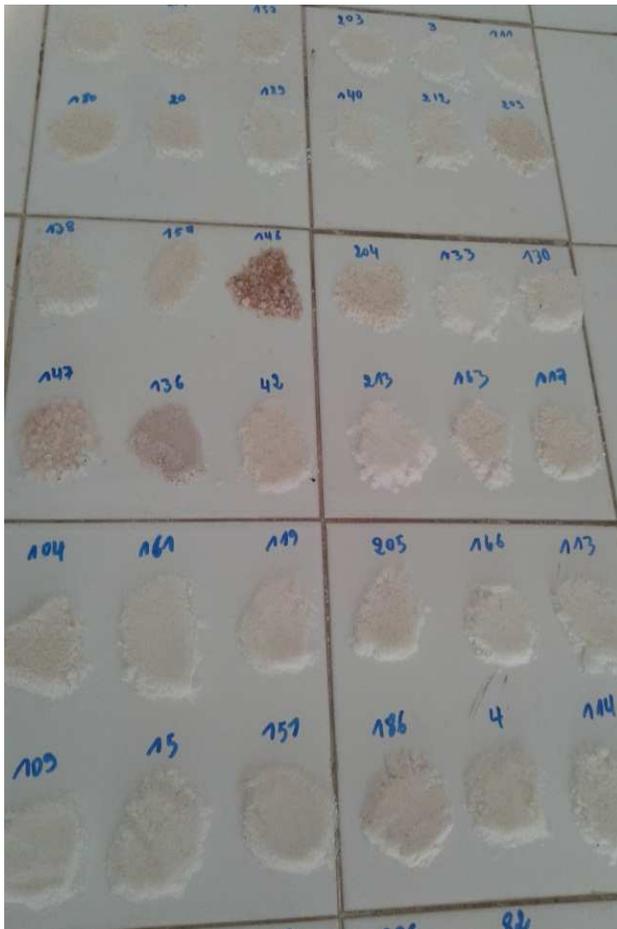


Figure n 3: Analyse qualitative des échantillons de sel.

L'analyse qualitative par le Kit test d'iodate dans le sel montre que 28% du sel commercialisé en milieu urbain est iodé contre 16% en milieu rural.

Milieu	Test positif	Test négatif	Totale
Rural	7 (16%)	37 (84%)	44 (100%)
Urbain	38 (28%)	96 (72%)	134 (100%)
			178

Tableau n 6: Répartition des résultats d'analyses qualitatives des échantillons de sel en fonction du milieu.

2.6. Evaluation quantitative des taux d'iode dans le sel

La teneur moyenne en iode dans les 178 échantillons de sel collectés est de 4,0 mg I/kg.

Pour les 45 échantillons identifiés positifs au test qualitatif, la teneur moyenne est de 8,7 mg I/kg. Pour les 133 échantillons négatifs la teneur moyenne est de 2,4 mg I/kg. Tableau n°7

Test Qualitatif	Nombre d'échantillon	Teneur moyenne en mg d'iode/kg	intervalle de concentration en mg I/kg
Test positif	45 (25%)	8,7	3,7 - 40,0
Test négatif	133 (75%)	2,4	0 - 3,7
Total	178	4,0	0- 40,0

Tableau n°7: La teneur moyenne en iode mg I/kg de sel.

Pour déterminer le taux des échantillons de sel conforme aux textes réglementaires relatifs à l'iode du sel, nous avons séparé dans le tableau n° 8 les échantillons dont la teneur en iode est comprise entre 15 et 40 mg I/kg et les échantillons de teneur est inférieure à 15 mg I/kg.

8 (4,5%) échantillons sont considérés comme conforme à la législation (15-40 mg I/kg). La teneur moyenne en iode de ces 8 échantillons est de 22,9 mg I/kg.

	<15 mg I/kg	15-40 mg I/kg
Nombre d'échantillons	170	8
Pourcentage	95,5%	4,5%
Teneur Moyenne en mg I/kg	3,1	22,9

Tableau n°8:Répartition des échantillons et leurs teneures moyenne en iode en fonction des intervalles de teneur en iode en mg I/kg préconisé par le décret.

Les résultats de la moyenne des teneurs d'iodes en mg I/kg dans différentes région montre une grande variabilité. Tableau n°9 et Figure n°3.

Région	Nombre d'échantillons analysé	Moyennes-en mg I/kg
Région 1: Tanger-Tétouan-Al Hoceima	16	9,2
Région 2: L'Oriental	10	2,7
Région 3: Fès-Meknès	41	3,3
Région 4: Rabat-Salé-Kénitra	42	4,5
Région 5: Béni Mellal-Khénifra	4	4,3
Région 6: Grand Casablanca-Settat	18	3,2
Région 7: Marrakech-Safi	13	2,6
Région 8: Drâa-Tafilalet	12	3,1
Région 9: Sous-Massa	11	2,9
Région 10: Guelmim-Oued Noun	7	3,2
Région 11: Laâyoune-Sakia El Hamra	3	4,2
Région 12: Dakhla-Oued Eddahab	1	2,9
Total	178	4,0

Tableau n°9: La teneur moyenne en iode dans le sel iodé en mg I/kg par nombre d'échantillon collectés par région.

