



HAL
open science

Prophylaxie des conséquences thyroïdiennes des accidents des centrales nucléaires

Ouifak Elhanbali

► **To cite this version:**

Ouifak Elhanbali. Prophylaxie des conséquences thyroïdiennes des accidents des centrales nucléaires. Sciences pharmaceutiques. 2016. hal-01770744

HAL Id: hal-01770744

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01770744>

Submitted on 9 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE LORRAINE
2016

FACULTE DE PHARMACIE

T H E S E

Présentée et soutenue publiquement

Le **23 Mai 2016** sur un sujet dédié à :

**PROPHYLAXIE DES CONSEQUENCES THYROÏDIENNES DES
ACCIDENTS DES CENTRALES NUCLEAIRES.**

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par **ELHANBALI OUIFAK**

née le 22 Novembre 1988 à Metz

Membres du Jury

Président : Mme Brigitte LEININGER-MULLER, Professeur des Universités à Nancy

Juges : **Mr Marc KLEIN**, Professeur en endocrinologie à Nancy
Mme Béatrice DEMORE, Pharmacien hospitalier au CHU de Nancy-Brabois
Mme Isabelle CLERC-URMES, Ingénieur hospitalier biostatisticienne au CHU de Nancy-Brabois
Mme Pauline PIQUARD, Pharmacien adjoint à Neuves-Maisons

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2015-2016

DOYEN

Francine PAULUS

Vice-Doyen

Béatrice FAIVRE

Directeur des Etudes

Virginie PICHON

Conseil de la Pédagogie

Président, Brigitte LEININGER-MULLER

Collège d'Enseignement Pharmaceutique Hospitalier

Président, Béatrice DEMORE

Commission Prospective Facultaire

Président, Christophe GANTZER

Vice-Président, Jean-Louis MERLIN

Commission de la Recherche

Président, Raphaël DUVAL

Responsable de la filière Officine

Béatrice FAIVRE

Responsables de la filière Industrie

Isabelle LARTAUD, Jean-Bernard REGNOUF de
VAINS

Responsable de la filière Hôpital

Béatrice DEMORE

Responsable Pharma Plus ENSIC

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Responsable Pharma Plus ENSAIA

Raphaël DUVAL

Responsable de la Communication

Marie-Paule SAUDER

**Responsable de la Cellule de Formation Continue
et individuelle**

Béatrice FAIVRE

**Responsable de la Commission d'agrément
des maîtres de stage**

Béatrice FAIVRE

Responsables des échanges internationaux

Bertrand RIHN

Responsable ERASMUS

Mihayl VARBANOV

DOYENS HONORAIRES

Chantal FINANCE

Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Jeffrey ATKINSON

Jean-Claude BLOCK

Max HENRY

Gérard SIEST

Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

Roger BONALY

Pierre DIXNEUF

Marie-Madeleine GALTEAU

Thérèse GIRARD

Michel JACQUE

Pierre LABRUDE

Vincent LOPPINET

Janine SCHWARTZBROD

Louis SCHWARTZBROD

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES

Monique ALBERT

Mariette BEAUD

Gérald CATAU

Jean-Claude CHEVIN

Jocelyne COLLOMB

Bernard DANGIEN

Marie-Claude FUZELLIER

Françoise HINZELIN

Francine KEDZIEREWICZ

Marie-Hélène LIVERTOUX

Bernard MIGNOT

Jean-Louis MONAL

Dominique NOTTER

Christine PERDICAKIS

Marie-France POCHON

Anne ROVEL

Maria WELLMAN-ROUSSEAU

ASSISTANTS HONORAIRES

Marie-Catherine BERTHE

Annie PAVIS

ENSEIGNANTS	Section CNU*	Discipline d'enseignement
PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS		
Danièle BENSOUSSAN-LEJZEROWICZ	82	<i>Thérapie cellulaire</i>
Jean-Louis MERLIN	82	<i>Biologie cellulaire</i>
Alain NICOLAS	80	<i>Chimie analytique et Bromatologie</i>
Jean-Michel SIMON	81	<i>Economie de la santé, Législation pharmaceutique</i>
Nathalie THILLY	81	<i>Santé publique et Epidémiologie</i>
PROFESSEURS DES UNIVERSITES		
Christine CAPDEVILLE-ATKINSON	86	<i>Pharmacologie</i>
Joël DUCOURNEAU	85	<i>Biophysique, Acoustique, Audioprothèse</i>
Raphaël DUVAL	87	<i>Microbiologie clinique</i>
Béatrice FAIVRE	87	<i>Biologie cellulaire, Hématologie</i>
Luc FERRARI	86	<i>Toxicologie</i>
Pascale FRIANT-MICHEL	85	<i>Mathématiques, Physique</i>
Christophe GANTZER	87	<i>Microbiologie</i>
Frédéric JORAND	87	<i>Eau, Santé, Environnement</i>
Isabelle LARTAUD	86	<i>Pharmacologie</i>
Dominique LAURAIN-MATTAR	86	<i>Pharmacognosie</i>
Brigitte LEININGER-MULLER	87	<i>Biochimie</i>
Pierre LEROY	85	<i>Chimie physique</i>
Philippe MAINCENT	85	<i>Pharmacie galénique</i>
Alain MARSURA	32	<i>Chimie organique</i>
Patrick MENU	86	<i>Physiologie</i>
Jean-Bernard REGNOUF de VAINS	86	<i>Chimie thérapeutique</i>
Bertrand RIHN	87	<i>Biochimie, Biologie moléculaire</i>
MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS		
Béatrice DEMORE	81	<i>Pharmacie clinique</i>
Julien PERRIN	82	<i>Hématologie biologique</i>
Marie SOCHA	81	<i>Pharmacie clinique, thérapeutique et biotechnique</i>
MAITRES DE CONFÉRENCES		
Sandrine BANAS	87	<i>Parasitologie</i>
Xavier BELLANGER	87	<i>Parasitologie, Mycologie médicale</i>
Emmanuelle BENOIT	86	<i>Communication et Santé</i>
Isabelle BERTRAND	87	<i>Microbiologie</i>
Michel BOISBRUN	86	<i>Chimie thérapeutique</i>
François BONNEAUX	86	<i>Chimie thérapeutique</i>
Ariane BOUDIER	85	<i>Chimie Physique</i>
Cédric BOURA	86	<i>Physiologie</i>
Igor CLAROT	85	<i>Chimie analytique</i>
Joël COULON	87	<i>Biochimie</i>
Sébastien DADE	85	<i>Bio-informatique</i>
Dominique DECOLIN	85	<i>Chimie analytique</i>
Roudayna DIAB	85	<i>Pharmacie galénique</i>
Natacha DREUMONT	87	<i>Biochimie générale, Biochimie clinique</i>
Florence DUMARCAÏ	86	<i>Chimie thérapeutique</i>
François DUPUIS	86	<i>Pharmacologie</i>
Adil FAIZ	85	<i>Biophysique, Acoustique</i>
Anthony GANDIN	87	<i>Mycologie, Botanique</i>
Caroline GAUCHER	86	<i>Chimie physique, Pharmacologie</i>
Stéphane GIBAUD	86	<i>Pharmacie clinique</i>
Thierry HUMBERT	86	<i>Chimie organique</i>
Olivier JOUBERT	86	<i>Toxicologie, Sécurité sanitaire</i>

Alexandrine LAMBERT	85	Informatique, Biostatistiques
Julie LEONHARD	86/01	Droit en Santé
Christophe MERLIN	87	Microbiologie environnementale
Maxime MOURER	86	Chimie organique
Coumba NDIAYE	86	Epidémiologie et Santé publique
Francine PAULUS	85	Informatique
Caroline PERRIN-SARRADO	86	Pharmacologie
Virginie PICHON	85	Biophysique
Sophie PINEL	85	Informatique en Santé (e-santé)
Anne SAPIN-MINET	85	Pharmacie galénique
Marie-Paule SAUDER	87	Mycologie, Botanique
Guillaume SAUTREY	85	Chimie analytique
Rosella SPINA	86	Pharmacognosie
Gabriel TROCKLE	86	Pharmacologie
Mihayl VARBANOV	87	Immuno-Virologie
Marie-Noëlle VAULTIER	87	Mycologie, Botanique
Emilie VELOT	86	Physiologie-Physiopathologie humaines
Mohamed ZAIOU	87	Biochimie et Biologie moléculaire
Colette ZINUTTI	85	Pharmacie galénique

PROFESSEUR ASSOCIE

Anne MAHEUT-BOSSER	86	Sémiologie
--------------------	----	------------

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE

Alexandre HARLE	82	Biologie cellulaire oncologique
-----------------	----	---------------------------------

PROFESSEUR AGREGÉ

Christophe COCHAUD	11	Anglais
--------------------	----	---------

**Disciplines du Conseil National des Universités :*

80 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

81 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

82 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

85 ; Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

86 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

87 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

32 : Personnel enseignant-chercheur de sciences en chimie organique, minérale, industrielle

11 : Professeur agrégé de lettres et sciences humaines en langues et littératures anglaises et anglo-saxonnes

SERMENT DES APOTHICAIRES



Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

D' honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

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

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



« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE APPROBATION,
NI IMPROBATION AUX OPINIONS EMISES DANS LES
THESES, CES OPINIONS DOIVENT ETRE CONSIDEREES
COMME PROPRES A LEUR AUTEUR ».

REMERCIEMENTS

A notre président du jury,

Madame le Professeur Brigitte LEININGER-MULLER,

Merci d'avoir accepté de présider cette thèse et de m'accorder l'honneur de juger ce travail. Nous vous remercions également pour les connaissances dans le domaine de la biochimie que vous nous avez transmis tout au long de notre cursus.

Veillez trouver ici l'expression de notre profond respect.

A notre juge et directeur de thèse,

Monsieur le Professeur Marc KLEIN,

Vous nous faites l'honneur de juger et de diriger notre travail.

Vous êtes l'initiateur de cette thèse et nous vous sommes reconnaissant de nous l'avoir confiée. Nous apprécions votre disponibilité et votre investissement dans ce projet ainsi que vos connaissances enrichissantes. Nous vous remercions également de l'accueil que vous et votre équipe nous avez réservé pendant le stage hospitalier.

Soyez assuré de notre sincère gratitude et de notre profond respect.

A notre juge et co-directrice de thèse,

Madame le Docteur Béatrice DEMORE,

En dépit de la charge de travail qui vous incombe, vous avez accepté de juger notre travail et nous vous en remercions. Nous vous remercions également pour vos conseils, votre disponibilité et les nombreuses connaissances que vous nous avez transmises tout le long de notre cursus et plus particulièrement pour l'encadrement pendant le stage hospitalier.

Nous vous témoignons notre profonde reconnaissance et notre immense respect.

A notre juge,

Madame le Docteur Isabelle CLERC-URMES,

Vous nous faites l'honneur de juger notre travail.

Nous vous remercions de votre disponibilité et soulignons vos compétences dans le domaine des biostatistiques. Merci pour vos conseils précieux et votre disponibilité.

Veuillez trouver ici nos sincères remerciements.

A notre juge,

Madame le Docteur Pauline PIQUARD,

Pour avoir accepté de siéger parmi les membres du jury, pour vos nombreuses relectures, pour vos conseils et votre dévouement, nous vous remercions. Merci également pour toutes vos réponses à nos questions ainsi que pour votre soutien.

Veillez trouver ici nos sincères remerciements.

A tous mes enseignants du premier jour de ma scolarité à aujourd'hui. Je vous remercie pour tout ce que vous m'avez transmis.

A ma famille en or,

A mes chers parents. Merci de m'avoir offert la chance de réaliser mes rêves, aussi anodins soient-ils. Merci pour votre amour et votre précieux soutien tout au long de ces années d'études. Merci pour votre patience dans les moments difficiles et votre réconfort. Merci de nous avoir menés jusqu'ici, sans vous, rien n'aurait été possible.

Votre fierté est ma plus belle récompense. Je vous aime fort. Que Dieu vous garde.

A mes chers frères. Je vous remercie pour vos encouragements et votre aide. Merci pour tout ce que vous avez fait et faites encore pour moi. Merci de m'avoir fait confiance. Je vous aime fort. Que Dieu vous garde.

A ma future nièce et à mes belles-sœurs, sur qui je peux compter en toutes circonstances. Un grand merci pour votre soutien. Je serai toujours là pour vous.

A ma grande famille en France et au Maroc : Mes grands-parents, mes tantes et oncles, cousines et cousins. Je vous exprime ici mes sincères remerciements pour votre soutien.

A toutes mes amies de la faculté, Fatima, Hanane, Sophie, Laura, Aïcha, Mariam... merci pour tous ces bons moments passés ensemble et ses années riches en rires et entraide.

Tout particulièrement à deux personnes qui me sont chères :

Asmaa, merci pour tes encouragements et ton soutien. La première année de pharmacie en ta compagnie restera inoubliable. De là est née une amitié précieuse.

Yamina, une amie, une sœur. Merci pour tes bonnes ondes et ta bonne humeur dans toutes les situations.

A l'équipe du service endocrinologie du CHU de NANCY- Brabois. Vous avez su me transmettre le goût de cette discipline. Merci pour votre accueil.

A l'équipe de la pharmacie LUX-FORTINA à Metz. Merci à chacun et chacune de m'avoir accueillie et épaulée durant mon stage officinal. Merci pour ces bons moments passés ensemble.

A l'équipe de la pharmacie ENTRAYQUES à Metz. Merci pour votre soutien pendant la rédaction de ce travail. Merci pour tous ces bons moments passés en votre compagnie.

A Dr Ndeye Coumba NDIAYE. Merci de m'avoir permis de voir plus clair en statistiques. Merci pour votre disponibilité et le temps que vous m'avez consacré.

Une pensée sincère à mes grands-parents paternels disparus. Que Dieu leur fasse miséricorde.

A toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin. Je vous en suis profondément reconnaissante.

Table des matières

LISTE DES ABREVIATIONS	15
A. INTRODUCTION	18
B. PRESENTATION ET CONTEXTE	20
1. Rappel des 3 grandes catastrophes nucléaires	25
a) Three Mile Island	25
b) Tchernobyl	25
c) Fukushima	26
2. Les risques du nucléaire	27
a) Vieillessement des centrales nucléaires	27
b) Risques naturels	28
i. Risque sismique	28
ii. Raz de marée	31
c) Aléas climatiques	32
d) Risque terroriste	32
e) Panne et incident	34
3. Rejets nucléaires	34
a) Césium	34
b) Iode	35
4. Physiologie et pathologie de la thyroïde	37
a) Présentation et fonctions	37
i. La glande thyroïde	37
ii. Les rôles de la glande thyroïde dans l'organisme	38
b) Besoins physiologiques en iode	38
c) Métabolisme de l'iode	40
d) Pathologies thyroïdiennes	40
i. Carence d'apport en iode	40
➤ L'hypothyroïdie	42
➤ L'hyperthyroïdie	42
5. Accidents nucléaires : conséquences	43
a) Conséquences environnementales	43
b) Conséquences humaines	44
	13

i.	Principales voies de contamination	44
ii.	Le syndrome d'irradiation aigüe	45
iii.	Risque de leucémie	46
iv.	Cataracte	46
v.	Mortalité	46
vi.	Conséquences thyroïdiennes	47
➤	Les retombées thyroïdiennes de l'accident de Tchernobyl	47
➤	Les retombées thyroïdiennes de l'accident de Fukushima	48
vii.	Autres conséquences	49
6.	Mesures de protection contre les accidents nucléaires (prévention / alerte)	49
a)	Organisation générale	49
b)	Alerte	49
c)	Modalités et organisation de la prophylaxie par iodure de potassium	50
7.	La centrale nucléaire de Cattenom	52
a)	Historique	52
b)	Incidents	53
C.	ENQUÊTE	56
1.	Contexte	57
2.	Enquête auprès de la population	57
a)	Matériel et méthodes	57
b)	Résultats	58
i.	Résultats par modalités	59
➤	Le degré de couverture	59
➤	Lieu de rangement des comprimés mémorisable	59
➤	Capacité à être utilisé	59
➤	Quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile	60
➤	Intérêt de la prise d'iode stable	60
➤	En cas d'incident	60
ii.	Etude du degré de couverture selon	63
➤	Distance à la centrale de Cattenom	63
➤	Présence de pathologie thyroïdienne	64
➤	Age	65
➤	Aspect social	65
iii.	Etude de l'utilisabilité des comprimés la distance à la centrale	66

iv.	Etudes d'autres modalités selon d'autres critères	68
c)	Discussions	69
i.	Degré de couverture	70
ii.	Lieu de rangement des comprimés mémorisable	70
iii.	Utilisabilité des comprimés d'iode stable	71
iv.	Quantité de comprimé de KI suffisante	72
v.	Intérêt de la prise d'iode	73
vi.	Démarches à réaliser pour se procurer les comprimés d'iode	73
vii.	Attitude à adopter en cas d'accident	73
➤	Mesures passives	73
➤	Mesures actives	74
➤	Utilité de la prophylaxie par l'iode : l'exemple polonais	76
viii.	Connaissance de la posologie	76
➤	Age de la personne la plus âgée du foyer	77
➤	Présence de mineur(s)	78
ix.	Population prioritaire	78
x.	Mode de prise des comprimés	79
xi.	Contre-indications connues	79
xii.	Effets indésirables	80
➤	Effets indésirables thyroïdiens	80
➤	Effets indésirables extra-thyroïdiens	81
xiii.	Aspect social	81
3.	Enquête auprès des pharmacies d'officine de la zone PPI	82
i.	Matériel et Méthode	83
ii.	Résultats	83
iii.	Discussions	85
D.	CONCLUSION	86
	Tables des figures	87
	Table des tableaux	88
	Annexes	89
	Bibliographie	112

LISTE DES ABREVIATIONS

AFP	Agence France Presse
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique
AJR	Apports Journaliers Recommandés
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ANSM	Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé
ASN	Autorité de Sureté Nucléaire
ASND	Autorité de Sureté Nucléaire de Défense
BVA	Bureau de veille et d'Alerte
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Energies Alternatives
CIC	Cellule Interministérielle de Crise
CICNR	Comité Interministériel aux Crises Nucléaires ou Radiologiques
CLI	Commissions locales d'information
CNPE	Centrale Nucléaire de Production d'Electricité
COD	Centre Opérationnel Départemental
COGIC	Centre Opérationnel de Gestion Interministériel des Crises
COZ	Centre Opérationnel de Zone
CSP	Catégorie socioprofessionnelle
DGEC	Direction Générale de l'Énergie et du Climat
DPR	Direction Générale de la Prévention et des Risques
EDF	Electricité de France
EPRUS	Etablissement de Préparation et de Réponse aux Urgences Sanitaires
GBq	Gigabecquerels soit 10^9 becquerels
Gy	Gray. Représente l'énergie d'un rayonnement ionisant apportant une énergie d'un joule à un milieu homogène d'une masse d'un kg
HCTISN	Haut Comité pour la Transparence et l'Information dur la Sureté Nucléaire.

INES International Nuclear Event Scale = Echelle Internationale des Evènements Nucléaires

IRSN Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire

KI Iodure de Potassium

mSv mili sievert

MW Mégawatt

NCoA-4 Nuclear Receptor Coactivator 4

OMS Organisation Mondiale de la Santé

ORSEC Organisation de la Réponse de la Sécurité Civile

ONG Organisation Non Gouvernementale

PBq Pétabecquerels soit 10^{15} Becquerels

PCA Pharmacie Centrale des Armées

PPI Plan Particulier d'Intervention

PSPG Protection Spécialisé de Protection de la Gendarmerie

RFS Règle Fondamentale de Sureté

RTE Réseau de Transport d'Electricité

SAI Syndrome d'irradiation aigüe

SGDSN Secrétariat Général de la Défense et de la Sécurité Nationale

TBq Terabecquerels soit 10^{12} Becquerels. Correspond au nombre de désintégrations radioactives par seconde au sein d'une certaine quantité de matière

TNM Classification de cancers thyroïdiens différenciés selon le stade de gravité croissante T : Tumeur N : Adénopathie M : Métastase

TRH Thyrotropin-releasing-hormone

TSH Thyréostimuline

UNSCEAR United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

A. INTRODUCTION

La première centrale nucléaire française a été conçue en 1956 dans la vallée du Rhône à Marcoule. La puissance nucléaire mondiale a augmenté rapidement entre 1960 et 1986.

A partir de 1970, nombre des centrales commandées ont été annulées suite au premier accident nucléaire qui a marqué l'histoire, celui de Three Mile Island. Depuis, deux autres sont venus s'ajouter et non des moindres. Les leçons tirées des erreurs commises ont abouti à une réflexion au sujet de la sécurité des installations et aux mesures prophylactiques à prendre en amont pour minimiser l'exposition et la contamination par les rejets de radionucléides.

Ce travail se compose de deux grandes parties. Dans la première, nous nous pencherons sur les grandes catastrophes nucléaires qui ont marqué l'histoire du nucléaire dans le monde, les risques et les rejets du nucléaire. Puis nous effectuerons un rappel sur la physiologie et les pathologies de la glande thyroïde. Pour clôturer ce grand chapitre, nous évoquerons les mesures de protection et l'organisation de l'alerte et enfin une brève présentation de la centrale de Cattenom en Moselle.

Le second chapitre traite de l'enquête menée sur le terrain accompagné de la délivrance d'informations préventives utiles.

Cette enquête permet d'étudier, au travers de questions pertinentes posées d'une part aux habitants de la zone PPI et d'autre part aux pharmaciens participant à l'opération de prévention des risques du nucléaire, de tirer des enseignements et proposer des mesures pour améliorer cette action de sensibilisation.

B. PRESENTATION ET CONTEXTE

En ne tenant pas compte des nouveaux programmes de constructions de réacteurs dans le monde, l'âge moyen des réacteurs continue à s'allonger pour atteindre au milieu de l'année 2015, 28,8 ans d'âge moyen. Plus de la moitié soit 199 réacteurs ont atteint 30 ans de fonctionnement, dont 54 ont quatre décennies à leur actif. Aux Etats-Unis, près d'un tiers des réacteurs ont été conçus il y a plus de 40 ans.(1) En France, le parc nucléaire se compose de 19 sites répartis sur le territoire national avec 58 réacteurs en fonctionnement, 12 arrêtés et 9 en démantèlement (figure 1). Elle possède 44% des réacteurs européens et produit 14% de l'électricité mondiale (2). Elle est ainsi le deuxième parc nucléaire au monde en termes de puissance avec une capacité électrique de 63,1 GW. La production nationale d'électricité a atteint 80% en 2015.(3) En comparaison avec les Etats-Unis, la France reste le pays produisant la plus grande part d'électricité d'origine nucléaire (les $\frac{3}{4}$ en 2014 selon le RTE). En effet, outre Atlantique, le nombre de réacteurs nucléaires est certes plus important mais la part de production d'électricité d'origine nucléaire n'est que de 19,5%.

Le nucléaire est une source d'énergie exposant la population à des risques d'accidents graves. Depuis le début de l'activité nucléaire, plusieurs incidents nucléaires de gravité différente ont marqué les esprits. L'échelle INES (International Nuclear Event Scale) créée en 1991 consécutivement à l'accident de Tchernobyl de 1986, permet de classer selon le niveau de gravité relative les événements nucléaires et les caractérise (Tableau I et tableau II).

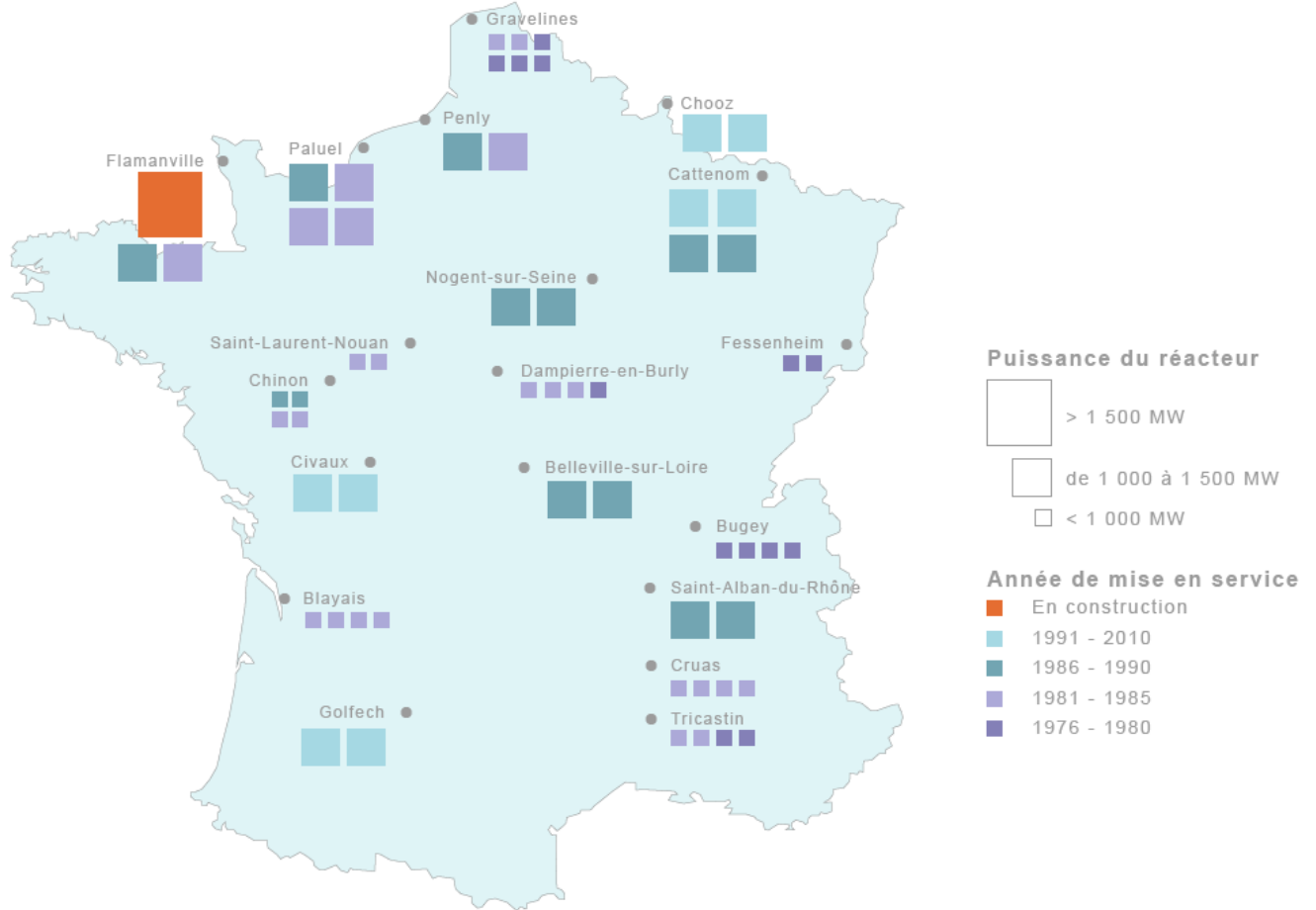


Figure 1: Répartition des réacteurs du parc nucléaire français(3)

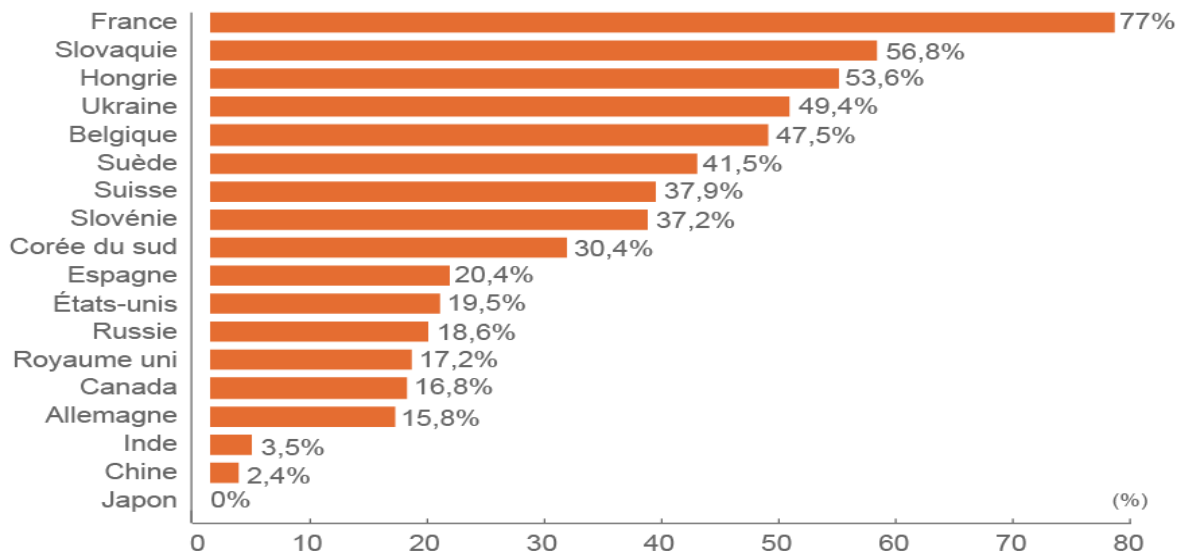


Figure 2: Part du nucléaire dans la production d'électricité en 2014(4)

Tableau I : Les niveaux de l'échelle INES et description

DESCRIPTION ET NIVEAU INES	POPULATION ET ENVIRONNEMENT	BARRIÈRES ET CONTRÔLES RADIOLOGIQUES DANS LES INSTALLATIONS	DÉFENSE EN PROFONDEUR
7 ACCIDENT MAJEUR	Rejet majeur de matières radioactives avec des effets considérables sur la santé et l'environnement exigeant la mise en œuvre des contre-mesures prévues, voire plus.		
6 ACCIDENT GRAVE	Rejet important de matières radioactives exigeant probablement la mise en œuvre des contre-mesures prévues.		
5 ACCIDENT AYANT DES CONSÉQUENCES ÉTENDUES	Rejet limité de matières radioactives exigeant probablement la mise en œuvre de certaines des contre-mesures prévues • Plusieurs décès radio-induits.	Endommagement grave du cœur du réacteur • Rejet de grandes quantités de matières radioactives dans l'installation avec une probabilité élevée d'exposition importante du public. Ceci pourrait résulter d'un accident de criticité ou d'un incendie majeur.	
4 ACCIDENT AYANT DES CONSÉQUENCES LOCALES	Rejet mineur de matières radioactives n'exigeant probablement pas la mise en œuvre de contre-mesures prévues autres que la surveillance des aliments locaux • Au moins un décès radio-induit.	Fusion ou endommagement du combustible provoquant le rejet de plus de 0,1 % de la radioactivité du cœur • Rejet de quantités importantes de matières radioactives dans l'installation avec une probabilité élevée d'exposition importante du public.	
3 INCIDENT GRAVE	Exposition dépassant dix fois la limite annuelle réglementaire pour les travailleurs • Effets sanitaires déterministes non létaux (brûlures, par exemple) radio-induits.	Débits d'exposition de plus de 1 Sv/h dans une zone de travail • Contamination grave d'une zone censée ne pas être contaminée de par sa conception, avec une faible probabilité d'exposition importante du public.	Accident évité de peu dans une centrale nucléaire avec défaillance de toutes les dispositions en matière de sûreté • Perte ou vol de sources scellées de haute activité • Erreur de livraison d'une source scellée de haute activité, sans procédures adéquates pour y faire face.
2 INCIDENT	Exposition d'un membre du public dépassant 10 mSv • Exposition d'un travailleur dépassant les limites annuelles réglementaires.	Intensité de rayonnement dans une zone de travail dépassant 50 mSv/h • Contamination importante dans une zone d'une installation censée ne pas être contaminée de par sa conception.	Défaillances importantes des dispositions en matière de sûreté, sans conséquences réelles • Découverte d'une source scellée orpheline, d'un appareil ou d'un colis de haute activité sans défaillance des dispositions en matière de sûreté • Emballage incorrect d'une source scellée de haute activité.
1 ANOMALIE			Surexposition d'un membre du public dépassant les limites annuelles réglementaires • Problèmes mineurs liés aux composants de sûreté, avec maintien d'une solide défense en profondeur • Perte ou vol d'une source, d'un appareil ou d'un colis de faible activité.
0 ÉCART	AUCUNE IMPORTANCE DU POINT DE VUE DE LA SÛRETÉ		

Tableau II : Exemple d'incidents et accidents nucléaires de différents niveaux de gravité (5)

Niveau 0 et 1 :

- Une fuite radioactive a eu lieu à l'intérieur du bâtiment d'un réacteur en maintenance à la centrale nucléaire de Flamanville le 25 octobre 2012. Cet incident a été classé au niveau 1 sur l'échelle INES. En 2007, 842 alertes de niveau zéro et 86 de niveau 1 ont été signalées en France (1).

Niveau 2 :

- Le 27 décembre 1999, lors de la tempête qui frappe la France, les parties basses des tranches 1 et 2, et dans une moindre mesure les tranches 3 et 4 de la centrale nucléaire du Blayais sont inondées, forçant l'arrêt de trois de ses quatre réacteurs (2).

Niveau 3 :

- Le 19 octobre 1989 un incendie dans la salle des turbines de la centrale nucléaire de Vandellós (Espagne), provoque indirectement une inondation et des dommages à différents systèmes, notamment la réfrigération du réacteur.

Niveau 4 :

- Le 21 janvier 1969, l'éclatement d'un tube de force provoque une impulsion de courant et le réacteur expérimental de la centrale nucléaire de Lucens en Suisse explose. Il est totalement détruit.

- Le 17 octobre 1969 un accident entraîne la fusion de cinq éléments combustibles dans le réacteur A1 de la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux en France.

- Le 13 mars 1980, un nouvel accident à Saint-Laurent-des-Eaux, conduit à la fusion de deux éléments combustibles du réacteur A2 d'une puissance de 515 MW. A la suite de phénomènes de corrosion, la plaque métallique de maintien des capteurs de pression du réacteur vient obstruer une douzaine de canaux du bloc de graphite, ce qui empêche le bon refroidissement du cœur et provoque la fusion de deux éléments combustibles. C'est l'accident nucléaire le plus grave jamais répertorié pour un réacteur en France.

Niveau 5 :

- Le 10 octobre 1957 lors d'une opération d'entretien du graphite, un incendie nucléaire se produit dans le réacteur numéro 1 de la centrale britannique de Windscale et dure plusieurs jours. Mille huit-cents téra-Becquerels (TBq) (1800 mille milliards de becquerels) d'iode 131, sont rejetés dans l'environnement (3). Le nuage radioactif parcourt ensuite l'Angleterre, porté par les vents, puis touche le continent sans que la population ne soit avertie. Toutefois, les conséquences sanitaires ne semblent pas majeures, telles que semblent l'indiquer les conclusions d'une étude de cohorte suivie pendant 50 ans portant sur 470 hommes ayant combattu cet incendie (4).

- L'accident survenu à la centrale américaine de Three Mile Island en 1979 (cf texte supra) est également de niveau 5.

Niveau 6 :

- Le 29 Septembre 1957, dans le sud de l'Oural, l'explosion d'un réservoir de déchets nucléaires liquides, libère un nuage radioactif qui contamine une région entière sur 800 km². Plus de 200 personnes décèdent, 10 000 personnes sont évacuées et 470 000 personnes sont exposées aux radiations environ 740 péta-Becquerels (PBq) (740 mille TBq) de produits de fission ont été générés, dont 10% ont été rejetés dans l'atmosphère, mais très peu d'iode 131 (3). A distance de ces rejets, il a été mis en évidence un sur-risque de décès par accident cardiovasculaire (5) ou certains cancers (os, foie, poumon, leucémies) (6) chez les personnes exposées.

Niveau 7 :

- Le 26 avril 1986, accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl.

- Le 11 mars 2011, catastrophe survenue au niveau de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi.

1. Rappel des 3 grandes catastrophes nucléaires

Plusieurs catastrophes nucléaires affectant les centrales nucléaires ont marqué les esprits.

a) Three Mile Island

La première catastrophe nucléaire date du 28 mars 1979. C'est un accident de niveau 5 survenu à la centrale nucléaire de Three Mile Island en Pennsylvanie. Le réacteur TMI-2 a été détruit du fait de plusieurs incidents consécutifs, trois mois seulement après le début de son exploitation commerciale. L'incident s'est produit suite à un dysfonctionnement mineur dans le circuit de refroidissement secondaire qui a causé une augmentation de température dans le circuit primaire. Plus d'un tiers du combustible a fondu, entraînant avec lui des matériaux de gaines et de structure formant ce que l'on appelle un « corium ». Une succession de défaillances, à la fois humaine et du système de sécurité s'est révélée être à l'origine de cet accident grave. La fusion partielle du cœur du réacteur a occasionné le rejet dans l'environnement d'une importante quantité de radioactivité, estimée à plus de 43000 Curies pour le Krypton 85 mais inférieur à 20 Curies pour l'Iode 131. Aucun effet radiologique sur la santé n'aurait été détecté selon plusieurs études menées autour de Three Mile Island.(6) Bien que d'autres études indiquent un lien possible entre la proximité à la centrale nucléaire de TMI et un effet carcinogène retardé. (7)

b) Tchernobyl

Le second accident le plus marquant de l'histoire du nucléaire fut celui de la centrale de Tchernobyl en Ukraine. Le 26 avril 1986, le réacteur numéro 4 de la centrale explose au cours d'un test de sûreté, suite à plusieurs erreurs humaines. Le fond du réacteur, où la température était proche de 2500°C a explosé à 1h23m44s. L'uranium fondant à 1130°C s'est aussitôt transformé en un magma visqueux radioactif qui a détruit le béton (le béton fond entre 1400 et 1500°C selon les impuretés et le zircon à 1850°C) et s'est mêlé aux autres éléments contenus dans l'enceinte. Une deuxième déflagration a été déclenchée quelques secondes plus tard qui souleva le bouclier de protection du réacteur de 1400 tonnes.

Les conséquences de cette catastrophe ont été internationales. Plus de 25 000 décès ont été constatés selon une estimation officieuse.(8)

Les deux explosions successives et un incendie qui a duré une dizaine de jours laissent s'échapper plusieurs tonnes de déchets radioactifs équivalents à 200 bombes d'Hiroshima. Le plus redoutable est le césium 137. 80 000 TBq ont été rejetés dans l'environnement et se déposent sur les sols d'Europe (Figure 3).

Le second élément est l'iode 131. Sa période est de 8 jours et les conséquences sur notre organisme sont certes inférieures à celles du Césium mais ne sont pas des moindres. Le dysfonctionnement de la thyroïde engendre un déséquilibre au niveau de plusieurs systèmes de l'organisme.

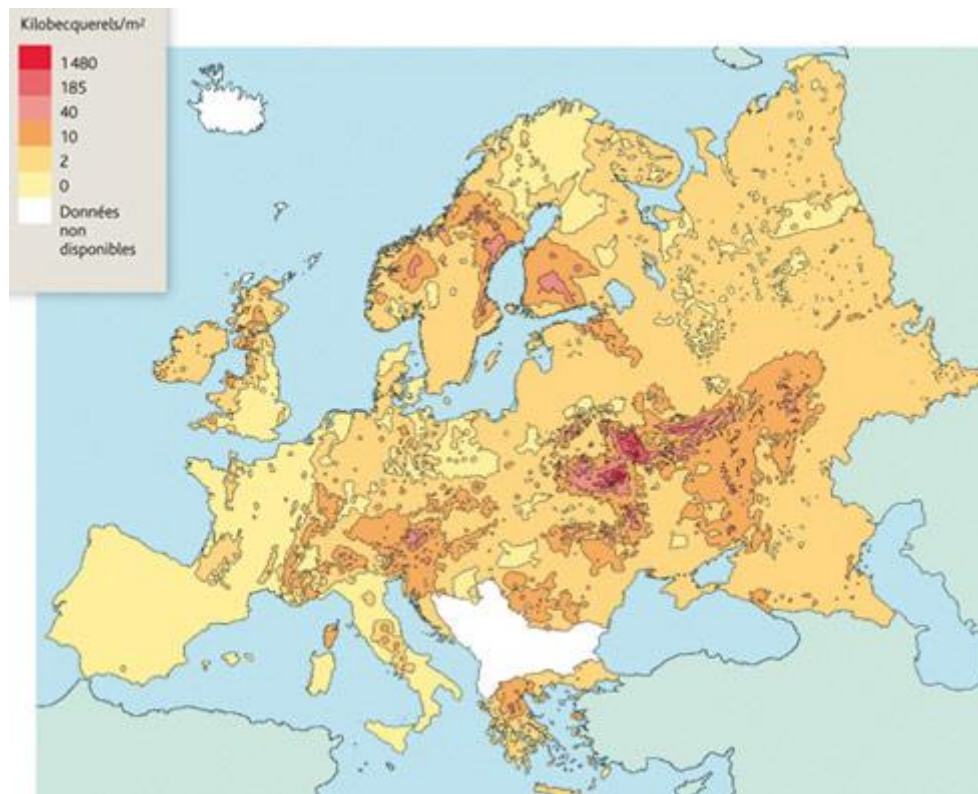


Figure 3 : Dépôts au sol de Césium en Europe après l'accident de Tchernobyl(9)

c) Fukushima

Le 11 mars 2011. La centrale de Fukushima-Daiichi au Japon.

Suite au séisme d'une magnitude de 8,9 sur l'échelle de Richter et dont l'épicentre est situé à 145km de Fukushima, l'alimentation électrique de l'installation nucléaire est détériorée. Un système de secours a été mis en place par le personnel mais une heure plus tard, un tsunami atteint la centrale qui se retrouve submergée. Très vite, les moyens de refroidissement deviennent défectueux. L'eau se vaporise et le combustible se découvre. Il atteint une température de 2 300°C. Il fond et se mélange au matériel de structure pour former un magma appelé « corium ». Ce corium s'écoule au fond de la cuve qu'il a réussi à percer avant de tomber sur l'enceinte en béton. Pour éviter l'explosion de l'enceinte, l'exploitant a relâché les vapeurs chargées en radioéléments dans l'atmosphère. Parallèlement, une formation d'Hydrogène s'effectue dans la cuve, il parvient à fuir et réagissant avec l'oxygène de l'air il explose.(10)

Selon les estimations publiées par l'Agence Japonaise de Sûreté Nucléaire, l'accident a dispersé l'équivalent de 10 % de l'accident de Tchernobyl, soit entre $1,3$ et $1,5 \times 10^{17}$ becquerels d'iode 131 (contre $1,8 \times 10^{18}$ pour Tchernobyl), et entre $6,1$ et 12×10^{15} becquerels de césium 137 (contre $8,5 \times 10^{16}$ pour Tchernobyl, ce qui en fait la catastrophe nucléaire la plus grave après l'accident de Tchernobyl. Les doses à la thyroïde des enfants japonais ont été considérablement moins importantes que celles observées après Tchernobyl, et de surcroît, 85 000 personnes ont été déplacées hors

de la zone à risque dès le premier jour de l'accident. En outre, des doses d'iode ont été distribuées à près d'un million de personnes mais très peu les ont effectivement ingérées compte tenu du faible niveau de dose à la thyroïde (< 50 mGy) et de l'évacuation géographique. (11)

L'accident est d'abord coté à un niveau 5 avant d'être relevé à un niveau 7 après quelques jours compte tenu des rejets radioactifs importants dans l'environnement.

2. Les risques du nucléaire

Ces infrastructures sont exposées à divers types risques nucléaires, à savoir les risques liés au vieillissement et à la corrosion (qui peut être rapide (12)), les risques naturels (risque sismique, raz de marée, inondations, températures extrêmes, tempêtes), les pannes et incidents (entre 500 et 1000 par an en moyenne, principalement liés à la maintenance des installations) et le risque terroriste.

a) Vieillissement des centrales nucléaires

Le vieillissement est le premier facteur de risque d'accidents nucléaires en France.

Le parc nucléaire français atteint une moyenne d'âge de 29 ans. Parmi les 58 réacteurs exploités par EDF, 48 ont atteint 25 ans de fonctionnement (figure 4). Des phénomènes de dégradation des composants électroniques, du béton, de l'acier, des câbles électriques, des générateurs de vapeur, mais surtout de la cuve du réacteur, des piscines et des enceintes de confinement sous l'effet du temps, de la corrosion, de la pression ou des rayonnements radioactifs sont observés sur des centrales âgées voire sur les moins anciennes. Lors du réexamen décennal de la sûreté des centrales effectué par l'exploitant EDF, les installations sont vérifiées. Mais certains éléments sont difficiles à surveiller (tuyauterie...) ou même impossible à remplacer (cuve, enceinte...).

Deux problèmes se posent : la dangerosité croissante des installations avec l'âge mais également le coût de la rénovation des installations destinée à prolonger leur durée de vie et conserver un niveau de sûreté acceptable. En effet, un plan d'investissement de 55 milliards d'euros est prévu par EDF. Leur souhait est non seulement d'allonger la durée de vie du parc nucléaire français au-delà de 30 ans initialement prévus lors de leur conception puis durée revue à la hausse à 40 ans mais aussi d'améliorer la sûreté suite aux leçons tirées de la catastrophe de Fukushima.

En France, les centrales les plus âgées sont celles de Fessenheim, dans le Haut-Rhin (1978), de Bugey, dans l'Ain (1979), du Tricastin (1980), où une trentaine de militants de Greenpeace se sont introduits lundi 15 juillet, de Dampierre, dans le Loiret (1980) et de Gravelines, dans le Nord (1980). (13) La législation française ne spécifie pas de limite quant à la durée d'exploitation des centrales nucléaires.

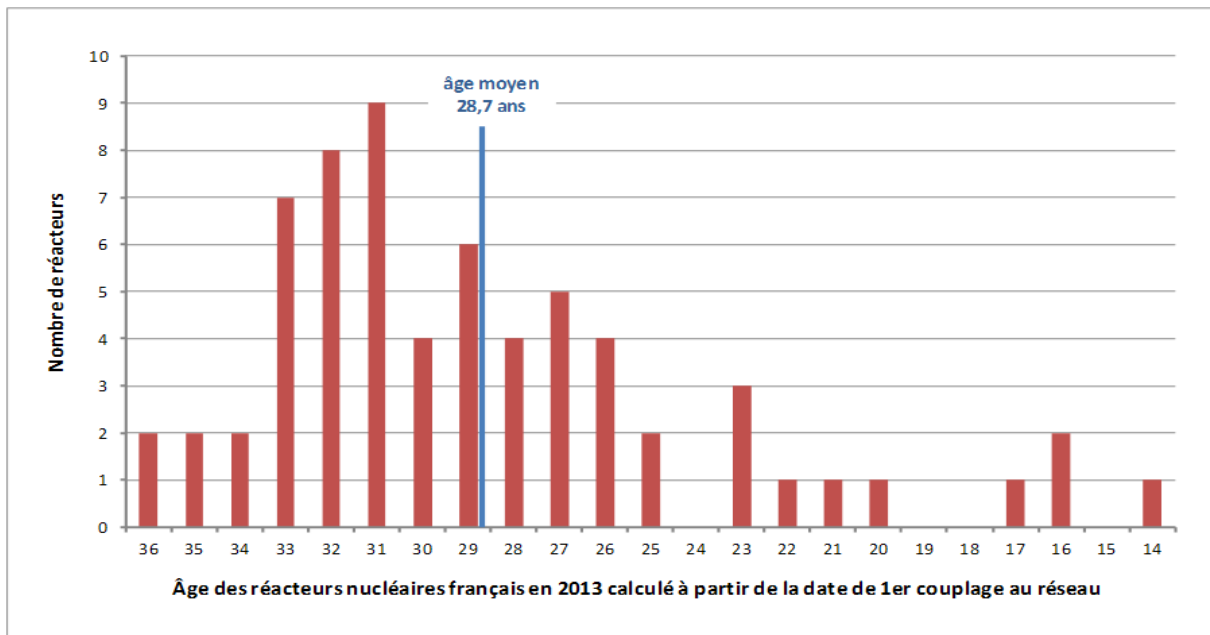


Figure 4 : Age des réacteurs nucléaires français en 2013 calculé à partir de la date du premier couplage au réseau (14)

b) Risques naturels

Les risques naturels sont de plusieurs ordres. Depuis l'accident de la centrale de Fukushima-Daiichi, les risques naturels sont envisagés avec plus d'acuité. Bien que la France ne soit pas exposée au même risque sismique que le Japon, plusieurs incidents survenus ces dernières années ont mis en évidence la fragilité des équipements techniques (pannes électriques, ...). De façon périodique en France, chacune des installations nucléaires subit un « réexamen de sûreté » afin de réévaluer la sûreté. *«On y vérifie deux aspects: la santé de l'ouvrage qui vieillit et la conformité de l'installation aux normes en vigueur »*, explique Thomas Houdré, directeur des centrales à l'ASN.

i. Risque sismique

Pour assurer la plus grande résistance au séisme des installations nucléaires, il convient d'abord de déterminer l'aléa sismique auquel est soumise l'installation puis de prendre des mesures de défense, dès la conception, afin que les **trois fonctions de sûreté** soient assurées en toute circonstance : la maîtrise de la réaction nucléaire, l'évacuation de la puissance et le confinement de la radioactivité. En France, la Règle Fondamentale de Sûreté (dite RFS 2001-01) précise la démarche pour évaluer l'aléa sismique sur les sites des installations nucléaires.(15)

La RFS 2001-01 prévoit les étapes suivantes :

1. Définir les zones géologiques où les séismes historiquement connus pourraient se reproduire à l'avenir (zones sismotectoniques) sur la base d'une synthèse des données géologiques et sismologiques

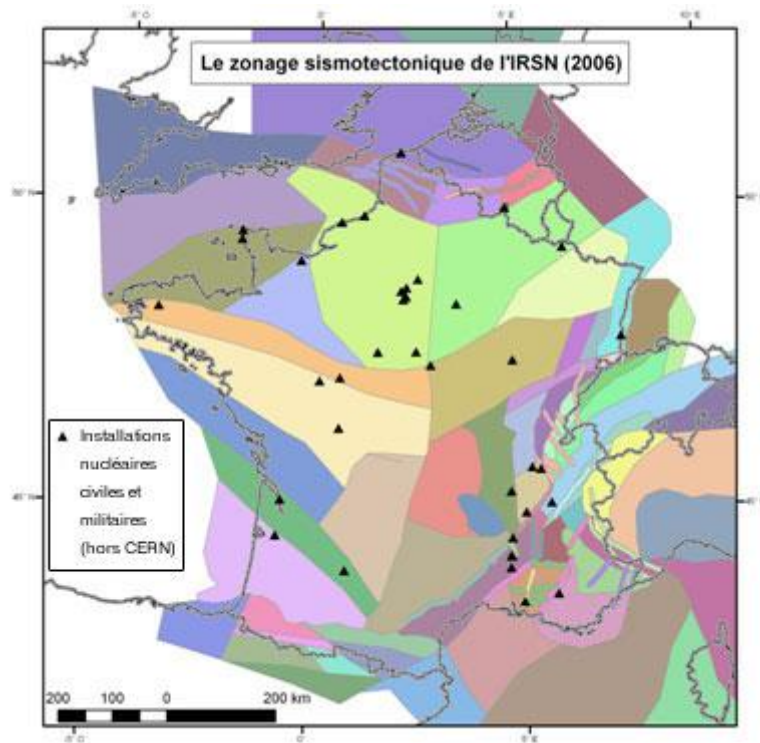


Figure 5 : Le zonage sismotectonique de la France utilisé par l'IRSN(15)

A partir des données historiques sismiques, le territoire français a été découpé en zone considérées comme homogènes d'un point de vu sismique. Cela signifie qu'à l'intérieur d'une même zone, le risque sismique est le même

2. Sélectionner les séismes qui, s'ils se reproduisaient, créeraient les effets les plus forts dans la zone du site et dans les zones adjacentes

Après le zonage sismotectonique, tradater les séismes les plus marquants de chaque zone au plus près du site. Cela reviendrait à placer le séisme sous le site concernant la zone du site et le placer à la limite des deux zones mais toujours au plus proche du site en ce qui concerne les zones adjacentes.

3. Calculer les deux paramètres principaux (magnitude et profondeur) des séismes historiques de référence, dits Séismes Maximaux Historiquement Vraisemblables (SMHV)

En prenant pour référence les séismes historiquement référencés pour la zone concernée et en émettant des hypothèses, les autorités calculent la magnitude et la profondeur estimées faute d'enregistrements instrumentaux.

5. Etudier les indices de paléoséismes

6. Calculer les mouvements du sol à prendre en compte pour le dimensionnement des installations

En tenant compte de l'évolution de l'accélération du sol en fonction du temps et ainsi estimer à quelle force seraient soumis les enceintes dans le cas où le séisme de référence venait à se produire.

7. Tenir compte des effets de sites

Les mouvements du sol pris en compte peuvent être influencés par la nature des sédiments superficiels sur laquelle portent les installations. Il est donc nécessaire de déterminer le type de sol des 30 derniers mètres sous le site afin d'estimer au mieux le risque sismique de la zone.

L'approche selon laquelle on se base sur les événements sismiques historiques est dite approche déterministe. Seuls les événements sismiques survenus dans les 10 derniers siècles sont pris en compte contrairement à l'approche probabiliste où l'on considère également les paramètres géologiques ou tectoniques. Ainsi selon le BRGM (Bureau des Recherches Géologiques et Minières), ce ne sont pas 5 000 communes qui seraient considérées comme édifiées dans des zones à risque sismique mais quatre fois plus soit 20 000. Dans d'autres pays comme le Japon ou les Etats-Unis, c'est l'approche probabiliste qui a été adoptée. En France l'approche déterministe domine en raison du faible recul que l'on aurait par rapport à ces démarches et de la difficulté d'estimer la probabilité de récurrence des séismes dans un pays peu sismique comme le nôtre, bien que la tendance soit à la comparaison des deux méthodes.

Le Guide ASN 2/01 fixe une démarche acceptable de prise en compte du risque sismique à la conception des ouvrages de génie civil des mêmes installations nucléaires de base. Il exclue les installations nucléaires relatives au stockage à long terme. Ce document, diffusé en 2006 par l'ASN en remplacement d'une RFS, est le fruit d'un long travail collectif au sein d'un groupe de travail qui a réuni des experts français dans le domaine du génie parasismique.(16)

Lors du réexamen décennal de la sûreté des installations nucléaires françaises, l'évaluation du risque sismique fait l'objet d'un examen spécifique. C'est à l'exploitant que revient la responsabilité de la tenue de l'établissement et des équipements au séisme. Il est contrôlé par l'Autorité de sûreté nucléaire après avis de l'IRSN. (17) On vérifie la conformité de l'installation aux règles applicables, et on actualise l'appréciation des risques au regard du retour d'expérience et de l'évolution

des connaissances et techniques. Ainsi, en 2011, suite à l'accident nucléaire de Fukushima, l'exploitant a procédé à un contrôle des 19 installations françaises pour redéfinir les marges de sécurité et d'éventuelles améliorations à apporter.

Après adoption des nouvelles règles d'appréciation du risque sismique en Octobre 2011 par le BRGM, que pas moins de cinq centrales françaises seraient situées dans des zones à risque sismique modéré (niveau trois sur cinq), plus précisément celles situées dans la vallée du Rhône (Bugey, Saint-Alban, Cruas et Tricastin) et celle de Fessenheim non loin de Bâle qui a déjà connu un tremblement de terre de magnitude estimée à 6,0 sur l'échelle de Richter en 1356 .(17)

ii. Raz de marée

Autre type de risques naturels, les raz de marée menacent la sûreté des installations nucléaires proches des côtes.

En vingt ans, 157 tsunamis ont été répertoriés à travers le monde avec la majorité dans le Pacifique (138), 9 en Méditerranée, 5 dans les Caraïbes et 2 dans l'océan Indien. En France, depuis 1700, 34 tsunamis ont été recensés ; 22 se sont produits en Atlantique, 4 en Méditerranée et 8 en Manche. Bien que la grande majorité des centrales françaises se trouvent loin des côtes, le risque reste présent.(18)

Après la catastrophe de Fukushima-Daiichi, une équipe de chercheurs de l'université de Huelva a étudié la question de près: combien d'installations nucléaires dans le monde sont le plus sujettes à subir les conséquences d'un tsunami? 23 centrales avec 74 réacteurs au total sont situées aux larges de côtes à risque de tsunami. Les chercheurs ont ainsi identifié 13 centrales en activité (29 réacteurs), quatre en cours d'extension (20 réacteurs et neuf en attente) et sept centrales en cours de construction (16 réacteurs). (19)(20)

En France, le projet TANDEM (Tsunamis en Atlantique et MaNche : Définition des Effets par Modélisation) vise à estimer les effets côtiers dus à des tsunamis, pour les côtes françaises, avec un intérêt particulier pour les côtes Atlantique et Manche, où les installations nucléaires civiles sont installées depuis environ 30 ans et ce, en s'appuyant sur des estimations numériques en partenariat avec un institut de recherche japonais (MRI). Le but étant de définir aussi précisément que possible le risque tsunami sur les côtes Atlantique et Manche, afin de produire des recommandations pour l'estimation du risque tsunami sur les centrales nucléaires. (20)

c) Aléas climatiques

En France, les installations nucléaires sont conçues pour résister aux risques majeurs, entre autres aux inondations et aux températures extrêmes. Le talon d'Achille du système reste le système de refroidissement.