La région de Tanger-Tétouan-Al Houceima est celle où le taux moyen d'iode dans le sel est le plus élevé (9,2 mg I/kg), tandis que la région de Marrakech-Safi est celle où le sel est le moins iodé.

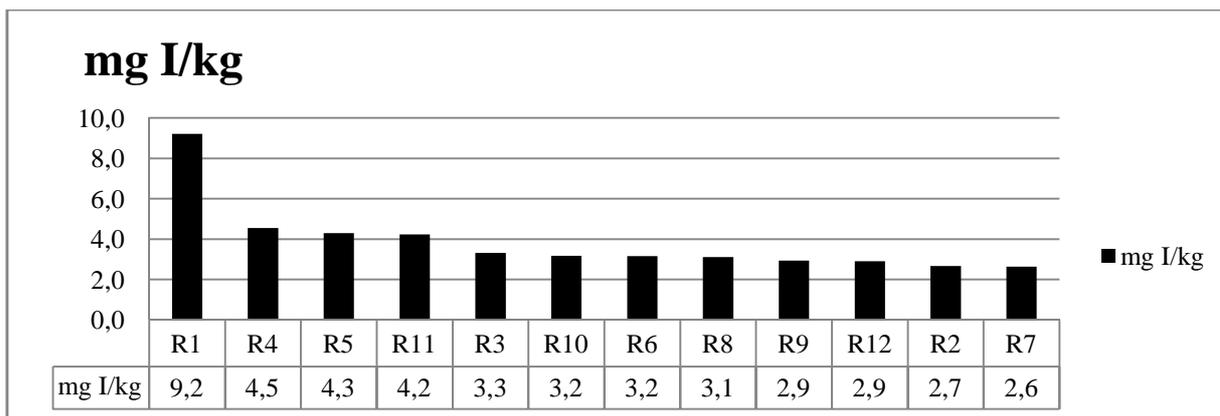


Figure n°4:Teneur moyenne en iode dans le sel iodé en mg I/kg par région.

La teneur moyenne en iode dans le sel iodé (positif au kit test) en milieu urbain, 9,2 mg I/kg est légèrement supérieure à celle du sel utilisé dans le milieu rural 6,2 mg I/kg.

	Urbain (n=134)	Rural (n=44)
Teneur Moyenne en mg I/kg des échantillons positifs au test qualitatif	9,2 (n=38)	6,2 (n=7)
Teneur Moyenne en mg I/kg des échantillons négatifs au test qualitatif	2,5 (n=96)	2,4 (n=37)
Teneur Moyenne en mg I/kg des échantillons	4,4 (n=134)	3 (n=44)

Tableau n°10:Teneur moyenne en iode dans le sel en mg I/kg par milieu.

Le tableau n°11 montre la Teneur Moyenne en mg I/kg des échantillons par type de sel utilisé par les ménages. La teneur moyenne des échantillons de sel positifs au kit test est de 8,7mgI/kg.

Sachant que tous les sels en vrac sont d'origine rurale, aucun échantillon positif n'a été révélé. Les échantillons négatifs au kit test ont presque la même teneur en iode (2,4 et 2,5 mg I/kg) indépendamment du type de sel, (conditionné ou en vrac)

	Sel conditionné (n=164)	Sel en vrac (n=14)
Teneur Moyenne en mg I/kg des échantillons positifs au kit test	8,7 (n=45)	- (n=0)
Teneur Moyenne en mg I/kg des échantillons négatifs au kit test	2,5 (n=134)	2,4 (n=14)
Totale	4,2 (n=164)	2,4 (n=14)

Tableau n°11: La Teneur Moyenne en mg I/kg des échantillons par type de sel utilisé par les ménages.

3. Discussion

La taille minimale de l'échantillon calculée pour notre étude est de 167. Le nombre d'échantillons collectés est de 178 échantillons de sel alimentaire au niveau des ménages.

En raison des contraintes de temps et des moyens, nous avons opté pour un choix raisonné (non probabiliste) et de convenance pour la sélection des ménages au niveau des différentes régions du pays et en milieu urbain et rural.

92% des échantillons collectés sont du sel conditionné alors que le sel en vrac représente 8%. Tous les sels en vrac sont d'origine rurale. Presque un tiers (32%) des ménages en milieu rural utilisent le sel en vrac qui n'est pas iodé.

Selon la loi 28-07 relative à la sécurité sanitaire des produits alimentaire publiée le 11 février 2010, l'ONSSA est devenu l'organisme responsable du contrôle et du suivie du sel

iodé destiné à l'alimentation. Il délivre une autorisation sanitaire aux nouveaux producteurs de sel, suivant un cahier de charge avant la mise sur le marché. D'après nos résultats, seul 3,8% des sociétés qui commercialisent le sel iodé ont une autorisation sanitaire.

La date de fabrication/expiration n'est mentionnée que sur 8/164 (4,9%) des échantillons alors qu'elle est exigée par la norme.

Pour les 6 échantillons de sel de la société espagnole, aucun échantillon n'indique le taux d'iode, alors que tout sel vendu sur le territoire marocain doit porter la mention « sel iodé ».

De ces résultats concernant l'étiquetage du sel destiné à l'alimentation, on note que les sociétés productrices et les conditionneurs ne respectent pas les exigences de la réglementation en vigueur. De même, pour le sel importé ou qui entre illégalement au Maroc, qui ne répond pas aux normes imposées par la loi, ce qui représente un vrai obstacle pour l'USI.

Les analyses de la teneur en iode dans le sel, montrent que 25% des ménages consomment du sel iodé, ce qui représente une amélioration par rapport à l'étude réalisée au niveau de Rabat-Kénitra où seul 9,8% du sel était iodé[102] et aussi par rapport à l'étude réalisée au niveau de la province de Larache où 15% du sel était iodé [103]. Nos résultats confirment les données de l'OMS qui classent le Maroc parmi les pays dont la consommation en sel iodé est inférieure à 35% [44]. Cependant, la couverture en sel correctement iodé (15-40 mg I/kg) ne représente que 4,5%.

La proportion de sel iodé est plus importante dans le milieu urbain (28%) que dans le milieu rural (16%). Cette différence s'explique en partie par l'utilisation du sel en vrac en milieu rural. En effet, 32% des ménages en milieu rural utilisent du sel en vrac.

Les résultats de la teneur moyenne d'iode en mg I/kg dans les différentes régions montrent une grande variabilité. La région du Tanger-Tétouan-Al Hoceima arrive en tête avec une teneur moyenne en iode dans le sel de 9,2 mg I/kg taux le plus élevé, alors que pour la région de Marrakech-Safi, la teneur en iode ne dépasse pas 2,6 mg I/kg. Pourtant dans cette région la carence en iode est sévère.

Selon les résultats de cette étude, le Maroc est encore loin de l'objectif de large couverture en sel iodé. Ceci doit interpeler les autorités de santé publique alors que la stratégie d'universalisation du sel iodé s'apprête à fêter son 20^{èm} anniversaire en cette année 2015.

Une des leçons tirées des pays qui ont réussi à éliminer ou à réduire de façon substantielle les TDCI réside dans la prise de conscience du rôle déterminant du contrôle continu de la qualité du sel et du suivi du statut iodé de la population dans l'efficacité des programmes. Ils permettent d'ajuster l'intervention et d'en évaluer l'impact. Cependant, rares sont les pays dont le système de surveillance est fiable.[3]



Conclusion

&

Recommendations

Conclusion

Depuis 1995 le Maroc 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.

Après 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.

En 2015, 25% des ménages marocains utilisent du sel iodé, mais, la proportion du sel iodé conforme à la norme est de 4,5%, avec une teneur moyenne en iode de 22,9 mg I/kg.

Le sel de société étrangère ne répond pas aux normes marocaines ce qui entraîne un risque pour la santé de la population.

L'utilisation par 8% des ménages du sel en vrac constitue un obstacle majeur à l'universalisation du sel iodé.

Recommandations

Le programme national de lutte contre la carence en iode ne peut atteindre ses objectifs que si un suivi interne et un contrôle de qualité externe du programme est mis en place tout en planifiant des stratégies opérationnelles :

- Travailler en partenariat entre pouvoirs publics et producteurs de sel
- Rassembler les petits producteurs en Coopératives ou Associations professionnelles
- Assurer la disponibilité de l'iodate de potassium et le mettre à la disposition des producteurs de sel
- 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, des producteurs et des groupes de défense de consommateurs aux techniques simples de contrôle
- Renforcer le contrôle et la surveillance du sel alimentaire.
- Rendre obligatoire l'autorisation sanitaire délivrée par l'ONSSA
- Limiter ou interdire la vente du sel alimentaire en vrac dans les souks et en milieu rural
- Offrir aux populations qui n'ont pas accès au sel iodé, surtout dans les régions les plus touchées, où la prévalence et la sévérité des TDCI sont élevées d'autres stratégies d'iodation comme l'huile iodée.
- Evaluer périodiquement les apports effectifs d'iode dans la population par des dosages d'iode urinaires.



Résumé

Abstract

ملخص

Résumé

La Teneur en iode dans le sel alimentaire au niveau des ménages au Maroc

La carence iodée occupe une place particulière parmi les carences en micronutriments qui posent aujourd'hui un problème majeur de santé publique dans le monde. Elle est la première cause à la fois des troubles de la thyroïde et des anomalies cérébrales chez l'enfant.

Les troubles dus à la carence en iode représentent un frein considérable au développement économique, du fait de la gravité des atteintes neurologiques irréversibles qui constituent des facteurs d'exclusion sociale et économique.

Suivant les recommandations de l'OMS, le Maroc a adopté l'iodation universelle du sel comme stratégie de prévention et de lutte contre la carence en iode. L'iodation obligatoire du sel de table à 80 ± 10 mg d'iode / kg a été introduite en 1995, puis réduite en 2009 à 30 ± 10 mg d'iode / kg.

Pour l'évaluation de la réussite du programme de lutte contre la carence en iode, le contrôle et le suivi du sel iodé est primordial avant le contrôle du statut nutritionnel de la population.

Dans cet objectif nous avons réalisé une étude prospective visant à évaluer la teneur en iode dans le sel alimentaire au niveau des ménages. Du 13 Octobre 2014 au 30 Mars 2015.