Le grand besoin en eau des centrales pour le système de refroidissement explique leur implantation à proximité de fleuves, mer ou océan. Sur les 19 centrales nucléaires françaises, 14 sont placées le long de fleuves susceptibles d'entrer en crue et 5 au large des côtes. Lors de crues exceptionnelles, mis à part le risque d'arrêt du système d'alimentation, les débris d'arbres peuvent obstruer les grilles de filtrage. La centrale du Blayais en Gironde est à la fois exposée au risque de crue mais aussi à l'invasion marine.(21) Après l'inondation du site en décembre 1999 classé incident niveau 2 sur l'échelle INES, le dispositif de sécurité a été rehaussé. Parmi les modifications issues de ce retour d'expérience, citons la surélévation de la digue, la construction d'un muret de protection de la prise d'eau à Fessenheim, ou encore le renforcement de l'étanchéité des parois. Le principe de base est de prendre des mesures supplémentaires par rapport aux réglementations.

Depuis 1999, 3 tempêtes de grande envergure ont traversé le territoire. Des mesures physiques et de prévention d'exploitation ont été prises et pouvant aller jusqu'à l'arrêt de la centrale.

Enfin, les évolutions climatiques entraînent des agressions liées aux températures extrêmes. Nous avons, là aussi, des retours d'expérience récents : hivers rigoureux de 1984-1985 et 1986-1987, qui ont vu la Loire geler, canicules de 2003 et 2006. Les températures considérées dans les démonstrations de sûreté ont ainsi été réévaluées.(22) Les températures de l'eau et de l'air évoluent en fonction des conditions climatiques. De ce fait, un programme de modification d'équipement est en cours ; les mesures prises sont de climatiser certains locaux ou encore de remplacer tout le système de réfrigération des circuits de refroidissement. Le coût s'élèvera à 400 millions d'euros pour l'ensemble des sites.(23)

d) Risque terroriste

Ce risque, bien que théorique, est devenu bien plus sensible depuis les attentats du 11 Septembre 2001. Les centrales sont construites pour résister à une attaque directe sur les réacteurs. Elles sont gardées par des vigies privées d'EDF. Par ailleurs, depuis 2009, les sites nucléaires français sont sous la protection du peloton spécialisé de protection de la gendarmerie (PSPG) comptant chacun une quarantaine de personnels. Plusieurs intrusions dans des centrales par des activistes anti-nucléaires ont cherché à démontrer des failles dans ce système de protection. La plus récente

est celle du 18 mars 2014, lorsque 55 activistes de 18 nationalités de L'ONG Greenpeace ont réalisé un coup de force de type commando, en défonçant la première clôture d'enceinte de l'entrée sud de la centrale de Fessenheim, avant d'utiliser une échelle comme passerelle pour franchir les autres enceintes.(24) Une quinzaine de militants a réussi à escalader le réacteur n°1 et à déployer une banderole avec le slogan « *Stop risking Europe* ». La dialectique entre activistes anti-nucléaires et organismes dépendants des centrales nucléaires ne permet pas de trancher en toute objectivité entre risque théorique et risque réel. En effet, les centrales nucléaires ont été conçues pour résister à des chocs violents, tels que l'impact d'un avion de chasse. Toutefois, l'ombre du 11 Septembre 2001 peut faire craindre qu'un groupe terroriste puisse provoquer une catastrophe majeure en précipitant un avion gros porteur, au plein de kérosène, sur les structures sensibles d'une centrale qui ne résisterait pas aux conséquences de l'impact, telle que semble le faire redouter un rapport diligenté par « Greenpeace » auprès d'un organisme expert en 2012.(25) D'autre part, la riposte des forces de l'ordre est proportionnée à l'agression. Les militants d'ONG anti-nucléaires seraient bien identifiés comme tel et l'attitude du PSPG beaucoup plus retenue que face à un réel commando anti-terroriste. Les militants n'ont d'ailleurs jamais pu rentrer dans les espaces sensibles des centrales visées, ce qui permettra de ne pas remettre en cause la sûreté des centrales d'après Mr Rosso, Directeur de la centrale de Fessenheim. (24) Les 55 personnes mises en garde à vue par le parquet de Colmar après l'intrusion de la centrale de Fessenheim encourent 5 ans de prison et 75 000euros d'amende.

Depuis les attentats de janvier 2015, les centrales nucléaires françaises sont sous la plus haute surveillance. Les attentats du 13 novembre n'ont pas changé au degré de vigilance extrême déjà appliqué.

Un périmètre de sécurité aérien serait mis en place. Le survol par un quelconque appareil est formellement interdit dans un périmètre de cinq mille mètres autour d'une installation nucléaire et ce, jusqu'à mille mètres d'altitude. Dans le cas où l'espace aérien interdit est atteint, des avions de chasse et des batteries de missiles peuvent être déployés. Fin 2014, une trentaine de vols de drones non identifiés ont été recensés au total autour de multiples centrales. Le risque ne serait pas d'ordre matériel, en revanche il pourrait filmer la zone et identifier les dispositifs de sécurité mis en place. Un expert britannique a été mandaté par L'ONG « Greenpeace » afin de se pencher sur la question de la vulnérabilité des centrales face aux éventuelles attaques commises par des objets volants. « La barrière ultime de défense, qui consiste à intercepter et à détruire les drones aériens, n'est actuellement tout simplement pas opérante. » selon lui.(26)

e) Panne et incident

Il existe entre 500 et 1000 pannes et incidents au sein des centrales nucléaires électriques en France. Leur intensité est cotée selon l'échelle INES (cf supra tableau I). Plus de la moitié des quelques 700 événements significatifs pour la sûreté déclarés à l'ASN par l'exploitant des centrales nucléaires en 2013 étaient liés à la maintenance des installations.(27)

3. Rejets nucléaires

Lors d'un accident nucléaire, les rejets observés sont de deux ordres :

-dans l'atmosphère : les rejets de matières radioactives sous forme de gaz, combustible finement fragmenté ou de particules extrêmement fines appelées aérosols dont la majeure partie retombe à la surface du sol et forme des dépôts radioactifs persistants.

-dans les eaux : les rejets se retrouvent dans le milieu marin de manière directe sous forme liquide ou indirecte du fait des retombées des particules radioactives précédemment dispersés dans l'atmosphère.

A Tchernobyl comme à Fukushima, les rejets ont été nombreux et persistants pendant plusieurs jours. A Tchernobyl, le combustible étant à l'air libre, les rejets ont été continus durant une dizaine de jours. Il y a eu des émissions massives et des retombées massives. A Fukushima, les rejets ont été discontinus avec une quinzaine d'épisodes enregistrés sur 12 à 13 jours. L'accident de Fukushima-Daiichi a dispersé l'équivalent de 10 % de l'accident de Tchernobyl soit près de $1,5 \times 10^{17}$ becquerels d'iode 131 (contre $1,8 \times 10^{18}$ pour Tchernobyl), et entre $6,1$ et 12×10^{15} becquerels de césium 137 (contre $8,5 \times 10^{16}$ pour Tchernobyl). (28)(29) Les principales émissions ont été résumées dans la figure 6.

Les deux principaux radionucléides à l'origine de l'exposition de la population autour sont l'Iode 131 et le Césium 137.

a) Césium

Le Césium a une durée de vie moyenne et compte 30,15 ans de demi-vie. Chez l'Homme, il se fixe les tissus vivants tel que le muscle et met plus de 100 jours à s'éliminer de l'organisme.(30) Lorsqu'un accident nucléaire survient, il constitue la principale source de contamination sur le long terme.

b) Iode

D'autre part, le rejet d'iode 131 est l'un des principaux et des premiers rejets de radionucléides consécutifs à la fusion de combustible. Il est le produit de réactions de fissions de noyaux lourds tel que l'uranium. Parmi les isotopes émis lors d'un accident de réacteur nucléaire, l'iode peut se trouver sous deux formes principales. Tout d'abord l'iode 131, émetteur complexe, mixte bêta (6 émissions) et gamma (19 émissions). Sa période 131 est de 8,02 jours. (31) C'est un produit de fission des réacteurs nucléaires où il représente près de 3% des produits de fission de l'uranium. A côté de l'Iode 131, l'Iode 132 a un période très courte de 2,3 heures. Toutefois, L'iode 132 est le produit de la désintégration d'un autre isotope, le Tellure 132 dont la période est de 3,26 jours. Ainsi, durant la première semaine qui suit un accident tel que celui de Tchernobyl, la contamination radioactive de l'air se fait essentiellement sous forme d'Iode 131 et de Tellure 132/Iode 132. Le rapport UNSCEAR 2000 (28) estime les rejets cumulés d'iodes radioactifs faisant suite à l'accident de Tchernobyl à environ 4000PBq. Nous avons résumé, dans les tableaux

Tableau III : Principaux isotopes rejetés dans l'air lors de l'accident de Tchernobyl (32)

Principaux isotopes rejetés dans l'air lors de l'accident de Tchernobyl		
isotope	1/2 vie	Activité en PBq (10^{15} Bq)
^{85}Kr	10,75 ans	33
^{133}Xe	5,25 j	6500
^3H	12,3 ans	1,4
$^{129\text{m}}\text{Te}$	33,6 j	240
^{132}Te	3,2 j	~1150
^{129}I	$15,7 \times 10^6$ ans	~ $4,5 \times 10^{-5}$
^{131}I	8,02 j	~1760

¹³² I	2,3 h	1 040
¹³³ I	20,8 h	910
¹³⁴ I	< 1 h	25
¹³⁵ I	< 7 h	250
¹³⁴ Cs	2,07 ans	~47
¹³⁶ Cs	13 j	36
¹³⁷ Cs	30,2 ans	85
⁸⁹ Sr	50,5 j	~115
⁹⁰ Sr	28,8 ans	~10
¹⁰³ Ru	39,3 j	> 168
¹⁰⁶ Ru	373 j	> 73
¹⁴⁰ Ba	12,8 j	240
⁹⁵ Zr	64 j	84
⁹⁹ Mo	66 h	> 72
¹²⁵ Sb	2,7 ans	0,23
¹⁴¹ Ce	32,5 j	84
¹⁴⁴ Ce	285 j	~50
¹⁵⁴ Eu	8,5 ans	0.13
²³⁹ Np	2,36 j	400
²³⁸ Pu	86,4 ans	0,015
²³⁹ Pu	24 100 ans	0,013
²⁴⁰ Pu	6560 ans	0,018
²⁴¹ Pu	14,3 ans	~2,6
²⁴² Pu	373 000 ans	4 x 10 ⁻⁵
²⁴¹ Am	432,2 ans	0,0024
²⁴² Cm	160 j	~0,4
²⁴⁴ Cm	18,1 ans	0,0027

Tableau IV : Principaux isotopes rejetés dans l'environnement lors de la catastrophe de Fukushima (33)

Principaux isotopes rejetés dans l'air lors de l'accident de Fukushima		
isotope	1/2 vie	Pic énergétique gamma moyen en kev
¹⁴⁰ Ba	12,8 j	537,3
¹⁴⁰ La	1,68 j	1569,2
^{110m} Ag	250 j	657,8
⁹⁵ Nb	35 j	765,8
⁹⁹ Mo	66 h	140,5
¹⁰³ Ru	39 j	497,1
⁸⁶ Rb	18,6 j	1076,8
¹²⁵ Sb	2,7 ans	427,9
¹¹³ Sn	115 j	391,7
¹²⁷ Te	9,3 h	417,9
¹²⁹ Te	69,6 mois	459,6
^{129m} Te	33,6 j	695,9
¹³² Te	3,2 j	228,1
¹³¹ I	8,02 j	364,5
¹³² I	2,3 h	667,7
¹³⁴ Cs	2,07 ans	604,7
¹³⁶ Cs	13 j	828,6
¹³⁷ Cs	30,2 ans	661,6
¹³³ Xe	5,25 j	81

4. Physiologie et pathologie de la thyroïde

a) Présentation et fonctions

i. La glande thyroïde

La thyroïde est une glande endocrine située dans la région cervicale médiane basse, formée de deux lobes reliés par un isthme, pesant entre 15 et 30 g. Les lobes en forme d'ailes épaisses, encerclent partiellement la trachée. Elle est en contact avec des éléments essentiels : la trachée, l'œsophage en postérieur, les quatre glandes parathyroïdes placées sur sa face postérieure. La thyroïde est normalement de petite taille mesurant environ 4 cm en largeur et 3cm en hauteur (figure 6).

Elle est organisée en follicules d'un diamètre moyen de l'ordre de 200 micromètres (50 à 500). Les follicules sont formés par un épithélium simple de cellules folliculaires (thyrocytes) délimitant une cavité - l'espace folliculaire - contenant la substance colloïde. Les thyrocytes, responsables de la synthèse des hormones thyroïdiennes (T3 et T4), représentent plus de 99 % des cellules de la glande. Les hormones thyroïdiennes sont des polypeptides iodés qui ciblent l'activité de presque tous les tissus et contrôlent la synthèse des protéines et le métabolisme énergétique. Leur synthèse dépend de l'apport exogène en iode. L'iode

est un oligo-élément relativement rare, dont les réserves sont faibles dans l'organisme (10 à 20 mg dans la thyroïde).(34)

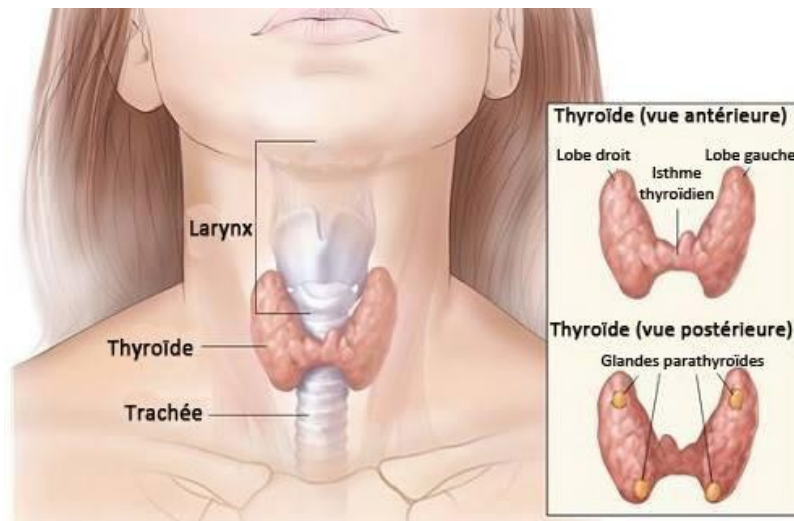


Figure 6 : Représentation de la vue antérieure de la glande thyroïde (35)

ii. Les rôles de la glande thyroïde dans l'organisme

La glande thyroïde a un véritable rôle de chef d'orchestre de l'organisme.

De façon générale, elle concourt à la production d'énergie, de chaleur ou encore à l'utilisation des éléments issus de l'alimentation : sucres, graisses, protéines. Les hormones agissent sur les muscles, le cœur, le tube digestif, les cheveux, etc. Chez l'enfant, elles participent à la croissance et au développement du corps par leur action sur le système nerveux et le squelette. A l'âge adulte, elles contribuent au fonctionnement du système nerveux et à l'entretien des os.

Lorsque le système dysfonctionne, ces fonctions sont perturbées et se manifestent par des symptômes typiques de l'hyperthyroïdie ou de l'hypothyroïdie.

b) Besoins physiologiques en iode

Les besoins en iode sont variables selon l'âge, le sexe, les situations physiologique et géographique. L'apport en iode est particulièrement déterminant chez la femme enceinte et pour son enfant à naître, ainsi qu'en période d'allaitement. D'après l'étude INCA2 (Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires), les apports moyens en iode se situent à 126 $\mu\text{g}/\text{j}$ chez les adultes et 106 $\mu\text{g}/\text{j}$ chez les enfants. (36)

L'organisme possède une faible réserve en iode de 10 à 20 mg, pour faire face à une éventuelle carence. La moitié est dans la thyroïde et l'autre partie distribuée entre les glandes salivaires, la muqueuse gastrique et les glandes mammaires en période de lactation. Une alimentation normale suffit généralement à couvrir les besoins de notre organisme en Iode. Le lait et les produits laitiers sont les aliments qui contribuent le plus à l'apport total en iode de la population en raison de leur consommation élevée (26% chez les adultes et 34% chez les enfants). Les poissons et crustacés contribuent également de façon importante aux apports en iode : 13,3% des apports pour les adultes et 9,8% des apports pour les enfants. (37)

Tableau V : Tableau récapitulatif des AJR en iode selon l'âge et l'état physiologique (37)

Age	AJR en iode en microgrammes
Nourrissons 0 à 1 an	40 à 50
Enfants 1 à 3 ans	80
Enfants 4 à 6 ans	90
Adolescents de 7 à 9 ans	120
Enfants plus de 10 ans et Adultes	150
Femmes enceintes	200
Femmes allaitantes	200
Sportifs	300

Les AJR représentent la quantité d'iode à consommer chaque jour, tout aliment confondu.

En France, la fraction de l'ingestat sodé journalier représenté par le sel de cuisine et de table a diminué de 55 % en 1950 à 15 % en 2000 alors que, au contraire, durant la même période, la fraction de sel ingéré par jour provenant des industries alimentaires est passée de 25 % à 65%. C'est pourquoi le sel est utilisé comme vecteur d'apport d'iode (1860 µg/100g soit 1000 fois plus dosé en iode que le sel non iodé). La définition du sel alimentaire relève de l'arrêté du 28 juin 1912, les modalités de l'enrichissement en iode ont été précisées aux industriels par l'arrêté du 28 février 1952.(38) Cet enrichissement du sel de table est une mesure de santé publique recommandée par l'OMS car essentiel pour un développement sain du cerveau du fœtus et du jeune enfant et pour optimiser les fonctions mentales en général. Les aliments les plus riches en iode sont **principalement les produits d'origine marine** : poissons, crustacés, mollusques qui en contiennent jusqu'à 400 µg/100 g. Les algues sont également riches en iode mais sont peu consommées en Europe. Les œufs, **produits laitiers et céréaliers** contiennent également de l'iode. (37)

Information : Pour connaître la teneur en iode des aliments, consulter la liste complète avec la teneur par constituant pour 100g d'aliments comestibles sur le site de l'anses (**Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail**) : <https://pro.anses.fr/TableCIQUAL/index.htm>

c) Métabolisme de l'iode

Une fois ingéré, l'iode des aliments est absorbé au niveau du tube digestif sous forme d'iodure. Dans le flux sanguin, il diffuse rapidement dans le secteur extra-cellulaire, ce qui constitue le pool d'iodure extra-cellulaire et suit deux voies principales: le captage par la glande thyroïde et la fabrication des hormones thyroïdiennes d'une part ou l'excrétion urinaire d'autre part.

La glande thyroïde, activée par la thyroïdostimuline ou TSH (hormone sécrétée par l'hypophyse), métabolise les iodures pour produire les hormones thyroïdiennes. Cette hormone est elle-même libérée après stimulation par la TRH (thyrotropin-releasing-hormone) sécrétée par l'hypothalamus, est soumise à un rétrocontrôle négatif par les hormones thyroïdiennes. La thyroglobuline est une protéine synthétisée par la glande thyroïde à partir d'un acide aminé, la tyrosine.(39). L'endocytose des précurseurs de la colloïde mise en réserve et sa dégradation aboutit à la libération des hormones dans la circulation sanguine sous forme de T3, véritable hormone active (20%) et T4 (80%). La thyroglobuline iodée constitue la forme de réserve des hormones thyroïdiennes correspondant à 60 jours.(39)

Après action des hormones, l'iode est libéré dans le secteur extra-cellulaire. Deux possibilités s'offrent à lui :

-élimination par voie urinaire principalement. Son dosage appelé iodurie sert de reflet de l'apport iodé mais ne donne en aucun cas d'informations sur le fonctionnement de la thyroïde. La carence est définie par une iodurie moyenne < 100µg/l.

-recyclage pour servir de nouveau à la synthèse d'hormones thyroïdiennes.

d) Pathologies thyroïdiennes

Les pathologies liées à l'iode peuvent globalement se subdiviser en deux catégories. Elles sont dues à :

-une carence d'apport en iode à la thyroïde par manque d'apport

-un excès d'apport principalement iatrogène

Cela se traduit cliniquement par des symptômes représentatifs de pathologies thyroïdiennes.

i. Carence d'apport en iode

Elle a pour conséquence une insuffisance en hormones thyroïdiennes circulantes.

Les zones géographiques les plus touchées par les carences d'apport sont les régions montagneuses ou les hauts plateaux. En France, L'étude SUVIMAX a montré

l'existence d'une carence évidente dans l'ensemble des régions. Il existe une disparité inter-région par rapport au statut en iode et aucune d'entre elles n'est épargnée avec un certain gradient Ouest-Est. La palme du déficit incombait à la région Rhône-Alpes avec une iodurie aux alentours de 74-75 $\mu\text{g}/\text{l}$.(40) (figure 7)

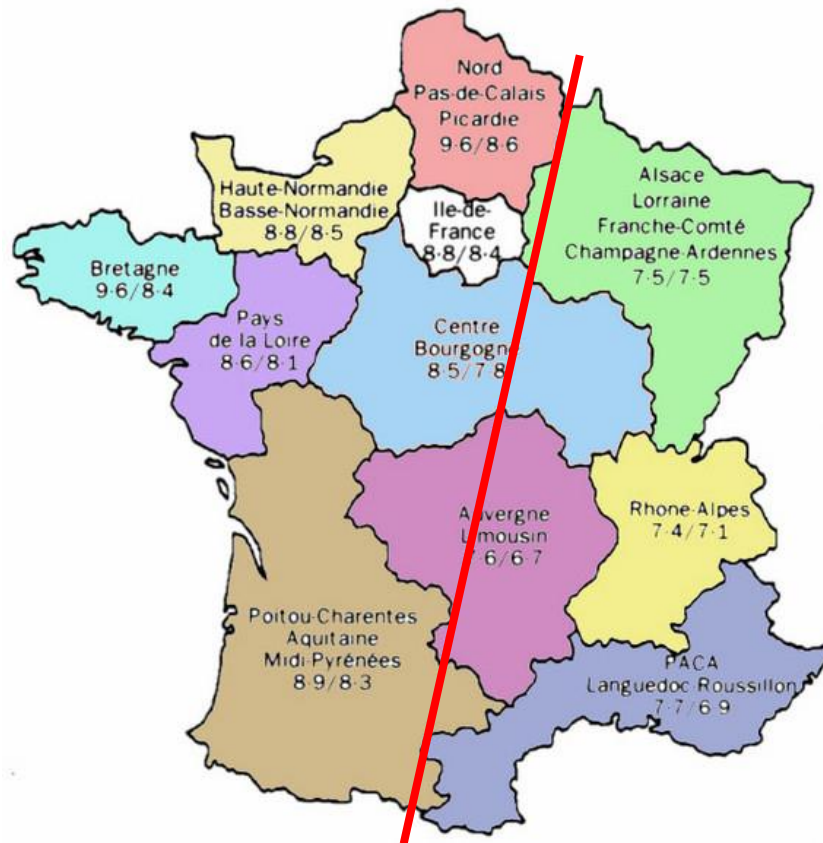


Figure 7 : Carte des dosages d'iode dans les urines chez les adultes par région en France(41)

Chez 12 735 adultes, l'iodurie moyenne était de 85 $\mu\text{g}/\text{l}$ chez les hommes et 82 $\mu\text{g}/\text{l}$ chez les femmes. Les hommes seraient moins touchés que les femmes.

Les conséquences des déficiences iodées seront différentes selon leur intensité. Les pays Européens sont touchés par un déficit modéré (Iodurie comprise entre 50 et 100 $\mu\text{g}/\text{l}$). Cela se traduit chez l'enfant par des conséquences, notamment neurologiques, par exemple un allongement de la latence de la réponse motrice à des stimuli visuels.

La carence iodée intense définie par une iodurie inférieure à 50 $\mu\text{g}/\text{l}$ implique un ensemble de désordres : goitres, hypothyroïdie, retard mental ou crétinisme endémique, hypofertilité et une augmentation de la mortalité péri-natale et infantile.(42)

➤ L'hypothyroïdie

Physiopathologie

Ensemble des manifestations liées à l'insuffisance, l'imperfection ou la non utilisation de la sécrétion thyroïdienne. Ce sont les femmes qui sont les plus touchées.

Signes cliniques

- signes fonctionnels nombreux mais pas spécifiques (frilosité, constipation, chute de cheveux, ongles cassants, hypoacousie),
- asthénie globale, ralentissement psychique
- syndrome cutanéomuqueux : pâleur, infiltration diffuse correspondant au myxoedème, pilosité réduite,
- cardiomégalie et bradycardie sinusale,
- complications cardio-vasculaires : péricardite et insuffisance coronarienne.(43)

➤ L'hyperthyroïdie

Physiopathologie

Une augmentation de concentration plasmatique en hormones thyroïdiennes augmente l'imprégnation des tissus cibles et leur hypermétabolisme avec une augmentation de la consommation en dioxygène ce qui explique les pathologies cardiaques qui en découlent.

Les hyperthyroïdies sont diverses. On distingue :

✓ La maladie de Basedow

Hyperthyroïdie auto-immune avec production d'anticorps thyroïdiens. Comme leur nom l'indique, ils seront responsables de la sur-stimulation de la glande thyroïde qui produit en réponse un excès d'hormones thyroïdiennes. C'est de loin l'hyperthyroïdie la plus fréquente.

Signes cliniques

- amaigrissement rapide avec conservation de l'appétit,
- tachycardie constante et aggravée par l'effort (rythme sinusal parfois associé à une dyspnée d'effort),
- goitre diffus et homogène, plus ou moins volumineux, de caractère battant, frémissant à la palpation avec un souffle systolo-diastolique à l'auscultation,
- l'exophtalmie, présente dans 1/3 des cas, est asymétrique et donne au patient un regard "tragique"

- autres symptômes : irritabilité, instabilité, thermophobie, soif, moiteur cutanée, diarrhée motrice.

✓ Adénome toxique

Thyréotoxicose sans signes oculaires associés liée à un nodule thyroïdien en hyperfonctionnement autonome. Il représente 20% des hyperthyroïdies.

✓ Goitres secondairement toxiques

Il existe deux formes difficilement identifiables par l'hétérogénéité des formes de goitres anciens: goitre basedowifié, goitre multi-hétéro-nodulaire toxique (plusieurs nodules froids avec plusieurs adénomes toxiques).

✓ Hyperthyroïdies secondaires

Elles représentent 5 % des cas étiologiques : (43) (44)

- hyperthyroïdie secondaire due aux produits de contraste iodés radiologiques,
- iatrogène comme l'amiodarone. Un comprimé de 200g contient 75g d'iode soit plus de 90 fois la dose moyenne ingérée en France.
- thyroïdite silencieuse,
- thyrotoxicose factice (absorption cachée d'hormones thyroïdiennes),
- rares : une môle hydatiforme, une tumeur trophoblastique, un carcinome thyroïdien.

Seules les deux premières de ces entités sont induites par l'iode.

5. Accidents nucléaires : conséquences

a) Conséquences environnementales

La contamination la plus rapide et évidente est celle de l'air. La dispersion atmosphérique des rejets nucléaires s'effectue au gré du trajet des masses d'air et est plus importante à proximité immédiate du lieu de l'accident puis diminue en s'éloignant du point d'émission.