Au cours de ce travail, nous avons collecté et analysé 178 échantillons de sel. De l'analyse des résultats, il ressort que, seuls 25,3% des ménages utilisent le sel iodé, et seulement 4,5% de ce sel est conforme à la norme en vigueur (15-40 mg d'iode/kg).

La teneur moyenne en iode dans tout le sel est de 4,0 mg d'iode/kg. Les valeurs sont comprises entre 0 et 40,0 mg d'iode/kg.

Mots clés :

Chlorure de Sodium, sel alimentaire, sel iodé, teneur en iode, Iodate de potassium, ménages, Maroc

Abstract

Assessment of iodine concentration in salt dietary at household level in Morocco

Iodine deficiency holds a notorious place among the micronutrient deficiencies which now pose a major worldwide public health problem as it is the leading cause of both thyroid and brain abnormalities in children.

Iodine deficiency disorders stands as a major obstacle to economic development, due to the severity of irreversible neurological damage that constitute factors of social and economic exclusion.

According on WHO recommendations, Morocco has adopted the universal salt iodization as a strategy to prevent and fight against iodine deficiency. Thus mandatory iodization of table salt at 80 ± 10 mg of iodine/kg was introduced in 1995 and subsequently revised to a level of 30 ± 10 mg of iodine/kg in 2009.

To assess the success of this program, control and followed iodized salt intake is critical and primordial, that should come before checking the nutritional status of the population.

For this purpose we conducted a prospective study with the aim to assess the iodine content in edible salt at household level. From October 13, 2014 to March 30, 2015.

During our study, we have collected and analyzed 178 salt samples. The results shows that only 25.3% of households use iodized salt, and the legal requirement of 20–40 mg of iodine/kg. Iodine was only met in 4.5% of salt samples.

The average iodine content in the salt was 4.0 mg iodine/kg. The values ranged between 0 and 40.0 mg of iodine/kg.

Keywords:

Sodium chloride, table salt, iodized salt, iodine, Potassium iodate, households, Morocco

ملخص

محتوى اليود في ملح الطعام على مستوى الأسرة في المغرب

عوز اليود له مكانة خاصة بين المغذيات الزهيدة المقدار الهامة بالنسبة للإنسان و التي تؤثر على الصحة العامة في جميع أنحاء العالم. و من أهم أعراض نقص اليود تضخم الغدة الدرقية و تأثيره المباشر على المخ، و يتمثل ذلك في تلف دماغ الإنسان، التبلد و التخلف العقلي عند الأطفال.

و يمثل عقبة كبرى أمام التنمية الاقتصادية، و نظرا لشدة الضرر العصبي الذي لا رجعة فيه و الذي يشكل احد أهم عوامل الإقصاء الاجتماعي و الاقتصادي.

وفقا لتوصيات منظمة الصحة العالمية، اعتمد المغرب الى تعميم تدعيم اليود في ملح الطعام كإستراتيجية لمنع و مكافحة عوز اليود. ففي عام 1995 تم إلزام تدعيم اليود إلى ملح الطعام بنسبة 80 ± 10 ملغ من اليود/كغم، ليتم تعديله فيما بعد إلى 30 ± 10 ملغ من اليود / كغم سنة 2009.

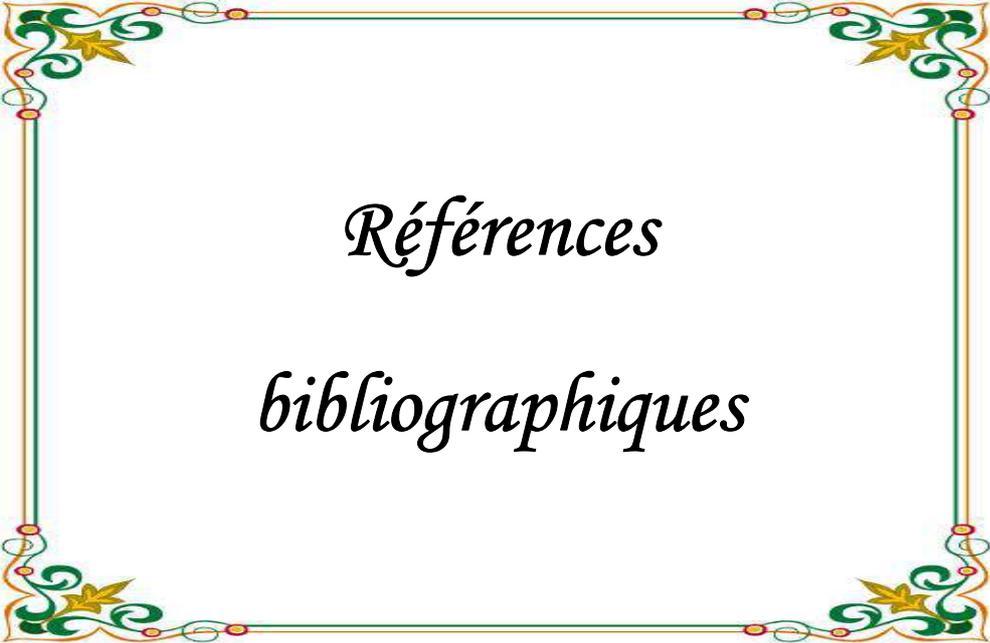
لتقييم نجاح برنامج مكافحة عوز اليود، تجب رقابة و تتبع الملح المزود باليود قبل التحقق من حالة التغذية للسكان.