Bien que difficile à évaluer de manière exacte car l'on ne dispose pas toujours d'un « repère avant-catastrophe », un accident nucléaire n'est pas dénué d'impact sur l'environnement (animaux, végétation). La terre et les végétaux restent très longtemps contaminés. Prenons l'exemple de Tchernobyl pour lequel nous avons maintenant suffisamment de recul. L'émission de radionucléides et les retombées nucléaires sous forme de dépôts secs ou humides se sont faites de manière brutale et en continu pendant une dizaine de jours. (27)

La contamination concerne majoritairement les végétaux à feuilles et les animaux.

De plus la période pendant laquelle s'est déroulée la catastrophe de Tchernobyl ainsi que les conditions météorologiques sont à prendre en compte ; au mois d'avril, les végétaux étaient déjà bien développés et ont donc capté énormément de radioactivité d'où la contamination en masse des denrées alimentaires. Les animaux étant en pâture, ils ont ingérés ces végétaux contaminés. Leurs produits (lait, viande) étaient donc manifestement également touchés par la radioactivité.(28)

b) Conséquences humaines

i. Principales voies de contamination

Trois populations sont touchées : les travailleurs, les populations à proximité du lieu de l'accident qui ont été évacuées et celles plus lointaines mais non évacuées bien que touchées.

Les principales voies de contamination sont de deux sortes. Irradiation externe, ou irradiation interne. (Figure 8)

L'irradiation interne due au panache par inhalation des aérosols radioactifs présents dans l'air ambiant au niveau du sol ou la contamination par ingestion d'aliments contaminés qui sera plus tardive. La contamination transcutanée est plus anecdotique. Les radionucléides inhalés se trouvent distribués dans les différentes parties du corps par la circulation sanguine après avoir traversé la barrière pulmonaire. Certains radionucléides sont spécifiquement accumulés dans certains organes ; c'est le cas des iodes radioactifs qui tout comme l'iode froid se concentrent particulièrement dans la thyroïde. Les radionucléides incorporés irradient les tissus et organes où ils se trouvent, pendant toute la durée de leur présence dans le corps, même après la fin de l'exposition à l'air contaminé. Selon leur demi-vie et la vitesse d'élimination par les voies naturelles, les éléments radioactifs persistent plus ou moins dans le corps et par conséquent l'irradiation émise sera proportionnelle.(45)

C'est l'émission majoritaire bêta moins qui est responsable de la dose délivrée à la thyroïde. Pour chaque rayon bêta moins absorbé par le tissu thyroïdien, quatre-vingt-dix pour cent de la dose seront délivrés dans un rayon de 815 μm , ce qui correspond à peu près à l'irradiation de deux à quatre vésicules thyroïdiennes. L'irradiation détermine les effets radiobiologiques déterministes soumis à un seuil, et stochastiques, très difficile à évaluer car en grande partie théorique, proportionnels à la dose.(46) A l'échelon tissulaire, cette irradiation particulière opérant à très bas débit de dose, induit une destruction très hétérogène, immédiate ou différée des thyrocytes. L'exposition à 1 Gy génère 1000 coupures simple-brin et 40 coupures double-brin de l'ADN, ce qui n'est pas réparable pour la cellule et létal pour elle. Si la

dose est plus faible, les mécanismes de réparation de l'ADN peuvent entrer en jeu avec une efficacité variable allant de la *restitutio ad integrum* à des réparations infidèles.

L'irradiation externe quant à elle se fait par l'intermédiaire des radionucléides (sous forme d'aérosols ou de gaz) présents dans l'environnement émetteurs de rayonnement gamma.

Lorsque l'irradiation est prolongée, l'accumulation de radiations dans les cellules expose à un risque accru de cancer. (Cf infra)

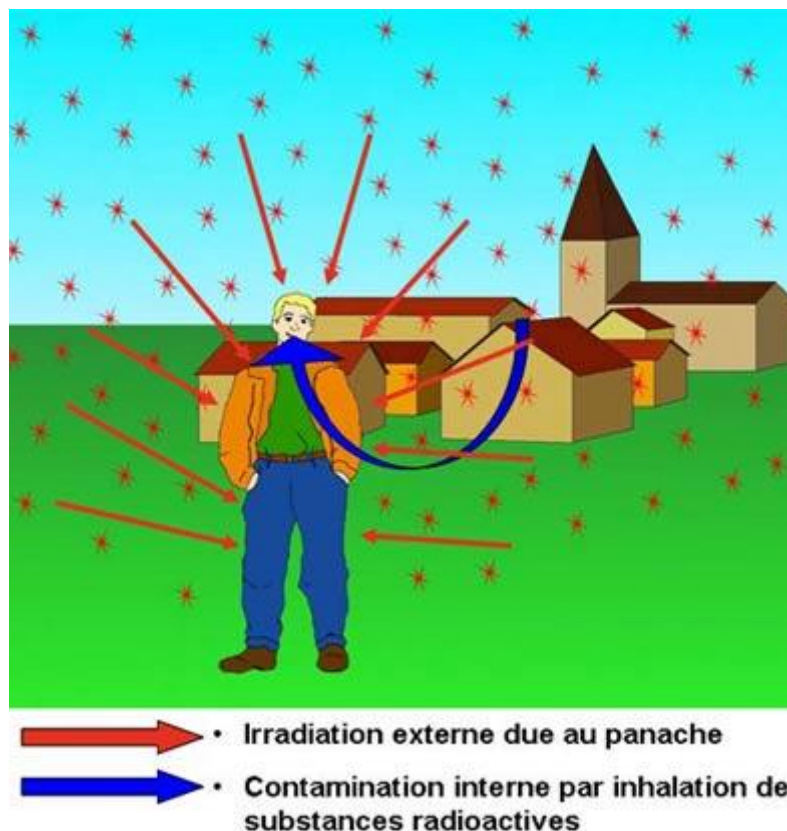


Figure 8 : Principales voies d'exposition de la contamination de l'air(45)

ii. Le syndrome d'irradiation aigüe

On parlait de maladie des rayons. Il fait suite à une exposition intense aux rayonnements ionisants. Les symptômes le caractérisant sont nausée, vomissement, diarrhée, fièvre, céphalée, érythème. Le premier indicateur de sévérité du syndrome est la dose absorbée totale, délai d'apparition, l'intensité et la durée de ces symptômes. Il apparaît après irradiation totale du corps. La zone la plus sensible à la radioactivité est la moelle osseuse et le système gastro-intestinal.

Les signes et les symptômes du SAI apparaissent en trois phases successives :

Un syndrome initial se développant pendant les premières 24 heures, une phase de latence qui est d'autant plus courte que la dose est élevée, une phase d'état, avec des manifestations cliniques et biologiques, qui peut aboutir au décès. Des séquelles peuvent se développer ultérieurement à moyen ou à long terme.

Environ cinquante décès sont recensés depuis 1986, chez ceux ayant reçu une irradiation aiguë lors de l'accident Tchernobyl, avec des doses au corps entier allant de 2 à 20 Gy¹, soit plus de 1000 fois l'exposition moyenne annuelle en France. (47)

iii. **Risque de leucémie**

Ce point concerne essentiellement les agents de décontamination ou « liquidateurs ». Ce sont les personnes civiles ou militaires qui sont intervenues dans la zone d'exclusion de 30km autour du point d'explosion et ont effectué des travaux auprès du réacteur, participé à la décontamination du site de Tchernobyl et à la construction du sarcophage au cours de la période de 1986-87. Des études montrent un doublement de l'incidence des leucémies chez ses personnes. Mais pas seulement chez les liquidateurs, une étude met en évidence ce risque professionnel bel et bien présent chez les travailleurs du nucléaire. Il a été prouvé qu'il y avait une corrélation étroite entre exposition prolongée aux radiations à faible dose et apparition de leucémie. (48)(49)

iv. **Cataracte**

Les résultats les plus récents indiquent une augmentation de fréquence des cataractes, pour des doses à partir de 250 mGy (dose au niveau des yeux), c'est à dire pour des doses plus basses que celles connues par les observations antérieures.

v. **Mortalité**

Le nombre estimé de morts dans les catastrophes de Tchernobyl et de Fukushima est respectivement de 25 000 et de 20 000.(50)

¹ Le Gray (Gy) s'emploie pour mesurer une exposition aiguë avec un effet spécifique et certain sur la santé

vi. Conséquences thyroïdiennes

Des effets biologiques ont été observés. L'exposition à l'iode radioactif dans les jours qui ont suivi l'accident a entraîné une augmentation très importante du nombre de cancers de la thyroïde chez les jeunes enfants et dans une moindre mesure chez les adolescents exposés des territoires contaminés. Les enfants sont particulièrement exposés. Pour une exposition à une même dose, la dose estimée à la thyroïde est 8 à 9 fois celle de l'adulte. Toutefois, du fait d'une plus grande consommation de lait la dose estimée à la thyroïde de l'enfant peut devenir 20 fois supérieure à celle de l'adulte si le lait est contaminé.(51) Les doses reçues à la thyroïde sont élevées (de 30 à 300 mGy en moyenne, avec un maximum à 50 Gy). Plus de 2000 cancers de la thyroïde (jusqu'à 4000 selon les sources), dont neuf ont entraîné le décès, ont été enregistrés entre 1992 et 2000 en Belarus, Ukraine et Russie, imputables à Tchernobyl de manière quasiment certaine. En 2005, aucune augmentation des cancers de la thyroïde n'a été décelée chez les adultes exposés.

➤ Les retombées thyroïdiennes de l'accident de Tchernobyl

Plus de 6 millions de personnes exposées n'ont pas été évacuées après l'accident de Tchernobyl.(51) Les retombées d'Iode 131 secondaires à l'accident de Tchernobyl ont contaminées essentiellement le Nord de l'Ukraine, le sud de la Biélorussie et les régions de Bryansk et Kaluga en Russie. Environ 2 millions d'enfants et d'adolescents ont été exposés aux retombées des isotopes radioactifs de l'iode. L'iode radioactif dispersé par l'accident de Tchernobyl a entraîné une contamination de l'environnement et des aliments maximum fin avril 1986, décroissant jusqu'en juillet 1986, fin de la période de contamination par l'iode.

Du fait d'un retard voire de l'absence de mesures protectrices, environ 7000 cancers de la thyroïde sont survenus chez des sujets âgés de moins de 18 ans en 1986 et qui vivaient dans des zones fortement contaminées. (52) La carence iodée, qui touchait une partie de la population exposée, a été un facteur aggravant du risque de cancer thyroïdien. Pendant les premières années suivant l'accident, la survenue d'une véritable épidémie de cancer thyroïdien chez les enfants exposés a permis de rattacher sans équivoque ces néoplasmes à l'évènement nucléaire.(53) En effet, chez l'enfant, l'incidence du cancer de la thyroïde spontané est très faible (1cas sur 1 million). Après la catastrophe de Tchernobyl, elle a été multipliée par 10 à 80 selon les régions et l'éloignement au site. De plus ces cancers ont des caractéristiques épidémiologiques, cliniques, histopathologiques et génétiques. La survenue a été

particulièrement rapide après l'accident nucléaire avec des observations dès 1990 et une explosion des cas dans les années qui ont suivi. Ce sont des cancers, papillaires dans 98% des cas, qui semblent plus agressifs, N1 dans 60% des cas au diagnostic, M1 dans 8% des observations. (54) Toutefois le pronostic vital ne semble pas pour autant défavorable, avec une évolution souvent proche des cancers thyroïdiens pédiatriques en général et une mortalité inférieure à 1%. (54) En 2006, L'OMS n'avait connu que 15 décès sur une cohorte de 4387 cancers thyroïdiens infantiles radio-induits par l'accident nucléaire, soit une mortalité spécifique de 0,3%. Les principaux facteurs de mauvais pronostic sont une exposition plus intense aux radiations, un plus jeune âge et une tumeur plus volumineuse au moment du diagnostic. La signature des cancers thyroïdiens radio-induits est la mise en évidence de réarrangement RET/PTC. Les deux réarrangements les plus communs sont RET/PTC 1 et RET/PTC 3 au cours desquels RET est fusionné avec le gène CCDC6 ou au gène NCoA-4 (ELE1). Les réarrangements RET/PTC 1 seraient plus volontiers induits par les rayonnements gamma. Les réarrangements RET/PTC 3 par une exposition à l'iode 131 comme à Tchernobyl. (55) Des travaux récents tendent toutefois à rattacher d'avantage les réarrangements RET/PTC à la survenue du cancer chez l'enfant qu'à un caractère purement radio-induit (52). En France, la dose délivrée à la thyroïde des enfants à la suite de cet accident a été au maximum de quelques mSv dans l'est du pays, qu'il faut comparer aux 2,4 mSv de l'irradiation naturelle annuelle. A ce jour, les registres n'ont décelé aucune augmentation de l'incidence des cancers de la thyroïde de l'enfant en France

➤ Les retombées thyroïdiennes de l'accident de Fukushima

Les autorités japonaises admettent à demi-mot l'augmentation du nombre de cas de cancer de la thyroïde chez les enfants de moins de 18 ans résidants dans la préfecture de Fukushima entre 2011 et 2014. La comparaison était effectuée avec l'incidence annuelle au Japon et l'incidence dans une zone de référence à Fukushima.

Au bout de 4 années de récolte de résultats, il s'est avéré qu'un excès d'apparition de cancer de la thyroïde a été détecté chez les enfants et adolescents de moins de 18 ans.(56)

Cependant, ces résultats bien que constatés restent discutés et divisent les experts. Certains imputent cette hausse du chiffre de cancer de la thyroïde non pas à la catastrophe de Fukushima – bien qu'elle soit en partie responsable- mais à une augmentation du dépistage systématique mise en place après l'accident nucléaire de mars 2011. De plus ils considèrent que la méthodologie de l'étude biaise les résultats dans la mesure où la récolte de données doit se faire sur une période plus à distance de l'accident afin de mesurer l'apparition de nouveaux types de cancers sur les périodes 2015-2016 et 2017-2018.(57) A cet instant, le doute persiste sur les cancers de

la thyroïde et d'autres études sont en cours pour appuyer ou non cette première étude.

vii. **Autres conséquences**

D'autres conséquences graves, notamment psycho-sociologiques, existent pour les populations humaines: la détresse, pouvant mener au suicide, des populations évacuées qui perdent tout du jour au lendemain et la peur de la contamination (à Tchernobyl, un grand nombre de femmes ont avorté par crainte de donner naissance à des enfants malformés).

6. Mesures de protection contre les accidents nucléaires (prévention / alerte)

a) **Organisation générale**

Il incombe au gouvernement, sous la responsabilité du premier ministre, de gérer les crises majeures (circulaire du Premier ministre n°5567/SG, du 2 janvier 2012). Certaines spécificités liées au caractère nucléaire de l'alerte viennent se greffer sur cette organisation de base (58). En cas d'accident majeur survenant dans une centrale nucléaire, le premier ministre délègue la conduite opérationnelle de la crise au ministre de l'intérieur. Celui-ci assure, au nom du Premier ministre, le pilotage de la Cellule Interministérielle de crise (CIC). La CIC rassemble l'ensemble des ministères concernés, l'autorité de sûreté nucléaire – qui garde toute son indépendance-, les experts du domaine et les représentants de l'exploitant. Le Premier ministre peut s'appuyer sur un comité interministériel aux crises nucléaires ou radiologiques (CICNR). En liaison avec la CIC, notamment si certaines décisions urgentes doivent être prises.

L'organisation initiale, est fondée sur l'activation d'une double chaîne, territoriale (préfets de zone et de département) et nucléaire (autorités de sûreté/exploitant/IRSN) afin d'assurer le premier niveau de réponse avant l'activation de la CIC.

b) **Alerte**

En cas d'accident nucléaire, l'alerte peut être donnée par l'exploitant, les services de police, les forces de gendarmerie, ou les acteurs d'un réseau d'alerte suivant un double circuit d'alerte et d'information (figure 9), ce qui améliore l'efficacité. L'organisation générique de l'Etat en réponse à une crise, s'appuie sur les structures

territoriales, l'organisation spécifique nucléaire, oblige l'exploitant à rendre compte à l'autorité de sûreté ainsi qu'à l'IRSN. L'alerte est signalée à la population par des sirènes qui diffusent trois signaux sonores prolongés et modulés, d'une minute et 41 secondes chacun, et séparés d'un intervalle de cinq secondes. La population en parallèle est invitée à écouter les médias, en particulier la radio, afin de bénéficier en temps réel des informations venant de l'extérieur et des consignes préfectorales.

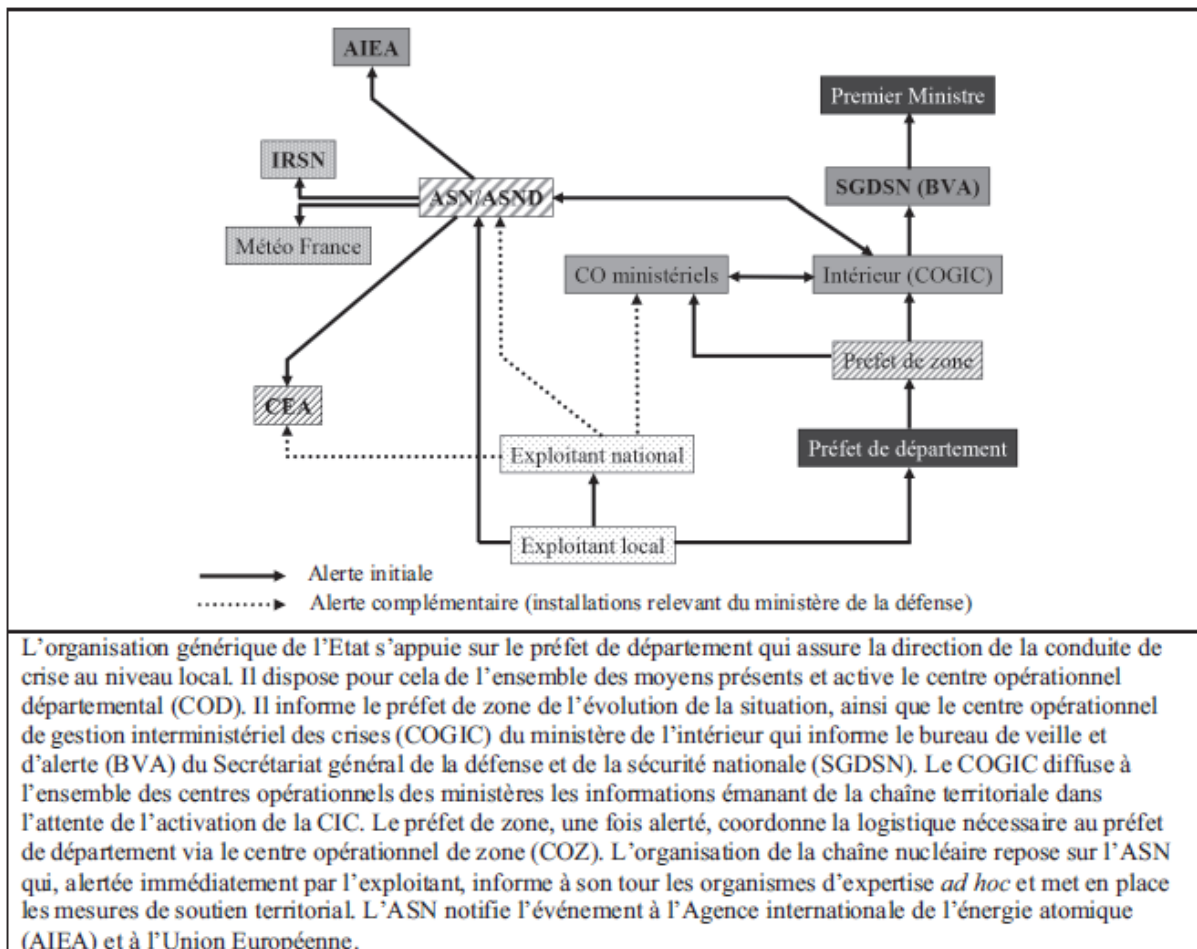


Figure 9 : Alerte en cas d'accident nucléaire (d'après (58))

c) Modalités et organisation de la prophylaxie par iodure de potassium

En France, en raison de l'efficacité de la prise précoce d'iode stable pour concurrencer l'iode radioactif rejeté dans l'environnement, les pouvoirs publics ont prévu de distribuer des comprimés de KI aux populations exposées.

C'est la Pharmacie Centrale des Armées (PCA), établissement pharmaceutique industriel militaire situé à Orléans et dirigé par un pharmacien militaire qui est chargé de la production des comprimés d'iode stable. Elle est agréée par l'Agence

Nationale de Santé et du Médicament et des produits de santé (ANSM) et compte 10 pharmaciens. Elle produit des médicaments dont l'iodure de potassium destinés à répondre aux besoins des armées mais également de santé publique. Elle est en mesure de produire jusqu'à 55 000 boîtes d'iodure de Potassium par jour. (59)

La PCA est régulièrement sollicitée par les Pharmacies d'officine ou encore directement par le public depuis l'accident de Fukushima de 2011. Il est à noter que ce n'est pas le rôle de la PCA. Un courrier adressé aux 22 500 Pharmacies d'officine de France métropolitaine rappelle les deux moyens d'approvisionnement en comprimé d'iodure de potassium 65mg :

Distribution préventive aux habitants vivants dans un rayon de planification défini dans les plans ORSEC-PPI (rayon variant de 500 mètres à 10km autour des installations présentant un risque de rejet d'iode radioactif). Le périmètre de distribution d'iode aux riverains ne fait pas l'unanimité chez les écologistes en France. Il atteint 50 km en Suisse. Il atteint en effet 50km en Suisse. En Belgique, les experts vont au-delà. Le conseil supérieur de la santé belge préconise un périmètre de distribution à 100km. (60)

La distribution d'iode est renouvelée régulièrement en fonction de la date de péremption des comprimés de KI. Elle est prolongée de 3 à 5 puis 7ans.

Les campagnes de distribution pilotées par l'ASN ont été organisées en 1997, 2000, 2005, 2009. La dernière en date a été mise en place au mois de janvier 2016. Cette dernière est axée en plus de la distribution préventive de comprimés d'iode stable, sur une sensibilisation des citoyens aux risques du nucléaire et surtout développer la « culture de la radioprotection » en suivant des conseils précis. (cf infra) (61)

Les campagnes sont réalisées sous la responsabilité du Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Territoriales et de la Santé, sous m'égide de l'autorité de sureté nucléaire (ASN). La distribution de 2009 s'est déroulée en 3 phases : un courrier initial des pouvoirs publics invitant les citoyens à retirer gratuitement leurs comprimés dans les Pharmacies participant à l'opération, ainsi que des documents d'informations. En l'absence de retrait de ces boîtes dans un délai de 6 mois, les 40% de retardataires bénéficiaient de l'envoi d'une boîte de comprimés par voie postale à leur domicile. Ainsi, au total, 530 000 boîtes ont été distribuées.(62) Parallèlement, des stocks doivent être disponibles en permanence dans les pharmacies des zones concernées afin de compléter la dotation des citoyens et des collectivités. Les pharmaciens s'approvisionnent directement auprès du grossiste répartiteur habituel.

En cas de perte des comprimés, du courrier ou d'un déménagement récent, dans la zone de 10km autour de l'installation nucléaire, il est possible de s'approvisionner dans une pharmacie concernée muni d'un justificatif de domicile. Le pharmacien fait

compléter un bon de retrait vierge et délivrera un nombre de boîtes calculées sur la base d'une boîte pour cinq personnes.

La campagne de distribution de 2016 prévoit de couvrir environ 400 000 foyers et 2 000 établissements recevant du public (entreprises, administrations, centres commerciaux et collectivités (centres aérés et de loisirs, établissements scolaires, clubs sportifs) hôtels, restaurants campings etc...), répartis sur 500 communes en France. Les informations auprès des citoyens sont relayées par différents acteurs de campagne : les préfetures, l'Autorité de Santé Nucléaire (ASN), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), du Conseil national de l'Ordre national des pharmaciens, du Conseil national de l'Ordre des médecins, de l'Association nationale des commissions locales d'information (Anccli), de l'Association des représentants des communes d'implantation de centrales et établissements nucléaires (Arcicen) et d'EDF.

Distribution réalisée en situation d'urgence, après décret du plan ORSEC-iode départemental (Organisation de la Réponse de Sécurité Civile). L'ordre d'administration du KI est donné par le préfet. Le niveau d'intervention retenu est le risque d'une exposition de la thyroïde des enfants à une dose supérieure ou égale à 50 mSv. L'état dispose d'un stock national couvrant la totalité de la population de 130 millions de comprimés d'iode stable 65mg. L'Etablissement de Préparation et de Réponse aux Urgences Sanitaires (EPRUS) a été institué le 5 mars 2007 pour répondre avec efficacité aux différentes menaces sanitaires graves. Il est l'opérateur logistique sous tutelle du ministère chargé de la santé qui assure le stockage de produits de santé dont les comprimés d'iodure de potassium stable. Il existe 1 EPRUS central et 7 plateformes EPRUS multi-zonales ; ces dernières servant à un stockage temporaire en cas de crise et au réapprovisionnement des stocks de proximité départementaux). Prévus par la circulaire interministérielle n° DGS/DUS/DSC/2011/64 du 11 juillet 2011, des stocks stratégiques sont pré-positionnés en tant que stocks de proximité au sein des départements afin de garantir une mise à disposition rapide auprès de la population au-delà des zones PPI dans un délai de 12h maximum après une alerte.(63)

7. La centrale nucléaire de Cattenom

a) Historique

Implantée à 5 km de Thionville (Moselle), la centrale de Cattenom s'étend sur 415 hectares, non loin des frontières du Luxembourg et de l'Allemagne. Sa construction commence en 1978 (gouvernement Raymond Barre) et le quatrième réacteur est mis en service en 1992.

Elle produit chaque année près de 35 milliards de kilowattheures (8% de la production nationale d'électricité d'EDF), ce qui fait d'elle la 7ème centrale au monde. Bien que le Luxembourg, la Belgique, l'Allemagne et surtout la région de la Sarre réclament la fermeture du site depuis le début du projet il y a 38ans, sa durée de vie va être prolongée jusqu'en 2025. (64)

Parmi les manifestations les plus importantes, celle du 17 septembre 2010. D'après les organisateurs antinucléaires français, allemands et luxembourgeois près de mille personnes se sont rassemblées à Perl, exigent une cessation de la centrale de Cattenom qui serait « une bombe à retardement en Europe » en raison des « incidents préoccupants qui s'y produisent ». Les règles de déclaration à l'ASN sont beaucoup plus étendues en France, comparées à l'Allemagne.(65)

b) Incidents

Les incidents sont multiples et de gravité différentes. 710 incidents auraient été enregistrés sur le site de la centrale nucléaire de production d'électricité (CNPE) entre 1986 et 2006. Les principaux sont développés ci-dessous :

En 1986, suite à l'accident de Tchernobyl, alors que la centrale de Cattenom était en construction, des militants anti-nucléaires se sont introduits dans une tour de refroidissement en construction.

En mars 2001, le radon naturellement présent dans le sable utilisé pour le sablage du béton déclenche une alarme ce qui a engendré une évacuation de 131 agents dans le bâtiment du réacteur n°3. L'Autorité de santé nucléaire affirme qu'aucune fuite radioactive n'a été détectée et aucun cas d'irradiation ou contamination n'a été relevé alors que d'après l'AFP, les agents auraient bel et bien été exposés aux radiations entre « 5 et 10 minutes ».

Au cours du même mois, un second dysfonctionnement survient. Il est cette fois-ci classé niveau 1 sur l'échelle INES. Les gaines de combustible ont été rompues. Des défauts d'étanchéité ont amené à une augmentation de la radioactivité dans le circuit primaire du 3ème réacteur. (66) Cela a engendré une augmentation des rejets radioactifs de manière significative de rejets de gaz, halogènes, aérosols et rejets liquides.(67)

En octobre 2003, dans un communiqué de l'ONG Greenpeace, des militants ont manifesté et se sont opposés au projet d'EDF d'augmenter la limite des rejets radioactifs liquides en tritium. Au même moment, la CRIIRAD accusait EDF de ne pas justifier l'évolution à la hausse de ces rejets et de ne pas analyser les conséquences pour la population autour de Cattenom.

L'association Wise-Paris affirmait que la demande d'EDF n'est pas conforme aux obligations d'information du public, de minimisation de l'ensemble des impacts sur l'environnement et de justification de ces impacts.(68)

Début février 2012, des travaux ont été réalisés sur deux tuyauteries des piscines d'entreposage du combustible des unités no 2 et 3 de la centrale de Cattenom afin de rectifier un défaut de construction (absence d'une ouverture de 20 mm). Pour l'ASN, cette anomalie « n'a pas eu d'impact sur les travailleurs ni sur l'environnement mais elle constitue une dégradation des dispositions de défense.» Cet incident a été classé par l'Autorité de sûreté nucléaire au niveau 2 de l'échelle internationale des événements nucléaires le 6 février 2012 du fait de ses conséquences potentielles engendrées par l'absence d'un des quatre dispositifs prévus pour empêcher la baisse du niveau des piscines. Cette défaillance, qui existe depuis 30 ans, n'avait jamais été détectée lors des visites décennales. (65)

Consécutivement aux contrôles de résistance européens menés après l'accident de Fukushima, « Les procédures prévues en cas d'accident sont jugées "insuffisantes". » Pire encore, « les équipements de secours, comme les groupes électrogènes, ne sont pas assez protégés contre les éléments en cas de catastrophe naturelle en France. »(69)

Le 26 mai 2013, la centrale organise comme tous les ans sa Fête du Lac, à l'occasion de la Fête de la Nature.

Le 7 juin 2013, peu après 13h30, un transformateur électrique de soutirage qui permet d'alimenter le réacteur n°1 en électricité prend feu et un incendie se déclare. Le réacteur s'est automatiquement arrêté et les agents aussitôt évacués.(70) Selon EDF, l'incendie n'a eu aucune conséquence pour la sécurité des installations et l'environnement. La centrale a ouvert ses portes au public 24 heures après l'incendie du transformateur électrique alors que le transformateur défectueux avait de fortes chances de contenir des biphényls polychlorés toxiques et cancérigènes.(71) L'exploitant a prévu de maintenir le réacteur à l'arrêt pendant 60 jours afin de mener les travaux nécessaires sur le transformateur défectueux.

Le 16 août 2013, de l'acide chlorhydrique est déversé sur le sol et rejeté dans la Moselle. L'acide chlorhydrique utilisé dans le système réfrigérant s'est infiltré dans le sol puis a rejoint la Moselle par les eaux sous-terraines. L'exploitant s'est rendu compte qu'un tronçon de tuyauterie manquait. L'incident est classé de niveau 0 sur l'échelle INES. (72)

Le 7 mai 2014, selon le Républicain lorrain, dix salariés ont déclenchés les détecteurs de contamination en sortant de la zone nucléaire du réacteur n°2 - à l'arrêt.

Le 1er août 2014, La centrale de Cattenom a déclaré un évènement significatif environnement à l'Autorité de Sûreté Nucléaire.(73)

Le 28 mai 2015, un problème sur le circuit secondaire du réacteur n°1 conduit à l'ouverture d'une vanne provoquant la fuite de vapeur, qui a duré environ 30 minutes, et qui a perturbé des paramètres clés de la sûreté du réacteur. Le directeur de la centrale a déclenché un plan d'urgence interne, l'Autorité de sûreté nucléaire, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, le centre de crise national d'EDF et à la préfecture de Metz ont mis en place des cellules de crise.(74) Les ministères français de l'Environnement et de l'Intérieur et les autorités du Luxembourg et de l'Allemagne ont été avertis de la crise.

Le 3 mars 2016, l'exploitant de la centrale nucléaire de Cattenom a déclaré un incident intervenu au cours d'une opération de maintenance sur la turbine de l'unité de production n°2. Il a été coté de niveau 1 par l'ASN. La direction de la CNPE indique dans un communiqué que «le débranchement d'un module électronique de régulation de la turbine entraîne l'insertion des grappes de régulation de puissance du réacteur et par conséquent l'extraction du groupe de régulation de la température du réacteur». Selon elle, l'incident a duré « moins d'une heure », les équipes de pilotage de l'unité de réaction auraient aussitôt réagi.(75)

La succession des incidents survenus sur le site de Cattenom ainsi que le survol répétitif du site par les drones ont ravivé l'inquiétude des pays limitrophes qui remettent en cause la sécurité de la centrale.

Un rapport publié par un expert allemand dans le quotidien allemand Trierischer Volksfreund le 26 février 2016 fustige la sûreté très critique de la centrale de Cattenom. L'auteur Manfred Mertins, expert en ingénierie nucléaire et mandaté par les Verts au Parlement allemand remet en cause la sécurité de la centrale en listant les défauts de sécurité sur 70 pages : le manque de résistance des infrastructures en cas de séisme, d'inondation ou encore de chute d'avion sur les réacteurs. La sécurité au travail est également mise en cause. (76)

Les conclusions sont claires : « si la centrale était installée sur le territoire allemand, elle serait fermée ».

Alors que la centrale de Cattenom est prévue pour durer jusqu'en 2046 puisque la durée de vie des centrales nucléaires a été prolongée à 40 ans, Barbara Hendricks ministre fédérale allemande de l'Environnement, et Lydia Mutsch, ministre de la Santé luxembourgeoise demande à la France "d'appliquer scrupuleusement la nouvelle directive 2014/87/Euratom" qui établit un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires. Le parti des Verts allemand exige la fermeture du site.(77)

C. ENQUÊTE

1. Contexte

Dans la première partie, nous avons pris connaissance des risques non négligeables sous-jacents à l'exploitation du nucléaire dans le monde mais également en France. Pour rappel, le parc nucléaire français compte 58 centrales avec 48 d'entre elles ayant atteint au moins 25 années de fonctionnement. D'ici 2025, près de deux tiers du parc nucléaire français aura atteint l'échéance des 40 ans de durée de vie. Par ailleurs, la prise de conscience du risque nucléaire en France est importante et les leçons tirées des accidents passés aident à l'amélioration des mesures de prévention.

L'information aux citoyens et la distribution de comprimés d'iode dans le périmètre de 10 km autour des CNPE reste la mesure active principale. D'autres mesures complémentaires s'y ajoutent pour contrer tous types de contaminations par les radionucléides.

Nous avons donc souhaité étudier à travers une enquête menée autour de la Centrale nucléaire de Cattenom, le degré d'information des habitants dans la zone de 10 km autour de cette CNPE concernant un éventuel incident nucléaire et les mesures de prévention à appliquer tant chez les habitants que dans les pharmacies d'officine concernées par l'opération de distribution de comprimés d'iode stable.

Les objectifs secondaires sont d'étudier l'association entre la possession de comprimés d'iode au domicile des patients et la d'autres paramètres pertinents tels que la distance à la centrale, ou l'aspect social.

2. Enquête auprès de la population

a) Matériel et méthodes

Il s'agit d'une étude prospective descriptive non exhaustive sur un échantillon de la population. L'échantillon est de type accidentel, les données ont été recueillies lors d'un démarchage direct par le biais du porte à porte auprès des habitants de 12 des 30 communes situées dans un périmètre de 10km autour de la Centrale nucléaire de Cattenom. Ces 12 communes ont été tirées au sort. (Annexe 1)

La sélection des habitations était aléatoire également.

L'enquête a été menée sur plusieurs jours pendant la période du 23 Mars 2014 au 04 Mai 2014. Les plages horaires durant laquelle les différentes phases de l'enquête ont été réalisées sont aléatoires : pendant ou hors vacances scolaires, en journée ou en soirée pour éviter tout biais (concernant les personnes occupées en dehors du domicile en journée).

Critère d'inclusion :

Toute personne demeurant dans l'une des 12 communes autour de la Centrale de Cattenom

Critère d'exclusion :

Seules les personnes majeures sont invitées à répondre au questionnaire (la famille peut comporter des enfants).

L'enquête consistait à répondre à un questionnaire (annexe 2) dont les items ont été élaborés à l'aide de documents d'information mis à disposition du grand public par les autorités ou par l'exploitant.

Outils :

Le questionnaire en annexe 2 : Questionnaire soumis à la population résidant dans un rayon de 10km autour de la centrale de Cattenom

Il comporte 17 items au total. La réponse à chaque item est binaire pour permettre des résultats plus facilement exploitables : 0 = non et 1 = OUI.

Les questions sont rassemblées en différentes sous-catégories :

- Présence de comprimés et lieu de rangement connu : 2 items
- Comprimés utilisables : 3 items
- Quantité
- Intérêt de la prise de comprimés d'iode stable
- Attitude et informations en cas d'incident : 6 items
- 4 items permettant une exploitation des résultats plus précise

Les items sont simplement formulés pour être compris par la totalité des personnes questionnées.

La saisie des données a été réalisée avec le logiciel Excel version 2009

L'analyse statistique, l'interprétation et la présentation des résultats ont été réalisées avec le logiciel SPSS avec l'aide de Dr Ndeye Coumba NDIAYE à l'Université de Lorraine et le logiciel ESPRI-Biobase avec l'aide de Dr CLERC-URMES Isabelle au Centre hospitalo-universitaire de Nancy-Brabois.

Outre ce questionnaire, j'ai effectué une action de prévention en délivrant les informations utiles afin de sensibiliser les citoyens au sujet des centrales nucléaires et de la prévention dans le domaine du nucléaire.

b) Résultats

Sur 184 domiciles démarchés :

16 n'ont pas souhaité répondre au questionnaire soit 8.7%

35 étaient vides soit 19,0%. Lorsque je n'avais pas de réponse, j'interrogeai un autre ménage.

3 données étaient inexploitables soit 1.6%. Deux d'entre elles n'ont pas répondu correctement au questionnaire, elles n'ont pas été capables de rester dans le sujet et l'une a interrompu l'entretien pour une raison de santé.

130 données sont exploitées pour ce travail, donc 70.7% de participation

i. Résultats par modalités

➤ Le degré de couverture

Le degré de couverture de l'échantillon en termes de possession de comprimés d'iode stable est de 68,5%. 31,5% des habitants n'en possèdent pas à leur domicile.

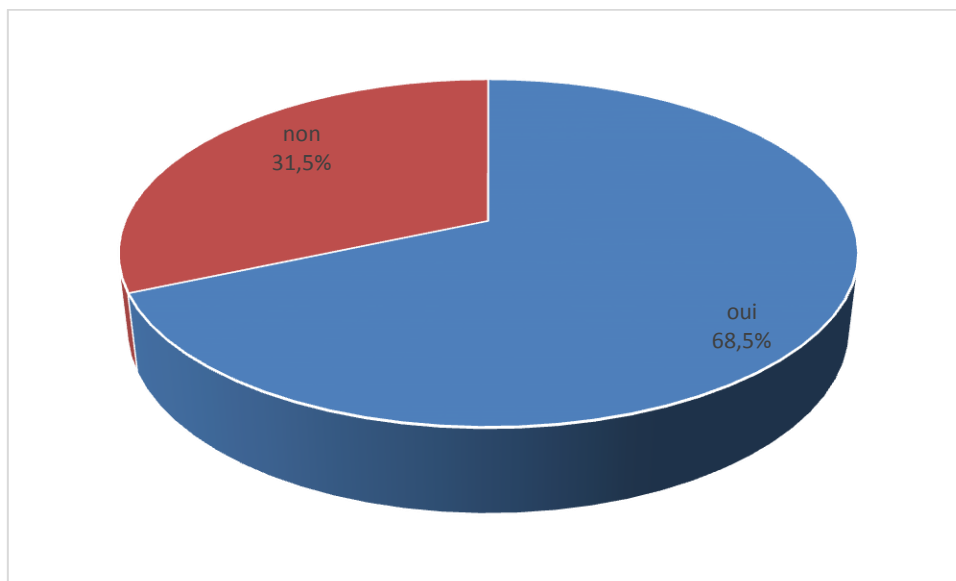


Figure 10 : Présence de comprimés d'iode stable au domicile

➤ Lieu de rangement des comprimés mémorisable

Figure 11

Cet item et les deux suivants ne concernent que les groupes ayant les comprimés d'iode stable à domicile.

L'annexe 3 montre que sur 89 foyers possédant des comprimés, la majorité soit 93,3% savaient retrouver les comprimés d'iode.

➤ Capacité à être utilisé

Figure 11

Dans l'annexe 3, la capacité des comprimés d'iode stable à être utilisé se traduit par trois principaux aspects :

- Les conditions de conservation : au sec, à l'abri de la lumière. Le score est de 0 quand aucune de ces deux conditions n'est respectée ou une seule l'est et 1 si les deux conditions étaient remplies
- La péremption : La date de péremption des comprimés a été remplacée par la date de fabrication. Lorsque celle-ci est inférieure à 7ans, durée de conservation préconisée par l'ANSM, le score était de 1 : c'est-à-dire que les comprimés sont encore valides. Sinon le score de 0 était attribué.
- L'intégrité de l'emballage : cela définit un emballage non abîmé, troué, ouvert, écrasé. Lorsque l'emballage est intact le score est de 1, dans le cas contraire le score est de 0

Ces questions n'ont été posées qu'aux personnes qui possédaient les comprimés à leur domicile.

Parmi ceux qui possèdent les comprimés au domicile, concernant les conditions de conservations, la majorité soit 92,1% savent parfaitement où conserver les comprimés. Chez 90,9% d'entre eux, l'emballage n'est pas dégradé. 37,1% des boîtes détenues avaient une durée de conservation dépassée.

➤ Quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile

Figure 11

Selon l'âge et le nombre de personnes présentes au foyer on calcule la quantité suffisante d'iode présente au domicile. 0 correspond à une quantité pas suffisante et 1 à au moins le nombre de comprimé nécessaire à toutes les personnes demeurant au domicile.

La majorité des habitants démarchés ont la quantité suffisante pour les membres de la famille (96,6%). Moins de 5% en ont en quantité non suffisante.

➤ Intérêt de la prise d'iode stable

Figure 11

Ce paramètre a été évalué pour connaître le degré de connaissance quant à la prise d'iode stable. Si l'intérêt est compris, le score attribué est de 1. Dans le cas contraire, le score est de 0.

Seulement 52,3% savent dans quel but prendre ces comprimés contre 47,7% qui ne savent pas.

➤ En cas d'incident

Figure 11

En cas d'incident, les démarches et mesures à adopter sont les informations primordiales à connaître en termes de prévention.

Nous avons posé 6 questions aux habitants vivant à proximité de la centrale concernant les informations utiles à connaître en cas d'incident :

- Les démarches à suivre et ou se rendre pour se procurer les comprimés d'iode : le score est de 0 si l'information n'est pas connue et 1 si la personne sait comment se procurer les comprimés
- Quelle attitude adopter en cas d'accident nucléaire ? : le score est de 1 lorsque parmi les consignes au moins deux sont citées à savoir confinement et prise de comprimé d'iode sur ordre des autorités
- Connaissance de la posologie des comprimés d'iode stable : le score est de 1 si au moins la posologie des adultes est connue (car seuls des adultes ont répondu au questionnaire), sinon 0
- Savoir quelle est la population prioritaire : le score est de 1 si l'habitant répond mineur et femme enceinte
- Comment prendre ces comprimés : le score est de 0 si le mode de prise n'est pas connu et 1 si la réponse est dissoudre dans une boisson.
- Connaitre les contre-indications : le score est de 1 si l'une des contre-indications les plus connues a été citée à savoir hypersensibilité à l'un des constituants, pathologie ou antécédents de pathologie thyroïdienne

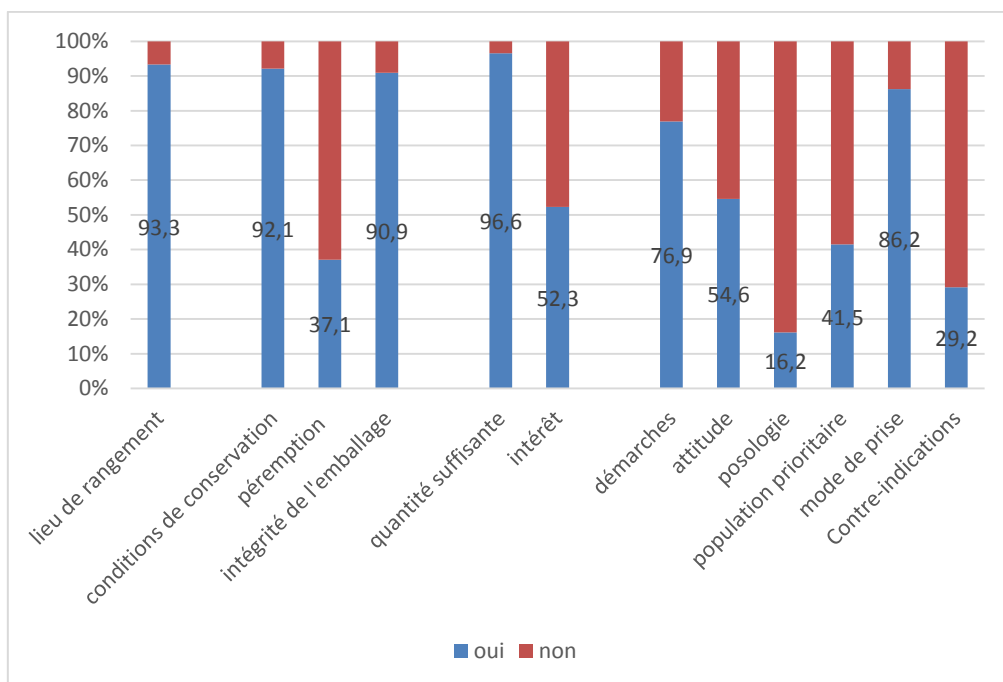


Figure 11 : Récapitulatif des résultats obtenus aux questions posées dans l'échantillon démarché

Les réponses sont partagées. Sur les six questions posées, trois réponses sont évidentes avec un pourcentage de réponse positive (=oui) supérieur à 50%.

76,9% savent comment se procurer les comprimés d'iodure de potassium.

54,6% connaissent l'attitude à adopter en cas d'accidents nucléaires.

16,2% connaissent la posologie de l'iode stable.

41,5% savent à quelles personnes donner ces comprimés en priorité l'iode stable en cas de problème à la centrale

86,2% soit la majorité sait comment prendre les comprimés

29,2% connaissent au moins une contre-indication

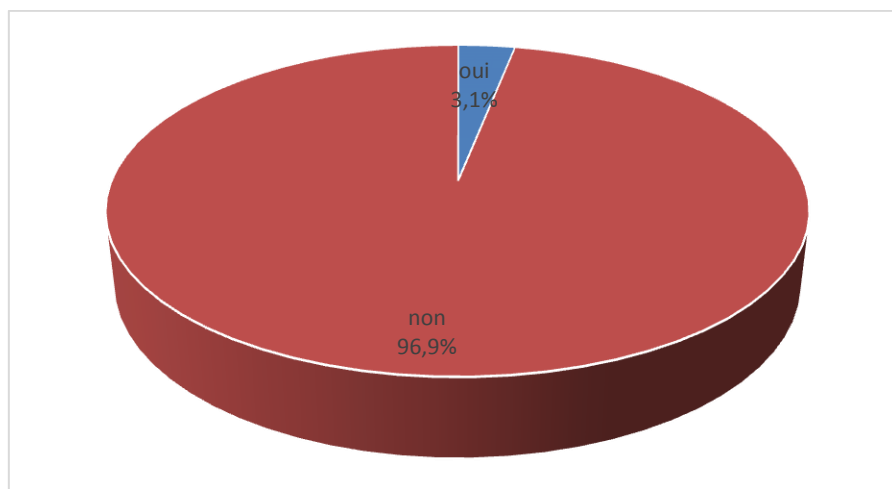


Figure 12 : Connaissance simultanée de la totalité des informations utiles en cas d'incident

De manière générale, seul 3,1% des habitants ont connaissance de toutes les informations utiles confondues concernant un éventuel incident nucléaire. (figure 12)

Les paramètres étudiés individuellement nous apportent un aperçu de l'état des connaissances de la population en termes de prévention d'incident nucléaire. Pour approfondir notre analyse, il a été intéressant d'étudier ces paramètres selon différents facteurs qui sont : la distance à la centrale, les âges des personnes vivant dans les foyers démarchés, la catégorie socio-professionnelle, le milieu social, l'état de santé (antécédent ou présence de pathologie thyroïdienne).

ii. Etude du degré de couverture selon

- Distance à la centrale
- Pathologie thyroïdienne
- Age de la personne la plus âgée du foyer ou présence de mineur
- Type de foyer
- Catégorie socioprofessionnelle
- Type de quartier

➤ Distance à la centrale de Cattenom

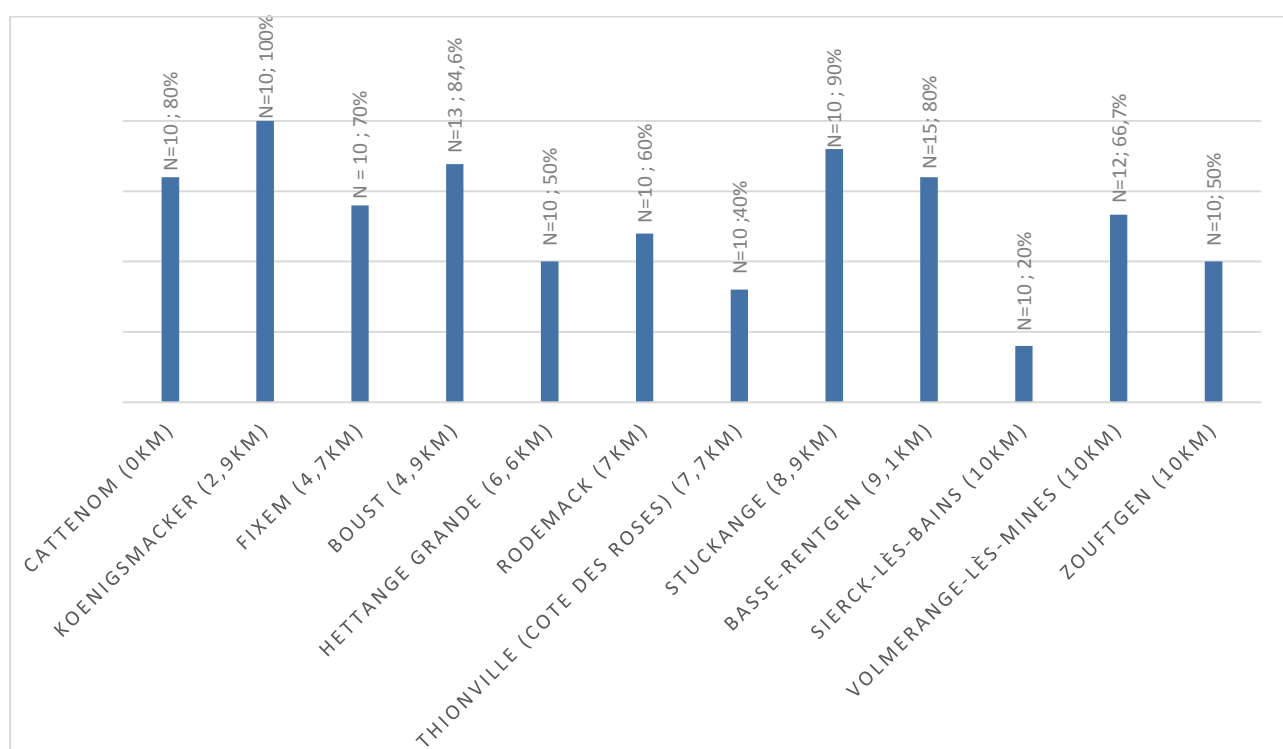


Figure 13 : Présence de comprimés d'iode stable selon l'éloignement des communes à la centrale de Cattenom (en pourcentage)

Selon la distance à la centrale, les résultats sont différents. 100% représente le taux de couverture maximum au sein d'une commune.

Nous observons des taux de couvertures différents selon les différentes communes.

La commune de Sierck-lès-bains à 10km de la centrale présente le taux de couverture le plus faible (20%). Le maximum est dans la commune de Koenigsmacker avec la totalité des habitants démarchés qui détiennent les comprimés à leur domicile.

L'Annexe 3 mentionne une p-value de $0,0345 < 0,05$ ce qui montre une différence significative entre le groupe possédant les comprimés au domicile et ceux n'en possédant pas selon les communes.

Afin d'établir un lien entre la distance et les paramètres analysés, nous avons choisi un seuil kilométrique arbitraire. L'analyse se fait selon que la distance est inférieure ou égale à 6,6 km ou supérieure stricte à 6,6km. (Annexe 4)

Ainsi, les personnes habitant à 6,6km de la centrale ou dans un périmètre plus proche sont 41 à posséder les comprimés d'iode stable à leur domicile soit 77,4% contre 62,3% seulement au-delà de 6,6km. ($p=0,0701 < 0,1000$)

Dans un second temps, une analyse de sensibilité selon la distance avec pour seuil 4,9km (Annexe 5) et 7,0km (Annexe 6) a été effectuée pour mettre en évidence un lien entre la distance à la CNPE et la présence d'iode au domicile.

L'annexe 4 met en évidence une différence non significative entre le groupe possédant des comprimés et celui n'en possédant pas. Cependant $p = 0,0701$ est compris entre 0,0500 et 0,1000, il est donc préférable de s'assurer de la présence éventuelle d'un gradient selon le rapprochement à la centrale. Les p respectifs (annexe 5) lorsque la distance seuil, fixée arbitrairement, est de 4,9km et lorsqu'elle est de 7km (annexe 6) sont de 0,0085 ($p < 0,05$) et 0,1439 ;

On peut alors lever le doute et parler de l'existence d'un gradient de distance.

➤ Présence de pathologie thyroïdienne

Nous ne pouvons établir aucune comparaison entre les groupes possédant ou non des comprimés.

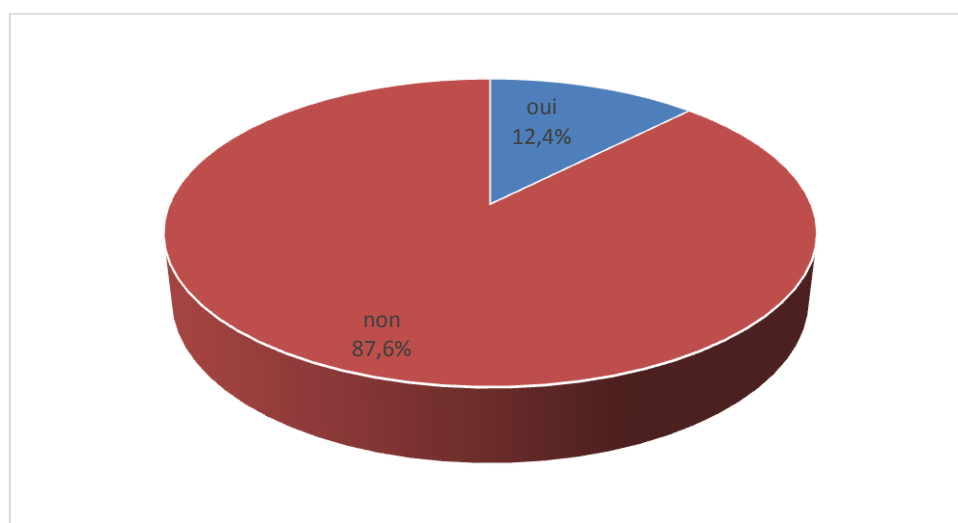


Figure 14 : Pourcentage de personnes atteintes de pathologie thyroïdienne dans le groupe possédant des comprimés d'iode stable

Nous remarquons cependant chez les personnes possédant des comprimés que certains sont atteints de pathologie thyroïdienne ou ont même été thyroïdectomisés (12,4%) correspondant à 11 foyers sur les 89 ayant des comprimés d'iode. (Annexe 3)

➤ Age

- De la personne la plus âgée du foyer

Nous observons une différence significative ($p=0,0006$) entre les deux groupes considérés : les habitants possédant des comprimés à leur domicile seraient plus âgés : 57,5% contre 48,0%. (Annexe 3)

- Présence de mineurs au foyer

La comparaison du taux de couverture selon la présence de mineur ou non au domicile montre avec discernement une présence moins importante de mineurs au domicile dans le groupe avec comprimés par rapport à ceux n'ayant pas les comprimés (28,1% contre 53,7% avec $p=0,0048$). (Annexe 3)

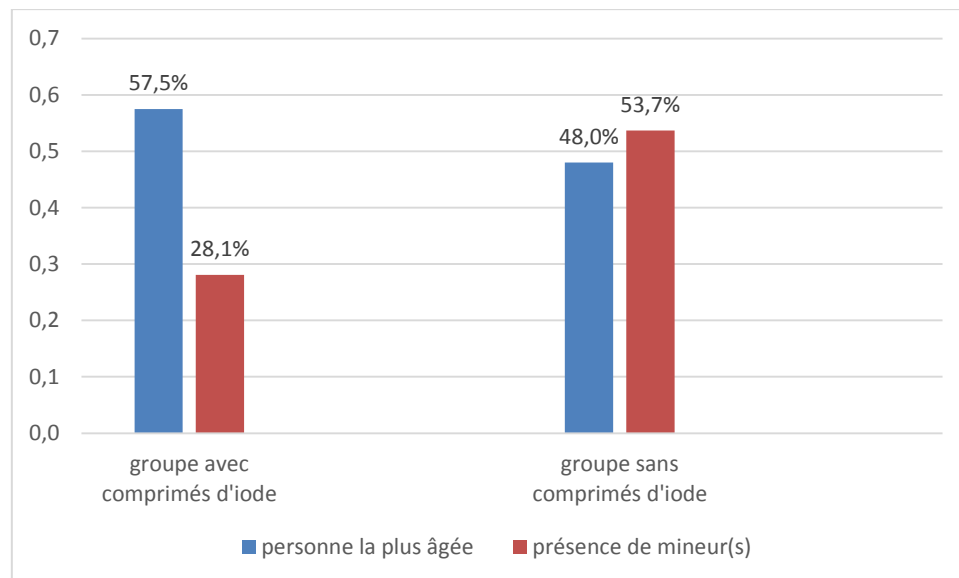


Figure 15 : Pourcentage de présence de la personne la plus âgée au domicile et de mineur(s) au domicile dans le groupe ayant des comprimés et dans le groupe sans comprimés

➤ Aspect social

Nous avons cherché à mettre en évidence un lien entre l'aspect social et la possession des comprimés d'iode stable.