لهذا الغرض أجرينا دراسة استطلاعية لتقييم نسبة اليود في ملح الطعام على مستوى الأسرة.

خلال هذا العمل، قمنا بتحليل 178 من عينات الملح المستعمل من طرف الأسر المغربية. و من تحليل النتائج تبين أن 25.3% فقط من الأسر تستخدم الملح المزود باليود، و فقط 4.5% من الملح يتوافق مع المعايير الوطنية (15-40 ملغ اليود / كغم). و متوسط تركيز اليود في الملح هو 4.0 ملغ اليود / كغم. و ذلك بين 0 و 40.0 ملغ من اليود / كغم.

كلمات البحث:

كلوريدالصوديوم، ملح الطعام، الملح المزود باليود، تركيزاليود، يودات البوتاسيوم، الأسر، المغرب.



*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

1. Delange F, Dunn JT, Glinoyer D. Requirements of iodine in humans. In : Iodine deficiency in Europe : a continuing concern Plenum Press, New York. 1993;p. 5-13.
2. L'Institut Français pour la Nutrition. <http://www.alimentation-sante.org/wp-content/uploads/2011/07/dossier-scient-13.pdf>. Dossier scientifique, l'iode consulter le 12-05-2015.
3. Benoist Bd, Delange F. La carence iodée : bilan et perspectives pour le futur. Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé. 2002;(12) numéro 1:9-17.
4. Hoareau D. Algues marines et nutrition. Visioconférence, www.weesoocom 28 mars 2013.
5. ICCIDD IODINE NETWORK. Salt iodization: a brighter future for Africa. idd newsletter. november 2013;volume 41 number 4.
6. WHO/UNICEF/ICCIDD. Recommended iodine levels in salt and guidelines for monitoring their adequacy and effectiveness. WHO/NUT/9613 Geneva, World Health Organization. 1996:9 p.
7. Weetman AP, Grossman A. Handbook of experimental pharmacology. Springer-Verlag, Berlin. 1997;128 : 225-287.
8. <http://www.alimentation-sante.org/wp-content/uploads/2011/07/dossier-scient-13.pdf>.
9. Chaouki N, Ottmani S, Saad A. Etude de prevalence des troubles dues à la carence en iode chez les enfants agées de 6 à 12ans. Bul Epidém Maroc. 1996;17 :2-19.
10. UNICEF. Ministère de la santé. Impact économique de la carence en iode au Maroc. 2001.

11. Andersson M, Benoist BD, Rogers L. Epidemiology of iodine deficiency: Salt iodisation and iodine status. Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism. 2010;24(1):1-11.
12. WHO, UNICEF, ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Guide for programme managers 3rd edn Geneva. 2007.
13. WHO. Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than two years old: conclusions and recommendations of the technical consultation. Public Health Nutr, Geneva 2005. 2007;10(12A):1606–11.
14. Caffarelli E. Iode – conséquences d’une carence, d’un excès d’iode, et intérêt d’une supplémentation systématique. Gynecol Obstet Biol Reprod. 1997;26:90–4.
15. Delange F. Iodine requirements during pregnancy, lactation and the neonatal period and indicators of optimal iodine nutrition. Public Health Nutr 2007;10(12A):1571–80.
16. Institut National de Santé Publique du Québec. La consommation alimentaire et les apports nutritionnels des adultes québécois.
17. Ministère de la santé Maroc. Guide pour la lutte contre les TDCI. 2009.
18. WHO, UNICEF, ICCIDD. Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization Nutrient series 1994.
19. Virginie G. Approche comparee de la carence en iode chez l'homme et les ruminants. These : Medecine Veterinaire, Toulouse 2004:140p.
20. Suzuki H, Higuchi T, Sawa K, Ohtaki S, Y.Horiuchi. Endemic coast goiter in Hokkaido, Japan. Acta Endocrinol. 1965:50 : 161-70.
21. Rauma AL, Törmälä ML, Nenonen M, Hänninen O. Iodine status in vegans consuming a living food diet. Nutr Res. 1994:14 : 1789-95.
22. Fisch A PE, Prazuck T, Sebbag R, Torres G, Gernez G, Gentilini M. A new approach to combating iodine deficiency in developing countries: the controlled release of iodine in water by silicone elastomer. Am J Pub Health 1993;83 : 540-5.