- Type de foyer

Le type de foyer se définit par la caractéristique mono ou biparentale de la famille. Aucune différence significative n'a été remarquée, on ne peut donc pas dire que les familles seraient plus sur un modèle biparental dans le groupe ayant les comprimés que dans le groupe sans comprimés. (Annexe 3)

- Catégorie socioprofessionnelle

Les catégories socioprofessionnelles sont celles établies par l'INSEE(78) au nombre de 8.

1 Agriculteurs exploitants

2 Artisans, commerçants et chefs d'entreprise

3 Cadres et professions intellectuelles supérieures

4 Professions Intermédiaires

5 Employés

6 Ouvriers

7 Retraités

8 Autres personnes sans activité professionnelle

Il n'y a aucune différence significative entre les deux groupes considérés (p largement supérieur à 0,05 voire même supérieur à 0,1) en considérant les CSP. Nous avons donc procédé à un regroupement des CSP pour pouvoir que la différence soit plus interprétable. (Annexe 3)

Les p-value sont sensiblement identiques (p= 0,2162 et 0,2525), on ne peut donc pas conclure à une différence de CSP entre les deux groupes (ayant et n'ayant pas les comprimés.)

- Type de quartier

Cette modalité se divise en trois : quartier favorisé, moyen ou défavorisé selon mon évaluation sur le terrain.

Le résultat obtenu est similaire aux deux items précédents. En effet, aucune différence significative n'est remarquée entre les deux groupes considérés : p=0,2075. Nous ne pouvons à ce stade même pas donner de tendance. (Annexe 3)

iii. Etude de l'utilisabilité des comprimés la distance à la centrale

Dans cette partie, plusieurs aspects sont évalués :

- Le respect des conditions de conservation
- La validité des comprimés
- L'intégrité de l'emballage

Lorsque ces critères sont respectés, les comprimés sont estimés être utilisables.

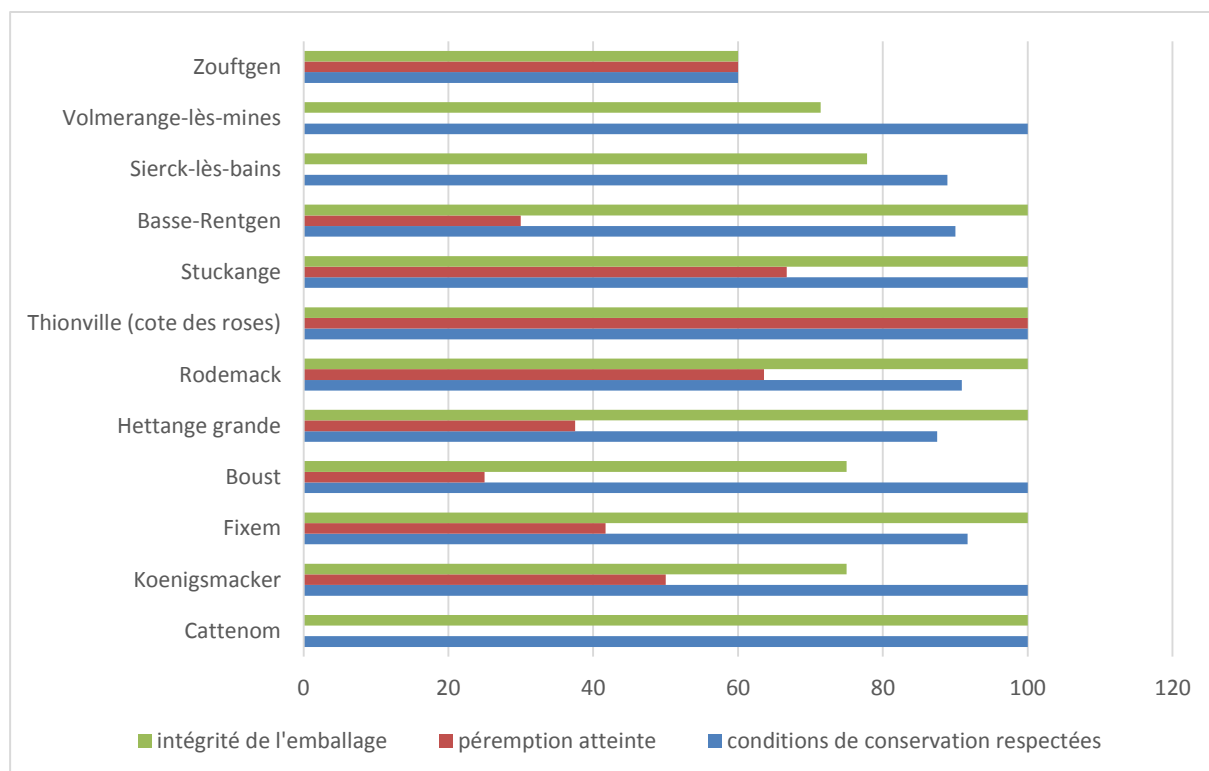


Figure 16 : Utilisabilité des comprimés d'iode stable selon la commune (rangées dans l'ordre croissant de la distance à la CNPE de bas en haut)

Les résultats observés sont différents d'une commune à l'autre. Notons que la majorité des domiciles démarchés possèdent des comprimés dans un emballage non abimé sauf à Zouftgen, Volmerange-lès-mines, Boust et Koenigsmacker. Dans ces communes, le pourcentage est tout de même de plus de 50%.

Quant à la validité, nous observons que dans la majorité des cas, les habitants possèdent des comprimés en cours de validité (correspondant à ceux distribués lors de la campagne de 2009). Dans la commune de Thionville, plus précisément dans le quartier de la côte des roses, les habitants abordés avaient pour certains d'entre eux les comprimés datant de la campagne précédente.

Nous remarquons que dans chacune des communes hormis à Volmerange-lès-mines, Sierck-lès-bains et Cattenom, il y a des comprimés périmés en quantité non négligeable (supérieur ou égal à 1/4).

A Cattenom, 100% des riverains possèdent des comprimés conservés dans les bonnes conditions, avec emballage intègre et une durée de validité non dépassée.

Dans un second temps les annexes 4, 5 et 6 présentant une analyse de ces items selon la distance à la centrale montre que les différences ne sont pas significatives entre les différents groupes :

Selon les différents items :

Tableau VI : p-value des items représentant l'utilisabilité des comprimés d'iode stable dans l'analyse de sensibilité

p-value	Seuil ≤6,6km	Seuil ≤4,9km	Seuil ≤7km
Lieu de rangement	0,6827	1,0000	0,4154
Conditions de conservations	0,4448	0,6966	0,2477
Validité	0,9290	0,1343	0,4892
Intégrité de l'emballage	0,2831	0,4693	0,1446

Ce tableau présente des p tous supérieurs à 10%. Le résultat ne montre donc aucune significativité quant à la différence entre les groupes inférieur et supérieur à chacun des trois seuils. Nous ne pouvons donc pas interpréter ces résultats.

iv. Etudes d'autres modalités selon d'autres critères

Les autres modalités ont été étudiées selon les CSP, la présence ou non de pathologie thyroïdienne ou encore le type de quartier.

Aucun résultat n'est interprétable de par le manque de significativité.

Annexes 7, 8 et 9.

EN RESUME :

CAS GENERAL

→ Les habitants ayant de l'iode stable sont :

- plus proche de la centrale (distance domicile-centrale nucléaire plus faible ; en moyenne 6.5km vs 7.7km ; p = 0.0320)
- seraient plus âgés (p = 0.0006). Prendre ce résultat avec des pincettes puisqu'ici on considère l'âge de la personne la plus âgée du foyer
- ont moins de mineurs dans leur foyer que ceux n'en ayant pas (28,1% vs 53,7% ; p = 0.0048).
- connaissent mieux l'intérêt de l'iode stable (59.6% vs 36,6% ; p = 0.0149)
- connaissent mieux les démarches et lieu pour se procurer de l'iode stable (84,3% vs 61% ; p = 0.0034)
- connaissent mieux l'attitude à adopter en cas d'accident nucléaire (67.4% vs 26,8% ; p < 0.0001)
- connaissent mieux le mode de prise (91% vs 75,6% ; p = 0.0182)

DE PLUS, SELON LA DISTANCE

→ Les habitants résidant le plus près de la centrale (≤ 6.6km pour inclure la commune de Hettange-Grande) ont :

- connaissent mieux l'intérêt de l'iode stable (71.7% vs 39.0% ; p = 0.0002)
- connaissent mieux les démarches et lieu pour se procurer de l'iode stable (88.7% vs 68.8% ; p = 0.0083)
- connaissent mieux l'attitude à adopter en cas d'accident nucléaire (69.8% vs 44.2% ; p = 0.0039)

c) Discussions

L'objectif principal de notre étude était de déterminer le pourcentage de couverture de la population en termes de comprimés d'iode stable dans la commune de Cattenom et celles avoisinantes la centrale nucléaire ainsi que d'évaluer le niveau d'information de la population concernant la prévention d'un éventuel accident nucléaire, et ce 5 ans après l'avant-dernière campagne de distribution de comprimés d'iode (campagne 2009).

i. Degré de couverture

Il atteint 68,5%. Près d'un tiers ne possède pas de comprimés à leur domicile.

L'échantillon étant de type accidentel, il est considéré comme assez représentatif. Il a par contre été volontairement choisi de n'interroger que les habitants de la zone PPI, ceci n'est donc pas considéré comme un biais de sélection.

Je ne considérai que l'habitant possédait ses comprimés que lorsqu'il allait la chercher et me montra la boîte de comprimés. Dans le cas où la personne affirmait seulement l'avoir et ne désirai pas aller la chercher, je considérai qu'il ne la possédait pas.

Les services de protection civile de la préfecture de la Moselle m'ont par ailleurs indiqué que le taux de couverture atteignait dans le département 49,7% à la première phase et 93,6% à la seconde phase, mise en place après constatation d'un taux de retrait faible à la première. Le taux de couverture national après la campagne de 2009 a lui atteint les 93%.

Cette différence observée entre les chiffres relayés par les autorités et les résultats recueillis sur le terrain directement auprès des habitants peut s'expliquer par :

-lieu de rangement non mémorisable donc ils considèrent qu'ils ne l'ont pas

-mouvement de la population : en emménageant dans la zone PPI

D'après les résultats, nous pouvons évoquer de l'existence d'un gradient selon la distance.

→ Il serait judicieux d'assurer un suivi des mouvement de population en proposant dès l'emménagement la dispensation des comprimés accompagnés d'une plaquette explicative ce qui n'est apparemment pas encore mis en place d'après les nouveaux habitants des communes avoisinant la centrale de Cattenom.

ii. Lieu de rangement des comprimés mémorisable

Posséder les comprimés au domicile est certes, une marque de sensibilisation à la prévention des accidents nucléaires. Cependant, si l'alerte venait à être donnée par le préfet de la région, il est préférable de savoir les retrouver facilement et rapidement afin de les prendre dans les plus brefs délais pour garantir une efficacité maximale.

Les comprimés sont, pour la plupart de ceux qui les possèdent rangés à un endroit particulier, où il est facile de les retrouver. Nous remarquons que les personnes se sentent concernés dès lors qu'ils effectuent les démarches pour se procurer les comprimés d'iode stable. Cela prouve un certain intérêt porté à la démarche de prévention.

Les différentes raisons pour lesquelles la personne interrogée ne se souvient pas du lieu de rangement des comprimés sont :

- Oubli
- Emménagement
 - La personne interrogée n'est pas celle qui les a rangés. Très souvent nous observons au sein des ménages une personne désignée comme s'occupant de la prévention, avec une prédominance féminine. Cela ne fait que de confirmer l'idée selon laquelle les femmes sont plus attentives à la santé et aux messages de prévention que les hommes.(79)

iii. Utilisabilité des comprimés d'iode stable

Les conditions de conservation, la durée de validité et l'emballage intègre sont les trois principaux items évalués qui permettent d'évaluer concrètement l'utilisabilité des comprimés.

Dans un premier temps, quatre conditions sont nécessaires à la bonne conservation des comprimés d'iode stable : à température ambiante n'excédant pas 25°C, dans un endroit sec, à l'abri de la lumière. Ils doivent également être conservés dans leur emballage d'origine pour assurer la meilleure conservation possible. De plus et comme pour tout médicament, il est important de les stocker hors de la portée et de la vue des enfants. Parmi les 7,9% des habitants ne respectant pas les conditions de conservation des comprimés, la totalité les stockait à tort dans la salle de bain, source d'humidité.

Quant à la durée de validité, une dérogation a été accordée à titre exceptionnel à la Pharmacie centrale des armées en 2006 pour les comprimés d'iode fabriqués par cette dernière pour le compte de l'EPRUS. Ainsi, la Pharmacie centrale des armées est autorisée à faire figurer la date de fabrication et non la date de péremption sur les boîtes d'antidotes des stocks stratégiques de l'État. Couplé à un programme de surveillance régulier par l'ANSM et à un suivi géré directement par l'établissement pharmaceutique de l'EPRUS, ce dispositif a permis de faire passer la durée de validité de l'iodure de potassium de 30 mois initialement à sept ans aujourd'hui (iodure de potassium distribué pendant la campagne 2016).

L'absence de renouvellement des stocks a permis de réaliser des économies conséquentes. (80)

Parmi les habitants ayant leurs comprimés à domicile, 37,1% des personnes possédaient des comprimés périmés distribués lors de la campagne de 2005. Ils ne se sont donc pas procurés les comprimés d'iode à la dernière campagne de 2009 car ils estimaient qu'ils restaient valables à vie une fois qu'ils les possédaient ou plus simplement par ignorance. Leurs comprimés sont donc inutilisables.

A Thionville, c'est à la côte des roses plus précisément que les riverains ont été interrogés. C'est un quartier défavorisé on nous a noté un manque véritable d'informations lors des échanges avec les habitants. Ils ne sont pas sensibilisés à la

prévention et ignorent pour certains que dans leur commune se tenaient des campagnes régulières d'information et de distribution de comprimés d'iode. Je me suis interrogé sur un lien entre l'aspect social et la sensibilité des habitants interrogés par rapport aux risques des installations nucléaires. Il en ressort des résultats non interprétables.

D'autre part dans la commune de Cattenom, la plupart des ménages abordés –au hasard- avaient au moins un membre de leur famille employés à la CNPE, donc nous pouvons supposer que cela influe sur les résultats dans la mesure où ils seraient mieux informés donc plus à même de connaître les informations relatifs aux risques du nucléaire.

Pour information : La couleur des comprimés est susceptible de virer au jaune voir brun, ça ne remet en aucun cas en cause la stabilité de ceux-ci ni leur capacité à être consommés.(81)

L'intégrité de l'emballage était respectée dans 90,9% des cas. Moins d'une personne sur dix possédait une boîte en mauvais état pouvant atteindre l'état des comprimés. Cela concernait souvent les personnes qui stockaient leur boîte dans un endroit inapproprié.

→Il serait donc utile d'insister sur l'existence d'une durée de validité et des conditions de conservation des comprimés d'iode dans le courrier incitant les personnes à récupérer les comprimés en pharmacie
Lors du retrait en pharmacie il faudrait rappeler l'intérêt du renouvellement des comprimés.

Effectuer des rappels inter-campagnes par des spots radio, affiches publicitaires ou affiches chez leur pharmacien et pour les personnes qui travaillent dans les communes, sur leur lieu de travail.

iv. **Quantité de comprimé de KI suffisante**

Lorsque les habitants sont en possession des comprimés, ils les ont pour la majorité en quantité suffisante. Le motif principal de manque de comprimés était la perte, et l'une des habitantes m'a affirmé l'avoir jetée car hors d'usage après être tombée dans l'eau. Il faut compter une **boîte de 10 comprimés pour 5 personnes** de plus de 12 ans vivants au domicile.(82) Le nombre de comprimés nécessaires est établi en fonction de l'âge et du nombre d'individu qui vivent au foyer.

v. Intérêt de la prise d'iode

Les personnes ont été interrogées sur l'intérêt de la prise de l'iode stable. Seule la moitié de l'échantillon (52,3%) a su répondre à cette question et savait décrire sur quel organe et comment agissait l'iode. Certains étaient plus à même de répondre car ils s'y intéressaient, d'autres affirment avoir reçu l'information par les autorités compétentes ou encore travailler dans le domaine médical.

vi. Démarches à réaliser pour se procurer les comprimés d'iode

Un peu plus des trois quarts des interrogés les connaissent soit 76,9%.

En effet, les démarches paraissent simples pour la plupart des habitants. Pour les autres, une partie affirme qu'ils seraient dans le doute allés à la mairie pour avoir les bonnes informations. Les autres n'auraient pas cherché à se procurer les comprimés.

Démarches lors des campagnes de sensibilisation et de distribution :

Lorsque la campagne est décidée puis mise en place par les autorités compétentes (Service de protection civile à la préfecture de Moselle en ce qui concerne la centrale de Cattenom, et l'Autorité Régionale de Santé). Elle se déroule en deux phases :

- Envoi de courriers cosignés par les Pouvoirs Publics et Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens accompagné d'un bon de retrait nominatif, d'un dépliant d'information sur l'iode et d'un dépliant ASN. Ce courrier invite les destinataires à venir retirer la ou les boîte(s) de comprimés d'iode gratuitement dans une pharmacie de leur choix participant à l'opération. Annexes 10 et 11.

- Les habitants n'ayant pas retiré leur boîte reçoivent un second courrier accompagné d'une boîte de comprimés d'iode.(83)

Démarches inter-campagnes :

Il faut se diriger vers son pharmacien avec un justificatif de domicile pour se faire délivrer le nombre de boîtes nécessaires. Ce qui implique que toutes les pharmacies dans la zone PPI doivent être en possession de comprimés.

vii. Attitude à adopter en cas d'accident

➤ Mesures passives

En cas de risque d'exposition à l'iode radioactif, les mesures passives visent avant tout à **soustraire les populations** aux émanations toxiques. Dès lors que les prévisions d'exposition de la population dépassent, en dose efficace, 10mSv pour le corps entier, la première mesure est la mise à l'abri. Elle correspond, une fois que l'alerte est donnée par la sirène, de garder son calme et de **se confiner** à son domicile

ou dans un bâtiment en dur, qui permet de réduire la contamination par voie respiratoire. Il faut penser non seulement à fermer et calfeutrer toutes les ouvertures mais aussi d'arrêter les systèmes de ventilation. Si le confinement n'est pas efficace, le port de masque est également efficace. Un exemple de ce qu'il ne faut pas faire est le maintien des activités extérieures, comme cela a été le cas en Biélorussie où les festivités du 1^{er} mai avaient été maintenues 5 jours après l'accident de Tchernobyl. Alors que le combustible continuait à brûler pendant 10 jours et les fumées radioactives contaminaient les trois quarts de l'Europe, pas moins de 800 enfants ont participé à un marathon.(84)

De plus, il faut **rester à l'écoute** de la radio et des télévisions locales pour suivre les conditions à respecter.

Si les **enfants** se trouvent à l'école, **ne pas aller les chercher**, ils seront pris en charge par les enseignants. Il **ne faut pas saturer les réseaux de communication** nécessaire à l'information des secours et à la transmission d'informations.

Une autre mesure importante est **l'arrêt de consommation de produits frais locaux**, qui ont d'autant plus de chances d'être contaminés que des précipitations pluvieuses auront provoqué des retombés au sol des particules radioactives. En ce qui concerne les enfants, il faut interdire les apports lactés frais en provenance de la zone contaminée. Des activités maximales d'environ 40 000 Bq/Kg de lait ont été mesurées le 8 mai 1986 aux environs de Tchernobyl.(85)

Ces mesures doivent être suivies d'une **évacuation de la population sur ordre du Préfet** si le danger persiste et/ou si les prévisions d'exposition de la population dépassent, en dose efficace, 50 mSv pour le corps entier.

➤ Mesures actives

Un apport rapide et conséquent d'iode stable, sous forme d'**iodure de potassium KI** va permettre de limiter les risques thyroïdiens de l'exposition à des isotopes radioactifs de l'iode. En effet, cet apport va agir selon plusieurs mécanismes.

-Tout d'abord, par un effet de dilution, plus l'apport de KI sera important, plus l'exposition à des isotopes radioactifs de l'iode sera proportionnellement amoindrie.

-Puis le transport de l'iode dans la thyroïde via le transporteur sodium/iode (NIS) sera saturé.

-Ensuite, une surcharge aiguë en iodure bloque sa propre utilisation, son organification, ce qui correspond à la mise en œuvre de l'effet Wolff-Chaikoff et bloque en même temps l'organification de l'iode radioactif contaminant.

Cet effet se traduit par une diminution de la captation de l'iode d'où une diminution de la synthèse hormonale et de la libération d'hormones thyroïdiennes.(86)

L'effet inhibiteur du KI est rapide et transitoire. Il est obtenu 30 minutes après son ingestion. En effet, cette mesure prophylactique est d'autant plus efficace qu'elle est

précoce. Cela suppose que les comprimés d'iode stable doivent être à portée de main dans le cas où un accident nucléaire survient. Ils ne doivent être pris en aucun cas de manière systématique à l'alerte sans que le préfet n'ait donné la consigne. Les comprimés d'iode ne seront absorbés qu'à la demande exclusive du préfet. D'où l'intérêt même de cette enquête pour obtenir une efficacité optimale de cette mesure de prophylaxie et éviter les conséquences dramatiques sur les individus potentiellement exposés.(87)

Le KI peut ainsi réduire plus de 95% l'irradiation de la thyroïde, s'il est pris quelques heures avant ou au moment du rejet dans l'environnement de l'iode radioactif. Son effet n'atteint plus que 50% lorsqu'il est pris 6 heures après. (figure 17) Attention, si l'iode stable est pris trop tôt, son efficacité est diminuée.

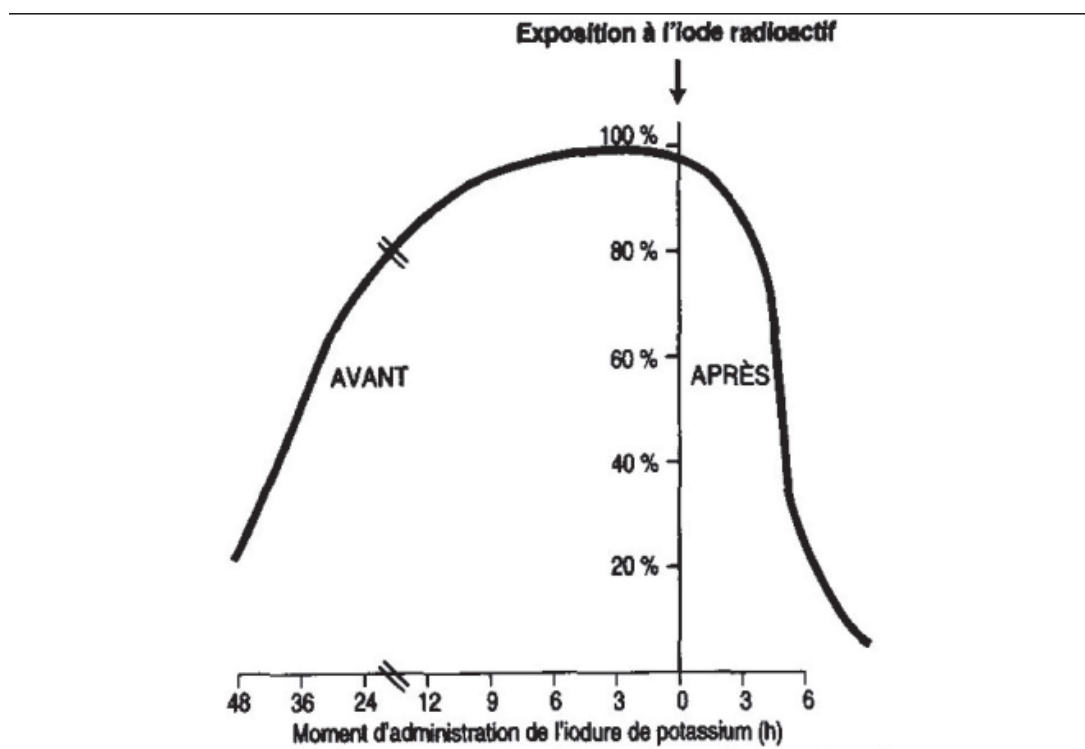


Figure 17 : Inhibition du captage de l'iode radioactif en fonction du moment de prise d'iodure de potassium(87)

L'effet de l'iode radioactif reprend généralement au bout de 48 heures. La prise d'iode stable doit par conséquent être répétée si le risque persiste. Elle peut nécessiter d'être quotidienne. Dans ce cas, les autorités en informent la population. Il faut cependant savoir que le risque d'effets secondaires augmente avec la fréquence d'administration. (cf infra)

➤ Utilité de la prophylaxie par l'iode : l'exemple polonais

Les travaux de Nauman et Wolff en 1993 ont montré l'efficacité de la prophylaxie à l'iode en Pologne où des doses d'iode stable ont été distribuées à la suite de l'accident de Tchernobyl entre le 28 avril et le 2 mai 1986, à 10,5 millions d'enfants et 7 millions d'adultes. La dose d'iode recommandée était de 15 mg chez les nouveau-nés, de 50 mg chez les enfants de 5 ans ou moins et de 75 mg chez les autres sujets, y compris les femmes enceintes. La dose à la thyroïde a été diminuée de 40 % chez les sujets qui ont pris l'iode stable trois jours après l'accident et de 25 % chez ceux qui l'ont pris quatre jours après. Ceci a permis de réduire la dose à la thyroïde à une valeur de 5 mSv. (88)

Sur le terrain, je me suis appuyée sur la plaquette en annexe 11 et le site internet <http://www.distribution-iode.com/> pour délivrer les informations utiles et répondre aux questions posées par les habitants rencontrés.

viii. **Connaissance de la posologie**

Auparavant, les comprimés étaient dosés à 130 mg. Depuis 2009 et dans le cadre d'une harmonisation européenne, les comprimés sont dosés à 65mg. Ils sont conditionnés en boîte de dix comprimés. Chaque comprimé peut être coupé en quatre, permettant d'adapter la dose à toutes les tranches d'âge, du nourrisson à l'adulte.

Les comprimés d'iode stable dosés à 65mg et sont fabriqués par la Pharmacie Centrale des Armées.

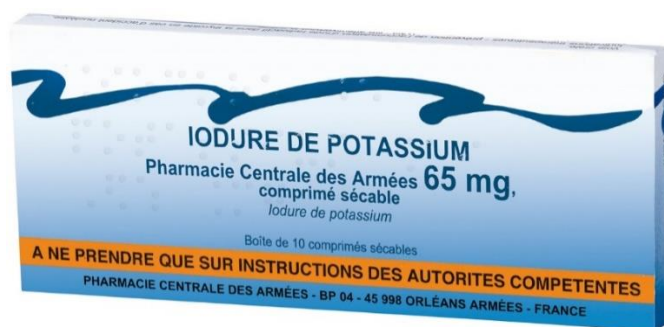


Figure 18 : Boîte de comprimés d'iodure de potassium

Les posologies sont établies en fonction de l'âge : (annexe 11)

Tableau VII : Posologies d'iodure de potassium selon l'âge dans le cadre d'une prophylaxie iodée

AGE	POSOLOGIE
0 À 1 MOIS	1/4 de comprimé (16,25 mg)
1 MOIS À 3 ANS	1/2 comprimé (32,5 mg)
3 À 12 ANS	1 comprimé (65 mg)
PLUS DE 12 ANS Y COMPRIS FEMMES ENCEINTES / ALLAITANTES	2 comprimés (130 mg)

Remarque : Si le rejet d'iode persiste ou s'il est jugé trop important, une seconde prise peut être décidée par les autorités. Cette mesure exclue les nourrissons de moins d'un mois et les femmes enceintes qui feront donc l'objet d'une évacuation prioritaire lorsque le signal est donné. (89)

Il est recommandé de consulter le médecin aussi tôt que possible après la prise d'iodure de potassium, et ce surtout chez les femmes enceintes et allaitantes, enfants de moins d'un an et personnes avec pathologies thyroïdiennes.

Dans l'échantillon, 16,2% seulement ont répondu correctement. Ce résultat est fortement influencé par le fait que la réponse spontanée lorsque l'information n'était pas connue, était un seul comprimé. Or les personnes interrogées étaient adultes, la posologie préconisée aux adultes est de 130mg soit 2 comprimés dosés à 65mg chacun.

D'autres personnes se souviennent des anciens comprimés dosés à 130 mg pour lesquels la posologie chez les adultes était d'un comprimé.

La plupart ignoraient totalement l'information et disaient se fier aux informations sur la boîte le moment venu.

➤ Age de la personne la plus âgée du foyer

D'autre part, nous avons montré qu'il existait un lien entre la possession des comprimés au domicile et l'âge de la personne la plus âgée avec 57,5% des personnes ayant des comprimés ont au moins une personne âgée au domicile contre 48% dans le groupe n'en possédant pas, la différence étant très significative (p=0,0006).

Or ce traitement prophylactique est **sans doute inutile après 40 ans**. Il est nécessaire d'évaluer les bénéfices par rapport aux risques, le risque d'effets secondaires augmentant avec l'âge. De plus, le risque de développer un cancer de la thyroïde consécutif à l'exposition aux rejets d'iodes radioactif après 40 ans est minime. D'autre part, le cancer thyroïdien qui pourrait être induit après 40 ans est beaucoup moins agressif que chez les enfants et son pronostic est très favorable. **A partir de 60 ans**, l'administration devient **potentiellement dangereuse** ainsi que chez les personnes à risques (antécédents de dysthyroïdie ou de cardiopathie). (52,90)

Parmi les personnes interrogées, plusieurs sont sujets à des antécédents de pathologies ou pathologies thyroïdiennes. Certains ont été thyroïdectomisés et possèdent quand même les comprimés au domicile. Cela s'expliquera par une attention accrue à leur état de santé et à celui de leur thyroïde. Rappelons qu'il est **inutile** de prendre les comprimés de KI chez les personnes aux antécédents de **thyroïdectomie totale**. (82)

Ces informations ont été délivrées aussi bien aux personnes concernées qu'aux plus jeunes lors de l'enquête et aucun d'entre eux n'avait connaissance des points évoqués ci-dessus.

➤ Présence de mineur(s)

Nous aurions pu penser que lorsque dans la famille, il y avait des mineurs, les parents seraient plus sensibilisés. L'enquête montre qu'à l'inverse, le groupe possédant des comprimés au domicile se compose de moins de mineurs que le groupe qui n'en possède pas.

ix. Population prioritaire

Lors de l'enquête, moins de la moitié des personnes démarchées ont répondu correctement (41,5 %).

Plusieurs personnes n'ont cité qu'une affirmation sur les deux (femmes enceintes / enfants) et/ou personnes âgées. Or les personnes âgées sont dispensées de la prise d'iode en cas d'accident nucléaire.

Le public prioritaire est **les femmes enceintes et les enfants**. Ils doivent être protégés en priorité.

Pour une absorption équivalente d'Iode 131, la thyroïde d'un enfant reçoit une dose plus importante de rayonnement parce que la même quantité d'énergie est déposée dans une petite masse de tissu (plus d'énergie par gramme = dose plus élevée). Par exemple, la dose à la thyroïde de l'enfant consécutive à l'inhalation d'iode radioactif peut être deux fois celle d'un adulte, et est 15 à 20 fois plus élevée que la dose globale du reste du corps (86). Par ailleurs, les nourrissons et les enfants ont un taux de croissance et de développement qui les rend plus vulnérables aux effets d'une exposition aux rayonnements.

Chez la femme enceinte, la thyroïde est métaboliquement plus active que chez une femme adulte non enceinte. La thyroïde prélèvera alors une quantité d'iode radioactif proportionnellement plus importante. De la même manière que l'iode stable, l'isotope radioactif traverse sans difficulté la barrière placentaire et affectera ainsi la glande thyroïde du fœtus. Il est aussi sécrété dans le lait maternel et atteindra de cette façon la thyroïde du nourrisson.

x. Mode de prise des comprimés

La majorité des personnes répondaient correctement. Ils ont eu cette information lors de la distribution des comprimés et s'en souviennent.

Lorsque j'ai demandé à quelques un comment avait été transmise l'information, la réponse était un dessin avec un **comprimé dans un verre d'eau**.

→ Cette réponse montre que les informations imagées sont bien mieux retenues. Il serait donc intéressant d'effectuer une transmission de l'information visuelle, imagée avec éventuellement des spots télévisés sur les chaînes locales ou encore multiplier les affiches dans les lieux publics.

Ces comprimés sont en effet à dissoudre dans une boisson (eau, lait, jus de fruit.) ou peuvent aussi être avalés. La dissolution reste toutefois difficile et des formes effervescentes seraient les bienvenues.(91)

xi. Contre-indications connues

Les contre-indications sont de plusieurs types. En dehors des quelques **pathologies immunologiques** préexistantes : dermatite herpétiforme et vascularite hypocomplémentaire qui augmentent la sensibilité à l'iode, **l'allergie à l'iode** contre-indique la prophylaxie par KI bien que rarissime. Les cas d'allergie recensés rapportés lors de l'utilisation de produits de contraste sont liés aux excipients et non au contenu iodé. La **dysthyroïdie ou antécédents** de dysthyroïdie (en particulier l'hyperthyroïdie active) contre-indique l'utilisation d'iodure.(92)

Les contre-indications les plus évidentes et les plus citées sont les pathologies ou antécédents de pathologies thyroïdiennes. Une fois de plus il s'agit de bon sens. Les personnes interrogées disent ne jamais avoir eu connaissance de ces informations.

→ Il faudrait communiquer d'avantage sur les contre-indications même si elles restent rares, surtout pour les personnes ayant des pathologies ou antécédents de pathologies thyroïdiennes et les inciter pour qu'ils se rapprochent de leur pharmacien / médecin.

En cas de contre-indication, des alternatives existent comme la solution de perchlorate de potassium ou de sodium à raison de 2x 0,5g. Il va entrer en compétition avec l'iode et en inhibe son absorption. D'autres molécules se chargent d'inhiber l'incorporation d'iode dans la tyrosine à l'aide de thyrostatiques tels que le carbimazole, le thiamazole ou le propylthiouracile.(93)

La carence iodée est associée à une meilleure captation de l'iode, qu'il soit froid ou radioactif, à l'inverse, la surcharge iodée l'inhibe, à l'instar de la prise d'hormones thyroïdiennes ou d'amiodarone. Un comprimé d'amiodarone contient 75mg d'iode soit 90 fois la dose moyenne ingérée en France. Les conséquences de cette surcharge massive sont importantes (44):

1. on observe une inhibition de la thyroperoxydase, responsable de l'organification de l'iodure.
2. puis diminution du captage de l'iodure par la thyroïde par effet Wolff-Chaikoff. Le transporteur actif de l'iode à l'intérieur de la cellule est inhibé.
3. échappement à l'effet Wolff-Chaikoff : la thyroïde s'adapte à la surcharge iodée au bout de 48 heures avec levé du blocage de l'organification de l'iode
4. l'iodure de l'amiodarone engendre une nécrose des cellules thyroïdiennes car en concentration très élevée donc thyrotoxicque. On assiste alors à une libération des stocks intra-thyroïdiens d'hormones.

xii. Effets indésirables

Suite à la demande de certains habitants, j'ai traité l'item des effets indésirables à titre d'information.

Les comprimés de KI sont généralement bien tolérés(94). Une seule équipe a fait part de son « expérience grandeur nature ». Ce sont les travaux de Nauman et Wolff qui en 1993 ont permis de conclure quant à l'existence d'effets indésirables secondaires à la prophylaxie par l'iode. Sur 10,5 millions d'enfant et 7 millions d'adultes, plus de 35 000 personnes ont bénéficié d'un suivi, dont 1/3 enfants. Les effets secondaires ont été séparés en effets secondaires thyroïdiens et extra-thyroïdiens.

➤ Effets indésirables thyroïdiens

Les travaux de Nauman et Wolff (88), ont permis de montrer l'absence d'effets secondaires thyroïdiens imputables à la prophylaxie iodée chez l'enfant et chez l'adulte indemnes significatifs d'antécédent thyroïdien, et même chez les adultes aux antécédents de goitres ou de dysthyroïdie. Il n'y a notamment eu aucune induction ou exacerbation de thyrotoxicose. Quatre adultes (0,08%), (mais aucun enfant) ont signalé des algies thyroïdiennes spontanément réversibles. En revanche, il a été observé un blocage thyroïdien aigu chez 0,37% des nouveau-nés, se traduisant par une majoration transitoire de la TSH et une diminution de la T4. Aucune séquelle n'a été déplorée, mais les auteurs incitent à la prudence dans cette tranche d'âge, notamment en cas de prophylaxie prolongée. Des travaux expérimentaux menés

chez le chimpanzé ont conduit à proposer une posologie alternative de 1,5mg/kg de KI en cas de grossesse et chez le nouveau-né, surtout si les prises doivent être répétées. (95)

➤ Effets indésirables extra-thyroïdiens

Environ 0,2% des personnes suivies ont signalé un effet secondaire extra-thyroïdien médicalement significatif. Certains effets sont peut-être en rapport avec le stress de la situation ou une prise maladroite du KI.(88) Deux adultes allergiques à l'iode ont développé une dyspnée aiguë suite à la prise d'iodure de potassium. Les différents effets répertoriés ont été reportés dans le tableau VII.

Tableau VIII : Effets secondaires extra-thyroïdiens de la prophylaxie iodée (88)

Symptômes	% d'enfants présentant l'effet	% d'adultes présentant l'effet
Aucun	95,4	95,5
Parotidite	0	0
Céphalées	0,18	0,69
Epigastralgies	0,36	0,63
Diarrhées	0,19	0,12
Vomissements	2,38	0,85
Dyspnée	0,11	0,63
Rashes cutanés	1,07	1,24
Autres	0,35	0,20

xiii. **Aspect social**

L'aspect social regroupe les 3 items suivants : le type de famille (mono ou biparentale), la catégorie socio-professionnelle, et le type de quartier (favorisé, moyen, défavorisé). Aucun des trois items ne nous a permis de conclure significativement ni même d'apporter une tendance statistique.

- ✓ Nous aurions tendance à penser que dans une famille biparentale, du fait que les parents soient tous deux présents, lorsqu' l'un des membres ne pense pas à la prévention, l'autre membre y remédierai. Il y aurait théoriquement plus de chance que le ménage possède les comprimés de KI. Or l'étude sur le terrain ne montre aucune différence entre le groupe qui possèderai des comprimés et le complémentaire.

- ✓ De même, il est du bon sens que de penser que les personnes appartenant à certaines catégories socio-professionnelles accordent plus d'importance à la prévention que d'autres professions. Mais le résultat obtenu ne mettait en évidence aucune significativité.
- ✓ La logique laisse croire que dans les quartiers favorisés, les résidents seraient plus sensibilisés à la prévention donc à l'iodoprophyllaxie. Les résultats ne donnent manifestement aucune tendance permettant de conclure. Il aurait probablement fallu intégrer plus d'individus dans chacun des trois groupes.

→ Mais le constat montre manifestement que dans le quartier de la côte des roses à Thionville, il existe un manque d'informations. Des mesures pourraient être mises en place pour sensibiliser ces personnes aux risques du nucléaire. Par exemple en réalisant des visites à domicile pour expliquer oralement l'intérêt de la prévention et leur fournir les comprimés d'iodure de potassium. Ou encore sensibiliser les mères en organisant des réunions en compagnie de leurs enfants à l'école.

3. Enquête auprès des pharmacies d'officine de la zone PPI

Le rôle du pharmacien est important dans le système de soin français. 87% des français disent faire confiance à leur pharmacien selon un sondage paru dans le Quotidien du Pharmacien.(96)

Le pharmacien ayant plusieurs rôles auprès des résidents, il doit être en mesure de répondre aux interrogations et délivrer les bonnes informations au public.

Lors des campagnes de sensibilisation à la radioprotection et de distribution des comprimés d'iode, il tient un rôle important en accord avec d'autres professionnels de santé (médecins, infirmiers, vétérinaires).

Le pharmacien a un rôle central en incitant au retrait et en distribuant aux riverains et aux établissements recevant du public, les comprimés d'iodure de potassium. Il est bon de le rappeler à chaque visite pour les sensibiliser et leur permettre de mieux comprendre l'utilité de la prise des comprimés.

En tant que professionnel de proximité, les riverains s'adresseront spontanément à leur pharmacien. C'est le rôle du pharmacien de répondre aux interrogations mais aussi de disposer de comprimés en permanence.

Le pharmacien dispose à chaque campagne de dépliant d'information remis par le service communication d'EDF.

Afin de servir au mieux les patients, il appartient au pharmacien de renseigner les interfaces de retrait des comprimés. Les informations sont disponibles sur le site www.distribution-iode.com.

Il est intéressant d'avoir une idée sur le niveau d'information dont disposent les pharmaciens à proximité de la Centrale de Cattenom, reflet de l'information délivré par les pouvoirs publics et le service communication de la Centrale de Cattenom.

i. Matériel et Méthode

L'enquête a été effectuée au même moment que celle réalisée auprès des habitants de la zone PPI c'est-à-dire entre le 23 mars et le 4 mai 2014.

Il s'agit d'une étude prospective non exhaustive sur un échantillon de pharmacies. L'échantillon est de type accidentel. 17 pharmacies sur les 27 de la zone PPI ont été démarchées par téléphone. 11 ont répondu au questionnaire et 3 n'ont pas répondu au téléphone et 3 n'a pas désiré répondre au questionnaire par « manque de temps ». Les pharmacies démarchées ont été sélectionnées au hasard.

Les questions étaient les suivantes :

- Les pharmacies disposent-elles d'un stock entre deux campagnes de distribution ?
- Quelles démarches effectuer pour se procurer les comprimés ? en cas de rupture, s'orienter vers un autre grossiste-répartiteur.
- concernant le personnel et / ou le pharmacien titulaire, existe-t-il des formations particulières permettant d'informer les professionnels de santé et de leur transmettre les informations utiles pour répondre aux interrogations des résidents ?

ii. Résultats

Les résultats aux questions sont très diverses. Aucune ligne directrice ne ressort des réponses aux questions. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IX: Recueil des données concernant les pharmaciens aux alentours de la centrale de Cattenom

	Dispose d'un stock de comprimés	Démarches pour se procurer les comprimés connus	Formations	Remarques
Pharmacie 1	Oui Le pharmacien dit ne pas être censé en avoir dans les officines. Source introuvable	Commande chez le grossiste-répartiteur	Aucune. Pas informé	
Pharmacie 2	Oui, différent selon période	Commande chez le	EDF effectuait des formations	Très informé des

	de campagne ou inter-campagne. Ne font plus de sur-stock	grossiste-répartiteur	aux professionnels de santé. Plus à l'ordre du jour.	nouveautés
Pharmacie 3	Oui, à la demande	Commande chez le grossiste-répartiteur	Aucune. Pas informé	
Pharmacie 4	Ne sait pas. Attends la prochaine campagne	Hésitant. Commande chez le grossiste-répartiteur	Aucune. Pas informé	
Pharmacie 5	Oui. 200 comprimés	Commande chez le grossiste-répartiteur	Réunion d'information par EDF	Très informé
Pharmacie 6	Non. Stock renvoyé au grossiste répartiteur sur demande d'EDF.		Réunion d'information par EDF	
Pharmacie 7	Oui.		Il n'y aurait de formation qu'en période de campagne	
Pharmacie 8	Non. Stock renvoyé au grossiste-répartiteur		Pas informé.	
Pharmacie 9	Oui	Commande chez le grossiste-répartiteur	Il y a quelques années, organisé par EDF	
Pharmacie 10	Oui Stock pour le personnel et pour les résidents.	Commande chez le grossiste-répartiteur	2 formations ces dix dernières années par EDF	Très informé
Pharmacie 11	Oui	Commande chez le grossiste-répartiteur	Pas informé.	

iii. Discussions

Cette enquête n'a pas de but statistique. L'objectif est d'avoir un aperçu du niveau d'information des pharmaciens de la zone PPI.

Il y a des pharmaciens très au fait des campagnes de distributions et d'autres beaucoup moins.

Les informations recueillies ne sont visiblement pas identiques d'une pharmacie à l'autre. Certains pharmaciens disposent d'un stock en période inter-campagne, d'autres disent avoir reçu l'information de ne pas conserver de stock en officine. Ils ont donc renvoyé les comprimés.

L'approvisionnement en comprimés d'iode est effectué par le grossiste répartiteur tant en période de campagne qu'en dehors. Aucun stock minimal ne serait fixé par les autorités. Cela pourrait être utile en cas de rupture chez les grossistes-répartiteurs de détenir un stock de « secours » à l'officine.

EDF aurait assuré des formations auprès des pharmaciens il y a quelques années. L'hétérogénéité des informations dont disposent les pharmaciens s'expliquerait soit par un manque d'intérêt ou encore par un défaut d'information de la part de l'exploitant. Il m'a effectivement été rapporté qu'EDF organisait des réunions d'informations auparavant mais que ce n'était plus d'actualité. Il serait judicieux de réinstaurer ces réunions, et de manière régulière, ou encore organiser des journées de formation par le service de protection civile de la préfecture. Au sein du système de santé, les pharmaciens sont les interlocuteurs privilégiés des habitants. Il est donc primordial de former et sensibiliser les pharmaciens afin que l'information de prévention soit mieux transmise et expliquée aux habitants des zones PPI et par conséquent mieux appliquée.

D. CONCLUSION

Les conséquences thyroïdiennes des accidents nucléaires peuvent être très graves. Les leçons tirées des erreurs commises lors de l'accident nucléaire de Tchernobyl ont permis d'être plus efficace au moment de l'accident consécutif au raz de marée de Fukushima. La prévention des conséquences thyroïdiennes par la distribution de comprimés d'iodure de potassium est une mesure qui a prouvé toute son importance lors des travaux de Nauman et Wolff. D'autres mesures plus passives tels que le confinement, l'éviction des produits alimentaires frais locaux ou encore l'exode organisé des populations contribuent à protéger l'individu des radiations.

Le démarchage aux alentours de la Centrale de Cattenom met en relief un manque d'information et d'intérêt de la population quant à la prévention des risques consécutifs aux accidents des centrales nucléaires. L'enquête a été couplée à la délivrance d'informations nécessaires et adaptées aux connaissances de chacun.

Les pharmaciens sont également touchés par ce défaut d'information.

Cela permet de développer une réflexion pour solutionner ce problème afin d'optimiser l'action de prévention.

Une campagne est en cours durant ce début d'année 2016, de nouveaux dépliants plus attractifs ainsi que de nouvelles affiches plus attirantes ont été développés et mis à disposition et à la vue du public dans les officines des zones PPI. Le site internet www.distribution-iode.com a été complètement revisité et est plus interactif que la précédente version. Il serait cependant souhaitable de réévaluer le niveau d'information dont dispose le public après la fin de cette campagne

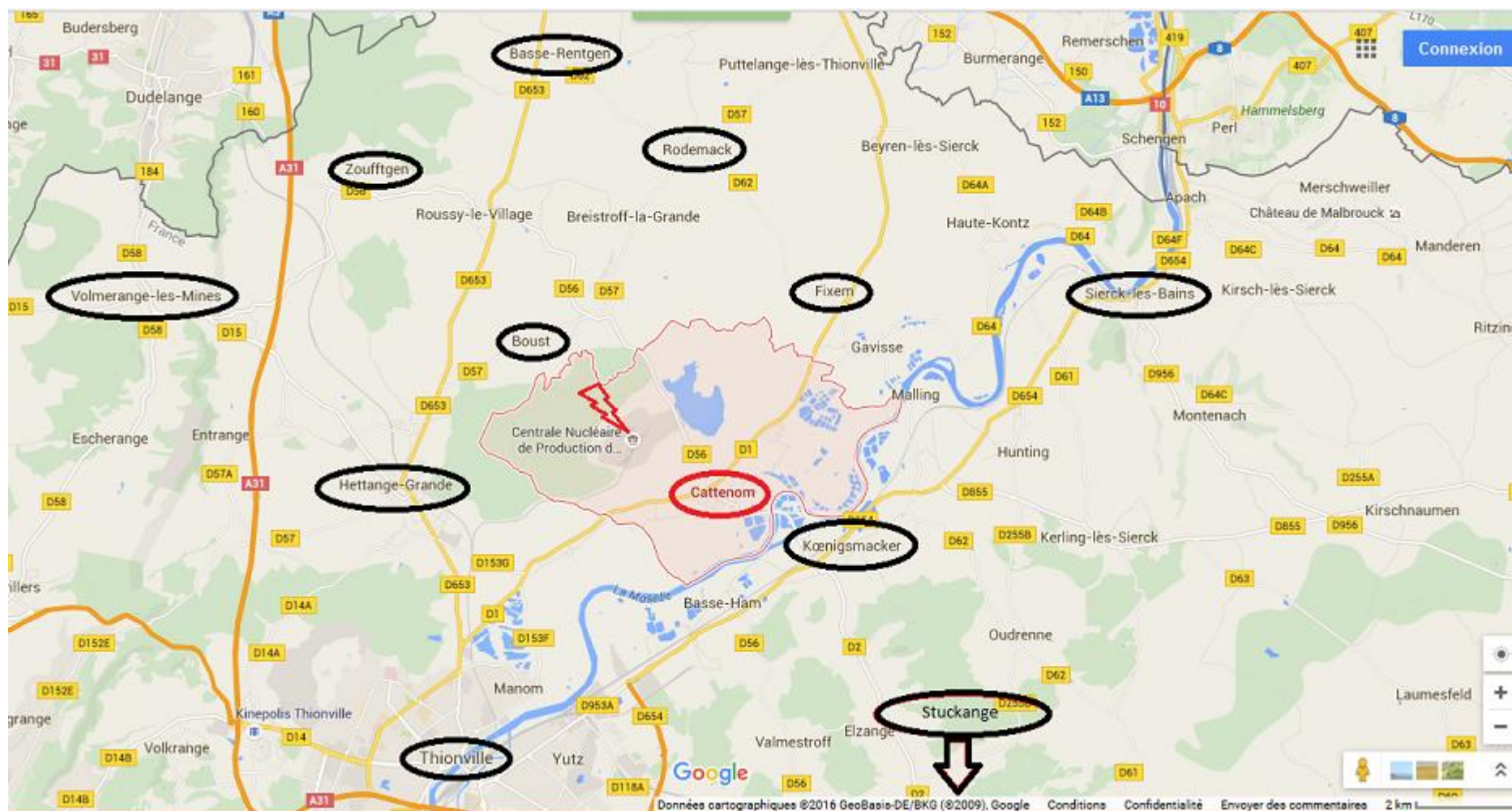
TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition des réacteurs du parc nucléaire français(3)	22
Figure 2 : Part du nucléaire dans la production d'électricité en 2014(4)	22
Figure 3 : Dépôts au sol de Césium en Europe après l'accident de Tchernobyl(9)	26
Figure 4 : Age des réacteurs nucléaires français en 2013 calculé à partir de la date du premier couplage au réseau (14)	28
Figure 5 : Le zonage sismotectonique de la France utilisé par l'IRSN(15).....	29
Figure 6 : Représentation de la vue antérieure de la glande thyroïde (35).....	38
Figure 7 : Carte des dosages d'iode dans les urines chez les adultes par région en France(41)	41
Figure 8 : Principales voies d'exposition de la contamination de l'air(45).....	45
Figure 9 : Alerte en cas d'accident nucléaire (d'après (58)).....	50
Figure 10 : Présence de comprimés d'iode stable au domicile	59
Figure 11 : Récapitulatif des résultats obtenus aux questions posées dans l'échantillon démarché	61
Figure 12 : Connaissance simultanée de la totalité des informations utiles en cas d'incident	62
Figure 13 : Présence de comprimés d'iode stable selon l'éloignement des communes à la centrale de Cattenom (en pourcentage)	63
Figure 14 : Pourcentage de personnes atteintes de pathologie thyroïdienne dans le groupe possédant des comprimés d'iode stable	64
Figure 15 : Pourcentage de présence de la personne la plus âgée au domicile et de mineur(s) au domicile dans le groupe ayant des comprimés et dans le groupe sans comprimés	65
Figure 16 : Utilisabilité des comprimés d'iode stable selon la commune (rangées dans l'ordre croissant de la distance à la CNPE de bas en haut)	67
Figure 17 : Inhibition du captage de l'iode radioactif en fonction du moment de prise d'iodure de potassium(87).....	75
Figure 18 : Boîte de comprimés d'iodure de potassium	76

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Les niveaux de l'échelle INES et description	23
Tableau II : Exemple d'incidents et accidents nucléaires de différents niveaux de gravité (5).....	24
Tableau III : Principaux isotopes rejetés dans l'air lors de l'accident de Tchernobyl (32)	35
Tableau IV : Principaux isotopes rejetés dans l'environnement lors de la catastrophe de Fukushima (33).....	37
Tableau V : Tableau récapitulatif des AJR en iode selon l'âge et l'état physiologique (37)	39
Tableau VI : p-value des items représentant l'utilisabilité des comprimés d'iode stable dans l'analyse de sensibilité.....	68
Tableau VII : Posologies d'iodure de potassium selon l'âge dans le cadre d'une prophylaxie iodée.....	77
Tableau VIII : Effets secondaires extra-thyroïdiens de la prophylaxie iodée (88).....	81
Tableau IX : Recueil des données concernant les pharmaciens aux alentours de la centrale de Cattenom	83

Annexe 1 : Cartographie des communes démarquées lors de l'enquête à Cattenom et alentours



Annexe 2: questionnaire soumis à la population résidant dans un rayon de 10km autour de la centrale nucléaire de Cattenom et son interprétation

		comprimés utilisables?				en cas d'incident							
Commune et type de quartier (F/M/D)	présence de comprimés de KI?	Lieu de rangement mémorisable?	conditions de conservation	Péremption	intégrité de l'emballage	quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile	intérêt de l'établissement connu	Démarches et lieu pour s'en procurer	attitude à adopter connue	Posologie connue	Population prioritaire connue	mode de prise connu	CI connues
	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1

nombre de personnes vivant au domicile	âge des personnes	catégorie socio-professionnelle	état de santé thyroïdien
			0/1

1. **Type de quartier** : F= favorisé M=moyen D=défavorisé
2. **Présence de comprimés** de KI au domicile : 0= comprimés présents 1=comprimés absents
3. **Lieu de rangement** des comprimés mémorisable : 0= non 1=oui
4. Utilisabilité des comprimés
 - **Les conditions de conservation** : au sec, à l'abri de la lumière. Le score est de 0 quand aucune de ces deux conditions n'est respectée ou une seule l'est et 1 si les deux conditions étaient remplies
 - **La péremption** : La date de péremption des comprimés a été remplacée par la date de fabrication. Lorsque celle-ci est inférieure à 7ans, durée de conservation préconisée par l'ANSM, le score était de 1 : c'est-à-dire que les comprimés sont encore valides. Sinon le score de 0 était attribué.
 - **L'intégrité de l'emballage** : cela définit un emballage non abîmé, troué, ouvert, écrasé. Lorsque l'emballage est intact le score est de 1, dans le cas contraire le score est de 0
5. **Quantité suffisante** : 0 = quantité non suffisante et 1=au moins le nombre de comprimé nécessaire à toutes les personnes demeurant au domicile.
6. **Intérêt** : 0=pas compris et 1=connait l'intérêt de la prise des comprimés d'iode stable
7. En cas d'incident :
 - **Les démarches à suivre** et ou se rendre pour se procurer les comprimés d'iode : 0=information pas connue et 1=la personne sait comment se procurer les comprimés
 - Quelle **attitude** adopter **en cas d'accident nucléaire** ? : 0=aucune mesure n'est citée et 1 lorsque parmi les consignes au moins deux sont citées à savoir confinement et prise de comprimé d'iode sur ordre des autorités
 - Connaissance de la **posologie des comprimés d'iode stable** : 1=si au moins la posologie des adultes est connue (car seuls des adultes ont répondu au questionnaire), sinon 0.
 - Savoir quelle est la **population prioritaire** : 1=si l'habitant répond mineur et femme enceinte. Sinon=0
 - **Comment prendre ces comprimés** : 0=si le mode de prise n'est pas connu et 1=si la réponse est dissoudre dans une boisson.
 - Connaître les **contre-indications** : 1=au moins une des contre-indications les plus connues a été citée à savoir hypersensibilité à l'un des constituants, pathologie ou antécédents de pathologie thyroïdienne. Sinon=0
8. **Etat de santé thyroïdien** : 1=Pathologie ou antécédents de pathologie thyroïdienne.0=non.