23. Elnagar B, Eltom M, Karlsson FA, Bourdoux P, Gebre-Medhin M. Control of iodine deficiency using iodination of water in a goitre endemic area. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 1997; 48 : 119-27.
24. Xue-Yi Cao X-MJ, Kareem A. Iodination of irrigation water as a method of supplying iodine to a severely iodine-deficient population in Xinjiang, China. *Lancet*. 1994 344 : 107-10.
25. 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*. 1987;91 : 299-304.
26. Wheeler SM, Fleet GH, Ashley RJ. The contamination of milk with iodine from iodophor used in milking machine sanitation. *J Sci Food Agric*. 1982;33 : 987-95.
27. Wiersinga WM. Amiodarone and the thyroid. *Pharmacotherapeutics of the thyroid gland Handbook of experimental pharmacology*. 1997;128 : 225-287.
28. ESPGAN Committee on Nutrition. Recommendations for the composition of an adapted formula. *Guidelines on infant nutrition*. 1977;suppl. 262 : 1-20.
29. 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*. 1987;5 : 103-9.
30. Keating FR, Albert AH. The metabolism of iodine in man as disclosed with use of radioiodine. *Recent Prog* 1949;Res.4 : 429-481.
31. Iodine Global Network. <http://www.ign.org>. Consulted le 14mai 2015.
32. WHO, UNICEF, ICCIDD. Progress towards elimination of iodine deficiency disorders. Geneva, Switzerland. 2001.
33. Hetzel B, Delange F. The Scientific Basis for the Elimination of Brain Damage due to Iodine Deficiency. Section IV.
34. Kirk AB, Kroll M, Dyke JV, Ohira S, Dias RA, Dasgupta PK. Perchlorate, iodine supplements, iodized salt and breast milk iodine content. *The Science of the total environment*. 2012;420:73-8.

35. OMS, ICCIDD, UNICEF. Progrès en vue de l'élimination des troubles dus à la carence iodée. OMS/NHD/994 Genève 1999:48 p.
36. Hetzel BS. The Story of Iodine Deficiency. An International Challenge in Nutrition. Oxford, Oxford University Press. 1989:p:236.
37. Dunn JT, Haar FVd. Guide pratique pour le traitement de la carence en iode. ICCIDD. 1992:p:62.
38. Soldin O. Iodine status reflected by urinary concentrations: comparison with the USA and other countries. Comprehensive handbook of iodine: nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects Elsevier. 2009:p. 1129–37.
39. 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. Science of the Total Environment 2014;493 432–444.
40. Delange F. Endemic cretinism. The thyroid A fundamental and clinical text Philadelphia : Lippincott. 2000 743-54.
41. Glinoe D, Delange F. The potential repercussions of maternal, fetal and neonatal hypothyroxinemia on the progeny. Thyroid. 2000;10 : 871-87.
42. McMichael AJ, Potter JD, Hetzel BS. Iodine deficiency, thyroid function and reproductive failure. In Endemic goiter and endemic cretinism Iodine nutrition in health and disease. 1980;445-460.
43. Thilly CH, Lagasse R, Roger G, Bourdoux P, Ermans AM. Impaired foetal and postnatal development and high perinatal death-rate in a severe iodine deficient area. Canberra: Australian Academy of Science publ. 1980;20-23.
44. ICCIDD. <http://www.ign.org/p142000269.html>. Consulter le 14mai 2015.
45. Zimmermann MB. Iodine deficiency in pregnancy and the effects of maternal iodine supplementation on the offspring nutrition clinique pratique. 2009.

46. Doggui R, Atia JE. Iodine deficiency: Physiological, clinical and epidemiological features, and pre-analytical considerations. *Annales d'Endocrinologie*. 2015;76 (2015) 59–66.
47. OMS. www.who.int/. Consulter le 14 mai 2015.
48. Cao XY, Jiang XM, Dou ZH, Rakeman MA, Zhang ML, O'Donnell K, et al. Timing of vulnerability of the brain due to iodine deficiency in endemic cretinism. *N Engl J Med* 1994;331:1739-1744.
49. Clements FW. Health significance of endemic goitre and related conditions. Monograph series World Health Organization. 1960;44:235-60.
50. OMS. Carence en iode. 1998;EB103/27.
51. Aubry P. Goitre endémique. Carence en iode. Troubles dus à la carence en iode (TDCI). *Medecine Tropicale* 06/01/2014.
52. Wang T, Zhao S, Shen C, Tang J, Wang D. Determination of iodate in table salt by transient isotachopheresis–capillary zone electrophoresis. *Food Chemistry*. 2009;112(1):215-20.
53. OMS. ONU pour l'alimentation et l'agriculture. Composés utilisés pour l'enrichissement : propriétés physiques, sélection et utilisation avec divers véhicules alimentaires. 2011.
54. Gueorguiev S. Petite histoire de l'iode et du goitre. these : *Medecine* 2010.
55. WHO. Salt as a vehicle for fortification. Report of a WHO expert consultation Geneva: World Health Organization. 2008;pp. 1–27.
56. Pedersen KM, Lauerberg 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*. 1999; 140 : 400-403.
57. Évaluation de certains additifs alimentaires et contaminants : trente-septième rapport du Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires. . Genève, Organisation mondiale de la Santé, (OMS, Série de Rapports techniques, No 806). 1991.

58. De B. Moinier, Comité des Salines de France, Association des Producteurs de Sel Européens. La réglementation sur le sel iodé dans les pays de l'Union européenne et la Suisse 2003.
59. Charlton KE, Jooste PL, Steyn K, Levitt NS, Ghosh A. A lowered salt intake does not compromise iodine status in Cape Town, South Africa, where salt iodization is mandatory. *Nutrition*, Elsevier. 2013;630-634.
60. Li WH, Dong BS, Li P, Li YF. Benefits and risks from the national strategy for improvement of iodine nutrition: a community-based epidemiologic survey in Chinese schoolchildren. *Nutrition*. 2012;28(11-12):1142-5.
61. Leung AM, Braverman LE, Pearce EN. History of US iodine fortification and supplementation *Nutrients*. 2012.
62. Yamada C, Oyunchimeg D, Erdenbat A, Enkhtuya P, Buttumur D, Naran G, et al. Estimation of Salt Intake and Recommendation for Iodine Content in Iodized Salt in Mongolia. *Asia Pac J Public Health* January 2000;12 no. 1 27-31.
63. Štimec M, Kobe H, Smole K, Kotnik P, Širca-Čampa A, Zupančič M, et al. Adequate iodine intake of Slovenian adolescents is primarily attributed to excessive salt intake. *Nutrition research- Elsevier*. 2009;29(12): 888–96.
64. Arrêté des ministres de la santé publique et du commerce. *Journal officiel de la République Tunisienne* N°31. 16 Avril 1996:733-4.
65. Diosady LL, Alberti JO, Fitzgerald S, Mannar VMG. Field tests for iodate in salt. *Food Nutr Bull* 1999;20 : 208-14.
66. Pandav CS, Arora NK, Krishnan A, Samjar R, Pandav S, Karmarkar MG. Validation of spot-testing kits to determine iodine content of salt. *Bull WHO*. 2000 78 : 975-80.
67. Delange F, Hetzel BS. The iodine deficiency disorders. The thyroid and its diseases MA, *Endocrine Education*. 2003.
68. Gerasimov G. Bread iodization for iodine deficient regions of Russia and other newly independent states. *IDD Newsletter*. 1997;13:12–13.

69. Fisch A. A new approach to combatting iodine deficiency in developing countries: the controlled release of iodine in water by a silicone elastomer. *American Journal of Public Health*. 1993;83:540–545.
70. Elnagar B. Control of iodine deficiency using iodination of water in a goiter endemic area. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 1997;48:119–127.
71. Foo LC. Iodization of village water supply in the control of endemic iodine deficiency in rural Sarawak, Malaysia. . *Biomedical and Environmental Sciences*. 1996;9:236–241.
72. Phillips DI. Iodine milk, and the elimination of endemic goiter in Britain: the story of an accidental public health triumph. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 1997;51:391–393.
73. World Bank. www.worldbank.org. 2001.
74. Cao XY, Jiang XM, Kareem A. Iodination of irrigation water as a method of supplying iodine to a severely iodine deficient population in Xinjiang, China. *Lancet*. 1994;344: 107–110.
75. Pandav CS, Anand K, Sinawat S. Economic evaluation of water iodization program in Thailand. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 2000;31: 762–768.
76. Delange F, Benker, G., Caron, P., Eber, O., Ott, W., Peter F., Podoba, J., Simescu M, Szybinski, Z., Vertongen, F., et al. . Thyroid volume and urinary iodine in European schoolchildren: standardization of values for assessment of iodine deficiency. *Euro J Endocrinol*. 1997; 136:180-187.
77. Dahl L, Johansson L, Julshamn K. The iodine content of Norwegian foods and diets. *Public Health Nutrition*. 2004;7:569–576.
78. Valsta M. Iodine status of middle-aged subjects in Finland. Spring meeting of the Finnish Society for Nutrition Research. 2003.
79. Wiersinga WM, Podoba J, Srbecky M. A survey of iodine intake and thyroid volume in Dutch schoolchildren: reference values in an iodine-sufficient area and the effect of puberty. *European Journal of Endocrinology* 2001;144: 595–603.

80. Seal JA, Doyle Z, Burgess JR. Iodine status of Tasmanians following voluntary fortification of bread with iodine. *The Medical Journal of Australia* 2007;186: 69–71.
81. Andersson M, Benoist BD, WHO. 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 Nutrition*. 2007;10: 1606–1611.
82. Marine D, Kimball OP. Prevention of simple goiter in man. *Arch Intern Med* 1920 25 : 661-72.
83. Hollowell JG, Staehling NW, Hannon WH, Flanders DW, Gunter EW, Maberly GF, et al. Iodine nutrition in the United States. Trends and public health implications. *J Clin Endocrinol Metab* iodine excretion data from National Health and Nutrition Examination Surveys, I and III (1971-1974 and 1988-1994). 1998;83:3401-3408.
84. Ministère de le Santé. Manuel d'iodation du sel de cuisine 2009.
85. Norme Marocaine. Sel de qualité alimentaire "NM.8.5.130". 2007.
86. Le sel :bienfaits et méfaits. <http://wwwchirosystemcom/FPDF/selpdf>.
87. Sinawat S. Report of regional consultation towards elimination of iodine deficiency disorders. . MOPH, Thailand: Department of Health. 1997.
88. Li YO, Diosady LL, Wesleyb AS. Iodine stability in iodized salt dual fortified with microencapsulated ferrous fumarate made by an extrusion-based encapsulation process *Journal of Food Engineering* 2010.
89. Marthaler T. Increasing the public health effectiveness of fluoridated salt. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2005;115(9):785-792.
90. Tout savoir sur le sel. http://wwwcerebosfr/pdf/dp_le_sel,_la_viepdf.
91. Afssa. Avis de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation de l'emploi de fluorure de sodium et d'iodate de potassium dans le sel de table. . Maisons-Alfort, . 2003.;Saisine n° 2001-SA-0208. .
92. Whitford G. Fluoride metabolism when added to salt. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2005;115(8):675-678.

93. Deuxième partie: une tâche pas même à moitié accomplie. www.micronutrient.org/reports/reports/Part2_fpdf.
94. Le ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement–Département de l'énergie et des mines. février 2015.
95. ONSSA. Séminaire National sur le Contrôle de la Qualité des Produits Fortifiés "Sel iodé". 23 et 24 décembre 2010.
96. Hess SY, Zimmermann MB, Staubli-Asobayire F, Tebi A, Hurrell RF. An evaluation of salt intake and iodine nutrition in a rural and urban area of the Côte d'Ivoire. *Europ J Clin Nutr*. 1999;53 : 680-686.
97. Hakkaoui ME. Situation du secteur du sel au Maroc. Communication orale présentée à la Conférence nationale sur les troubles dus à la carence iodée Mars 1995, Rabat. 1995.
98. Arrêté n°863- 10 du 24 rabii I 1431 (11 mars 2010) définissant les caractéristiques auxquelles doit répondre le sel destiné à l'alimentation humaine. BO n°5836. 06/05/2010: Page 1332.
99. Diosady LL AJ, Mannar MGV, Fitzgerald S. Stability of iodine in iodized salt used for correction of iodine-deficiency disorders. *Food Nutr Bull*. 1998 19 : 240-50.
100. ONSSA. <http://www.onssa.gov.ma/>.
101. Bhatnagar A, Maharda NS, Ambardar VK, Dham D, Magdum M, Sankar R. Iodine loss from iodized salt on heating. *Indian J Pediatr*. 1997;64(6):883-885.
102. Zahidi A, Idrissi MOB, Ansar M, Hababa L, Taoufik J. Evaluation de la prophylaxie par le sel iode des populations de la region de Rabat-Kenitra en 1998. *Maroc médical* 2002;24 (3), 202-205.
103. Bousliman Y, Eljaoudi R, Zahidi A, Idrissi MOB, Draoui M, Abouqal R, et al. Consommation du sel iodé et la prévalence du goitre chez les enfants d'âge scolaire dans la province de Larache, Maroc *Médecine du Maghreb* 2011;N°189.
104. Jooste P, Andersson M, Assey V. Iodine nutrition in Africa: where are we in 2013? *africa overview. iccid iodine network*. 2013;volume 41 number 4 november:3.

Serment de Galien

Je jure en présence des maîtres de cette faculté :

- *D'honorer ceux qui m'ont instruite dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- *D'exercer ma profession avec conscience, dans l'intérêt de la santé publique, sans jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.*
- *D'être fidèle dans l'exercice de la pharmacie à la législation en vigueur, aux règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- *De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession, de ne jamais consentir à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.*
- *Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois méprisée de mes confrères si je manquais à mes engagements.*

قسم الصيدلي

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

- أن أراقب الله في مهنتي
- أن أبجل أساتذتي الذين تعلمت على أيديهم مبادئ مهنتي وأعترف لهم بالجميل وأبقى دوما وفيما لتعاليمهم.
- أن أزاول مهنتي بوازع من ضميري لما فيه صالح الصحة العمومية، وأن لا أقصر أبدا في مسؤوليتي وواجباتي تجاه المريض وكرامته الإنسانية.
- أن ألتزم أثناء ممارستي للصيدلة بالقوانين المعمول بها وبأدب السلوك والشرف، وكذا بالاستقامة والترفع.
- أن لا أفشي الأسرار التي قد تعهد إلي أو التي قد أطلع عليها أثناء القيام بمهامي، وأن لا أوافق على استعمال معلوماتي لإفساد الأخلاق أو تشجيع الأعمال الإجرامية.
- لأحض بتقدير الناس إن أنا تقيدت بعهودي، أو أحتقر من طرف زملائي إن أنا لم أف بالتزاماتي.

والله على ما أقول شهيد



جامعة محمد الخامس - الرباط
كلية الطب و الصيدلة - الرباط



أطروحة رقم: 050

سنة: 2015

محتوى اليود في ملح الطعام على مستوى الأسرة في المغرب

أطروحة

قدمت و نوقشت علانية يوم:

من طرف

الآنسة: **مريم زاهدي**

المزدادة في: 06 أكتوبر 1990 بالرباط

لنيل شهادة الدكتوراه في الصيدلة

الكلمات الأساسية: كلوريد الصوديوم، ملح الطعام، الملح المزود باليود، تركيز اليود، يودات البوتاسيوم، الأسر، المغرب.

تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة

رئيس

مشرف

أعضاء

السيد: **مصطفى دراوي**

أستاذ في الكيمياء التحليلية

السيد: **جمال توفيق**

أستاذ في الكيمياء العلاجية

السيدة: **سعيدة طلال**

أستاذة في الكيمياء الحيوية

السيدة: **اسماء مدغري العلوي**

أستاذة طب الأطفال

السيدة: **فاطمة الزهراء موزوني**

عضوة مشاركة