Annexe 3 : Descriptif selon la présence/l'absence de comprimés d'iode stable

	Total N= 130			Non N=41 (31,5%)			Oui N=89 (68,5%)			p**
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	
commune										0,0345
Cattenom	10	7,7		2	4,9		8	9,0		
Thionville (cote des roses)	10	7,7		6	14,6		4	4,5		
Basse-Rentgen	15	11,5		3	7,3		12	13,5		
Sierck-lès-bains	10	7,7		6	14,6		4	4,5		
Volmerange-lès-mines	12	9,2		4	9,8		8	9,0		
Boust	13	10,0		2	4,9		11	12,4		
Hettange grande	10	7,7		5	12,2		5	5,6		
Rodemack	10	7,7		4	9,8		6	6,7		
Koenigsmacker	10	7,7		0	0,0		10	11,2		
Stuckange	10	7,7		1	2,4		9	10,1		
Fixem	10	7,7		3	7,3		7	7,9		
Zouftgen	10	7,7		5	12,2		5	5,6		
distance de la centrale nucléaire (km)	130	6,9	3,0	41	7,7	2,5	89	6,5	3,1	0,0320
type de quartier										0,2075
Favorisé	55	42,3		13	31,7		42	47,2		
Moyen	59	45,4		21	51,2		38	42,7		
Défavorisé	16	12,3		7	17,1		9	10,1		
nombre d'habitant dans le foyer	130	2,6	1,2	41	2,8	1,3	89	2,6	1,2	0,2202
âge de la personne la plus âgée du foyer	130	54,5	15,1	41	48,0	15,3	89	57,5	14,0	0,0006
présence de mineurs dans la famille										0,0048
Non	83	63,8		19	46,3		64	71,9		
Oui	47	36,2		22	53,7		25	28,1		
type de foyer										0,3441
monoparentale	30	23,3		13	31,7		17	19,3		
biparentale	97	75,2		28	68,3		69	78,4		
biparentale recomposée	1	0,8		0	0,0		1	1,1		
grand-mère - petit fils	1	0,8		0	0,0		1	1,1		
type de foyer - recodé										0,1637
monoparentale	31	24,0		13	31,7		18	20,5		
biparentale	98	76,0		28	68,3		70	79,5		
CSP										0,2162
artisan, commerçant, d'entreprise	9	6,9		3	7,3		6	6,7		
cadre	5	3,8		2	4,9		3	3,4		
profession intermédiaire	22	16,9		9	22,0		13	14,6		
employé	27	20,8		9	22,0		18	20,2		
ouvrier	12	9,2		5	12,2		7	7,9		
retraité	48	36,9		9	22,0		39	43,8		
autre	7	5,4		4	9,8		3	3,4		
CSP2										0,2525
artisan, commerçant, d'entreprise/cadre	14	10,8		5	12,2		9	10,1		
profession intermédiaire/employé/ouvrier	61	46,9		23	56,1		38	42,7		
retraité/autre	55	42,3		13	31,7		42	47,2		
pathologie thyroïdienne										0,8712
non	114	87,7		37	90,2		77	86,5		

	Total N= 130		Non N=41 (31,5%)		Oui N=89 (68,5%)		p**
	N	%/moy ET*	N	%/moy ET*	N	%/moy ET*	
non mais allergie à l'iode	1	0,8	0	0,0	1	1,1	
hyperthyroïdie (néomercazole)	5	3,8	2	4,9	3	3,4	
hashimoto	1	0,8	0	0,0	1	1,1	
nodules	2	1,5	1	2,4	1	1,1	
thyroïdectomie	3	2,3	0	0,0	3	3,4	
hypothyroïdie (LVT)	2	1,5	1	2,4	1	1,1	
adénome hypophysaire (thyroïde dérégulée)	2	1,5	0	0,0	2	2,2	
pathologie thyroïdienne							0,7746
Non	15	11,5	4	9,8	11	12,4	
Oui	115	88,5	37	90,2	78	87,6	
Lieu de rangement mémorisable							
Non	6	6,7	.	.	6	6,7	
Oui	83	93,3	.	.	83	93,3	
conditions de conservation respectées							
Non	7	7,9	.	.	7	7,9	
Oui	82	92,1	.	.	82	92,1	
péremption							
Non	56	62,9	.	.	56	62,9	
Oui	33	37,1	.	.	33	37,1	
intégrité de l'emballage							
Non	5	5,7	.	.	5	5,7	
Oui	80	90,9	.	.	80	90,9	
NA	3	3,4	.	.	3	3,4	
intégrité de l'emballage - recodé							
Non	8	9,1	.	.	8	9,1	
Oui	80	90,9	.	.	80	90,9	
quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile							
Non	3	3,4	.	.	3	3,4	
Oui	86	96,6	.	.	86	96,6	
intérêt de l'iode stable connu							0,0149
Non	62	47,7	26	63,4	36	40,4	
Oui	68	52,3	15	36,6	53	59,6	
démarches et lieu pour se procurer l'iode stable							0,0034
Non	30	23,1	16	39,0	14	15,7	
Oui	100	76,9	25	61,0	75	84,3	
attitude à adopter connue							<0,0001
Non	59	45,4	30	73,2	29	32,6	
Oui	71	54,6	11	26,8	60	67,4	
posologie connue							0,0631
Non	109	83,8	38	92,7	71	79,8	
Oui	21	16,2	3	7,3	18	20,2	
population prioritaire connue							0,2457
Non	76	58,5	27	65,9	49	55,1	
Oui	54	41,5	14	34,1	40	44,9	
mode de prise connu							0,0182
Non	18	13,8	10	24,4	8	9,0	
Oui	112	86,2	31	75,6	81	91,0	
Contre-indications connue (au moins une)							0,4102
Non	92	70,8	31	75,6	61	68,5	
Oui	38	29,2	10	24,4	28	31,5	

	Total N= 130		Non N=41 (31,5%)		Oui N=89 (68,5%)		
	N	%/moy ET*	N	%/moy ET*	N	%/moy ET*	p**

comprimés utilisables

Non	61	68,5	.	.	61	68,5	.
Oui	28	31,5	.	.	28	31,5	.

informations utiles si incident

Non	126	96,9	40	97,6	86	96,6	1,0000
Oui	4	3,1	1	2,4	3	3,4	

* Ecart-type

** Test du Chi-2 ou test exact de Fisher pour variables qualitatives, test issu d'un test de Student pour les variables quantitatives

Consultation ESPRI-BioBase, ICU

Annexe 4 : Descriptif selon la distance à la centrale (≤ 6,6km)

	Total N= 130			Non N=77 (59,2%)			Oui N=53 (40,8%)			p**
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	
présence de comprimés d'iode stable au domicile										0,0701
Non	41	31,5		29	37,7		12	22,6		
Oui	89	68,5		48	62,3		41	77,4		
distance de la centrale nucléaire (km)	130	6,9	3,0	77	9,0	1,1	53	3,9	2,2	<0,0001
type de quartier										<0,0001
Favorisé	55	42,3		12	15,6		43	81,1		
Moyen	59	45,4		50	64,9		9	17,0		
Défavorisé	16	12,3		15	19,5		1	1,9		
nombre d'habitant dans le foyer	130	2,6	1,2	77	2,6	1,3	53	2,7	1,1	0,4451
âge de la personne la plus âgée du foyer	130	54,5	15,1	77	52,5	15,7	53	57,4	13,7	0,0656
présence de mineurs dans la famille										0,9521
Non	83	63,8		49	63,6		34	64,2		
Oui	47	36,2		28	36,4		19	35,8		
type de foyer										0,0870
monoparentale	30	23,3		22	28,6		8	15,4		
biparentale	97	75,2		54	70,1		43	82,7		
biparentale recomposée	1	0,8		0	0,0		1	1,9		
grand-mère - petit fils	1	0,8		1	1,3		0	0,0		
type de foyer - recodé										0,0589
monoparentale	31	24,0		23	29,9		8	15,4		
biparentale	98	76,0		54	70,1		44	84,6		
CSP										0,5173
artisan, commerçant, chef d'entreprise	9	6,9		7	9,1		2	3,8		
cadre	5	3,8		3	3,9		2	3,8		
profession intermédiaire	22	16,9		9	11,7		13	24,5		
employé	27	20,8		18	23,4		9	17,0		
ouvrier	12	9,2		7	9,1		5	9,4		
retraité	48	36,9		28	36,4		20	37,7		
autre	7	5,4		5	6,5		2	3,8		
CSP2										0,5813
artisan, commerçant, chef d'entreprise/cadre	14	10,8		10	13,0		4	7,5		
profession intermédiaire/employé/ouvrier	61	46,9		34	44,2		27	50,9		
retraité/autre	55	42,3		33	42,9		22	41,5		
pathologie thyroïdienne										0,6743
non	114	87,7		66	85,7		48	90,6		
non mais allergie à l'iode	1	0,8		0	0,0		1	1,9		
hyperthyroïdie (néomercazole)	5	3,8		3	3,9		2	3,8		
hashimoto	1	0,8		1	1,3		0	0,0		
nodules	2	1,5		2	2,6		0	0,0		
thyroïdectomie	3	2,3		3	3,9		0	0,0		
hypothyroïdie (LVT)	2	1,5		1	1,3		1	1,9		
adénome hypophysaire	2	1,5		1	1,3		1	1,9		

	Total N= 130			Non N=77 (59,2%)			Oui N=53 (40,8%)			
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	p**
pathologie thyroïdienne										0,2768
Non	15	11,5		11	14,3		4	7,5		
Oui	115	88,5		66	85,7		49	92,5		
Lieu de rangement mémorisable										0,6827
Non	6	6,7		4	8,3		2	4,9		
Oui	83	93,3		44	91,7		39	95,1		
conditions de conservation respectées										0,4448
Non	7	7,9		5	10,4		2	4,9		
Oui	82	92,1		43	89,6		39	95,1		
péremption										0,9290
Non	56	62,9		30	62,5		26	63,4		
Oui	33	37,1		18	37,5		15	36,6		
intégrité de l'emballage										0,3767
Non	5	5,7		3	6,3		2	5,0		
Oui	80	90,9		42	87,5		38	95,0		
NA	3	3,4		3	6,3		0	0,0		
intégrité de l'emballage - recodé										0,2831
Non	8	9,1		6	12,5		2	5,0		
Oui	80	90,9		42	87,5		38	95,0		
quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile										1,0000
Non	3	3,4		2	4,2		1	2,4		
Oui	86	96,6		46	95,8		40	97,6		
intérêt de l'iode stable connu										0,0002
Non	62	47,7		47	61,0		15	28,3		
Oui	68	52,3		30	39,0		38	71,7		
démarches et lieu pour se procurer l'iode stable										0,0083
Non	30	23,1		24	31,2		6	11,3		
Oui	100	76,9		53	68,8		47	88,7		
attitude à adopter connue										0,0039
Non	59	45,4		43	55,8		16	30,2		
Oui	71	54,6		34	44,2		37	69,8		
posologie connue										0,8316
Non	109	83,8		65	84,4		44	83,0		
Oui	21	16,2		12	15,6		9	17,0		
population prioritaire connue										0,0710
Non	76	58,5		50	64,9		26	49,1		
Oui	54	41,5		27	35,1		27	50,9		
mode de prise connu										0,4892
Non	18	13,8		12	15,6		6	11,3		
Oui	112	86,2		65	84,4		47	88,7		
Contre-indications connue (au moins une)										0,5541
Non	92	70,8		56	72,7		36	67,9		
Oui	38	29,2		21	27,3		17	32,1		
comprimés utilisables										0,6141
Non	61	68,5		34	70,8		27	65,9		
Oui	28	31,5		14	29,2		14	34,1		
informations utiles si incident										0,1570
Non	126	96,9		76	98,7		50	94,3		
Oui	4	3,1		1	1,3		3	5,7		

* Ecart-type

** Test du Chi-2 ou test exact de Fisher pour variables qualitatives, test issu d'un test de Student pour les variables quantitatives ; Consultation ESPRI-BioBase, ICU

Annexe 5 : Descriptif selon la distance à la centrale (≤ 4,9km)

	Total N= 130			Non N=87 (66,9%)			Oui N=43 (33,1%)			p**
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	
présence de comprimés d'iode stable au domicile										0,0085
Non	41	31,5		34	39,1		7	16,3		
Oui	89	68,5		53	60,9		36	83,7		
distance de la centrale nucléaire (km)	130	6,9	3,0	87	8,7	1,3	43	3,2	2,0	<0,0001
type de quartier										<0,0001
Favorisé	55	42,3		21	24,1		34	79,1		
Moyen	59	45,4		50	57,5		9	20,9		
Défavorisé	16	12,3		16	18,4		0	0,0		
nombre d'habitant dans le foyer	130	2,6	1,2	87	2,6	1,2	43	2,8	1,2	0,3913
âge de la personne la plus âgée du foyer	130	54,5	15,1	87	53,0	15,9	43	57,4	12,9	0,1189
présence de mineurs dans la famille										0,8322
Non	83	63,8		55	63,2		28	65,1		
Oui	47	36,2		32	36,8		15	34,9		
type de foyer										0,2778
monoparentale	30	23,3		23	26,4		7	16,7		
biparentale	97	75,2		63	72,4		34	81,0		
biparentale recomposée	1	0,8		0	0,0		1	2,4		
grand-mère - petit fils	1	0,8		1	1,1		0	0,0		
type de foyer - recodé										0,1738
monoparentale	31	24,0		24	27,6		7	16,7		
biparentale	98	76,0		63	72,4		35	83,3		
CSP										0,4538
artisan, commerçant, chef d'entreprise	9	6,9		7	8,0		2	4,7		
cadre	5	3,8		4	4,6		1	2,3		
profession intermédiaire	22	16,9		10	11,5		12	27,9		
employé	27	20,8		20	23,0		7	16,3		
ouvrier	12	9,2		8	9,2		4	9,3		
retraité	48	36,9		33	37,9		15	34,9		
autre	7	5,4		5	5,7		2	4,7		
CSP2										0,5111
artisan, commerçant, chef d'entreprise/cadre	14	10,8		11	12,6		3	7,0		
profession intermédiaire/employé/ouvrier	61	46,9		38	43,7		23	53,5		
retraité/autre	55	42,3		38	43,7		17	39,5		
pathologie thyroïdienne										0,6717
non	114	87,7		76	87,4		38	88,4		
non mais allergie à l'iode	1	0,8		0	0,0		1	2,3		
hyperthyroïdie (néomercazole)	5	3,8		3	3,4		2	4,7		
hashimoto	1	0,8		1	1,1		0	0,0		
nodules	2	1,5		2	2,3		0	0,0		
thyroïdectomie	3	2,3		3	3,4		0	0,0		
hypothyroïdie (LVT)	2	1,5		1	1,1		1	2,3		
adénome hypophysaire (thyroïde dérégulée)	2	1,5		1	1,1		1	2,3		
pathologie thyroïdienne										0,7722
Non	15	11,5		11	12,6		4	9,3		

	Total N= 130			Non N=87 (66,9%)			Oui N=43 (33,1%)			p**
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	
Oui	115	88,5		76	87,4		39	90,7		
Lieu de rangement mémorisable										1,0000
Non	6	6,7		4	7,5		2	5,6		
Oui	83	93,3		49	92,5		34	94,4		
conditions de conservation respectées										0,6966
Non	7	7,9		5	9,4		2	5,6		
Oui	82	92,1		48	90,6		34	94,4		
péremption										0,1343
Non	56	62,9		30	56,6		26	72,2		
Oui	33	37,1		23	43,4		10	27,8		
intégrité de l'emballage										0,4469
Non	5	5,7		3	5,7		2	5,7		
Oui	80	90,9		47	88,7		33	94,3		
NA	3	3,4		3	5,7		0	0,0		
intégrité de l'emballage - recodé										0,4693
Non	8	9,1		6	11,3		2	5,7		
Oui	80	90,9		47	88,7		33	94,3		
quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile										1,0000
Non	3	3,4		2	3,8		1	2,8		
Oui	86	96,6		51	96,2		35	97,2		
intérêt de l'iode stable connu										0,0051
Non	62	47,7		49	56,3		13	30,2		
Oui	68	52,3		38	43,7		30	69,8		
démarches et lieu pour se procurer l'iode stable										0,0022
Non	30	23,1		27	31,0		3	7,0		
Oui	100	76,9		60	69,0		40	93,0		
attitude à adopter connue										0,0049
Non	59	45,4		47	54,0		12	27,9		
Oui	71	54,6		40	46,0		31	72,1		
posologie connue										0,2982
Non	109	83,8		75	86,2		34	79,1		
Oui	21	16,2		12	13,8		9	20,9		
population prioritaire connue										0,2351
Non	76	58,5		54	62,1		22	51,2		
Oui	54	41,5		33	37,9		21	48,8		
mode de prise connu										0,6067
Non	18	13,8		13	14,9		5	11,6		
Oui	112	86,2		74	85,1		38	88,4		
Contre-indications connue (au moins une)										0,5576
Non	92	70,8		63	72,4		29	67,4		
Oui	38	29,2		24	27,6		14	32,6		
comprimés utilisables										0,2794
Non	61	68,5		34	64,2		27	75,0		
Oui	28	31,5		19	35,8		9	25,0		
informations utiles si incident										0,0703
Non	126	96,9		86	98,9		40	93,0		
Oui	4	3,1		1	1,1		3	7,0		

* Ecart-type

** Test du Chi-2 ou test exact de Fisher pour variables qualitatives, test issu d'un test de Student pour les variables quantitatives ; Consultation ESPRI-BioBase, ICU

Annexe 6 : Descriptif selon la distance à la centrale (≤7km)

	Total N= 130			Non N=67 (51,5%)			Oui N=63 (48,5%)			p**
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	
présence de comprimés d'iode stable au domicile										0,1439
Non	41	31,5		25	37,3		16	25,4		
Oui	89	68,5		42	62,7		47	74,6		
distance de la centrale nucléaire (km)	130	6,9	3,0	67	9,3	0,8	63	4,4	2,3	<0,0001
type de quartier										<0,0001
Favorisé	55	42,3		12	17,9		43	68,3		
Moyen	59	45,4		40	59,7		19	30,2		
Défavorisé	16	12,3		15	22,4		1	1,6		
nombre d'habitant dans le foyer	130	2,6	1,2	67	2,5	1,3	63	2,8	1,1	0,2573
âge de la personne la plus âgée du foyer	130	54,5	15,1	67	52,9	15,7	63	56,1	14,3	0,2250
présence de mineurs dans la famille										0,4168
Non	83	63,8		45	67,2		38	60,3		
Oui	47	36,2		22	32,8		25	39,7		
type de foyer										0,1777
monoparentale	30	23,3		19	28,4		11	17,7		
biparentale	97	75,2		47	70,1		50	80,6		
biparentale recomposée	1	0,8		0	0,0		1	1,6		
grand-mère - petit fils	1	0,8		1	1,5		0	0,0		
type de foyer - recodé										0,1078
monoparentale	31	24,0		20	29,9		11	17,7		
biparentale	98	76,0		47	70,1		51	82,3		
CSP										0,1869
artisan, commerçant, chef d'entreprise	9	6,9		7	10,4		2	3,2		
cadre	5	3,8		3	4,5		2	3,2		
profession intermédiaire	22	16,9		6	9,0		16	25,4		
employé	27	20,8		13	19,4		14	22,2		
ouvrier	12	9,2		7	10,4		5	7,9		
retraité	48	36,9		27	40,3		21	33,3		
autre	7	5,4		4	6,0		3	4,8		
CSP2										0,1035
artisan, commerçant, chef d'entreprise/cadre	14	10,8		10	14,9		4	6,3		
profession intermédiaire/employé/ouvrier	61	46,9		26	38,8		35	55,6		
retraité/autre	55	42,3		31	46,3		24	38,1		
pathologie thyroïdienne										0,9389
non	114	87,7		57	85,1		57	90,5		
non mais allergie à l'iode	1	0,8		0	0,0		1	1,6		
hyperthyroïdie (néomercazole)	5	3,8		3	4,5		2	3,2		
hashimoto	1	0,8		1	1,5		0	0,0		
nodules	2	1,5		2	3,0		0	0,0		
thyroïdectomie	3	2,3		2	3,0		1	1,6		
hypothyroïdie (LVT)	2	1,5		1	1,5		1	1,6		
adénome hypophysaire (thyroïde dérégulée)	2	1,5		1	1,5		1	1,6		
pathologie thyroïdienne										0,2758
Non	15	11,5		10	14,9		5	7,9		
Oui	115	88,5		57	85,1		58	92,1		
Lieu de rangement mémorisable										0,4154
Non	6	6,7		4	9,5		2	4,3		
Oui	83	93,3		38	90,5		45	95,7		
conditions de conservation respectées										0,2477
Non	7	7,9		5	11,9		2	4,3		

	Total N= 130			Non N=67 (51,5%)			Oui N=63 (48,5%)			p**
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	
Oui	82	92,1		37	88,1		45	95,7		
péremption										0,4892
Non	56	62,9		28	66,7		28	59,6		
Oui	33	37,1		14	33,3		19	40,4		
intégrité de l'emballage										0,1614
Non	5	5,7		3	7,1		2	4,3		
Oui	80	90,9		36	85,7		44	95,7		
NA	3	3,4		3	7,1		0	0,0		
intégrité de l'emballage - recodé										0,1446
Non	8	9,1		6	14,3		2	4,3		
Oui	80	90,9		36	85,7		44	95,7		
quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile										0,6002
Non	3	3,4		2	4,8		1	2,1		
Oui	86	96,6		40	95,2		46	97,9		
intérêt de l'iode stable connu										0,0015
Non	62	47,7		41	61,2		21	33,3		
Oui	68	52,3		26	38,8		42	66,7		
démarches et lieu pour se procurer l'iode stable										0,0065
Non	30	23,1		22	32,8		8	12,7		
Oui	100	76,9		45	67,2		55	87,3		
attitude à adopter connue										0,0201
Non	59	45,4		37	55,2		22	34,9		
Oui	71	54,6		30	44,8		41	65,1		
posologie connue										0,6947
Non	109	83,8		57	85,1		52	82,5		
Oui	21	16,2		10	14,9		11	17,5		
population prioritaire connue										0,1725
Non	76	58,5		43	64,2		33	52,4		
Oui	54	41,5		24	35,8		30	47,6		
mode de prise connu										0,3813
Non	18	13,8		11	16,4		7	11,1		
Oui	112	86,2		56	83,6		56	88,9		
Contre-indications connue (au moins une)										0,5409
Non	92	70,8		49	73,1		43	68,3		
Oui	38	29,2		18	26,9		20	31,7		
comprimés utilisables										0,2794
Non	61	68,5		34	64,2		27	75,0		
Oui	28	31,5		19	35,8		9	25,0		
informations utiles si incident										0,0703
Non	126	96,9		86	98,9		40	93,0		
Oui	4	3,1		1	1,1		3	7,0		

* Ecart-type

** Test du Chi-2 ou test exact de Fisher pour variables qualitatives, test issu d'un test de Student pour les variables quantitatives

Consultation ESPRI-BioBase, ICU

Annexe 7 : Descriptif selon le CSP regroupée en 3 classes

	Total			artisan, commerçant, chef d'entreprise/cadre			profession intermédiaire/employé/ouvrier			retraité/autre			p**
	N= 130			N=14 (10,8%)			N=61 (46,9%)			N=55 (42,3%)			
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	
commune													0,1180
Cattenom	10	7,7		1	7,1		8	13,1		1	1,8		
Thionville (cote des roses)	10	7,7		3	21,4		1	1,6		6	10,9		
Basse-Rentgen	15	11,5		4	28,6		6	9,8		5	9,1		
Sierck-lès-bains	10	7,7		2	14,3		4	6,6		4	7,3		
Volmerange-lès- mines	12	9,2		0	0,0		5	8,2		7	12,7		
Boust	13	10,0		1	7,1		5	8,2		7	12,7		
Hettange grande	10	7,7		1	7,1		4	6,6		5	9,1		
Rodemack	10	7,7		0	0,0		8	13,1		2	3,6		
Koenigsmacker	10	7,7		1	7,1		3	4,9		6	10,9		
Stuckange	10	7,7		0	0,0		6	9,8		4	7,3		
Fixem	10	7,7		0	0,0		7	11,5		3	5,5		
Zouftgen	10	7,7		1	7,1		4	6,6		5	9,1		
distance de la centrale nucléaire (km)	130	6,9	3,0	14	7,4	3,0	61	6,5	3,3	55	7,3	2,6	0,2785
type de quartier													0,0241
Favorisé	55	42,3		4	28,6		26	42,6		25	45,5		
Moyen	59	45,4		5	35,7		32	52,5		22	40,0		
Défavorisé	16	12,3		5	35,7		3	4,9		8	14,5		
nombre d'habitant dans le foyer	130	2,6	1,2	14	2,8	1,3	61	3,2	1,1	55	2,0	1,0	<0,0001
âge de la personne la plus âgée du foyer	130	54,5	15,1	14	43,8	11,1	61	45,2	9,8	55	67,5	10,3	<0,0001
présence de mineurs dans la famille													<0,0001
Non	83	63,8		7	50,0		26	42,6		50	90,9		
Oui	47	36,2		7	50,0		35	57,4		5	9,1		
type de foyer													0,1352
monoparentale	30	23,3		3	21,4		9	15,0		18	32,7		
biparentale	97	75,2		11	78,6		50	83,3		36	65,5		
biparentale recomposée	1	0,8		0	0,0		1	1,7		0	0,0		
grand-mère - petit fils	1	0,8		0	0,0		0	0,0		1	1,8		
type de foyer - recodé													0,0482
monoparentale	31	24,0		3	21,4		9	15,0		19	34,5		
biparentale	98	76,0		11	78,6		51	85,0		36	65,5		
CSP													<0,0001
artisan, commerçant, chef d'entreprise cadre	9	6,9		9	64,3		0	0,0		0	0,0		
profession intermédiaire employé	5	3,8		5	35,7		0	0,0		0	0,0		
ouvrier	22	16,9		0	0,0		22	36,1		0	0,0		
	27	20,8		0	0,0		27	44,3		0	0,0		
	12	9,2		0	0,0		12	19,7		0	0,0		

	Total			artisan, commerçant, chef d'entreprise/cadre			profession intermédiaire/employé/ouvrier			retraité/autre			
	N= 130			N=14 (10,8%)			N=61 (46,9%)			N=55 (42,3%)			
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	p**
retraité	48	36,9		0	0,0		0	0,0		48	87,3		
autre	7	5,4		0	0,0		0	0,0		7	12,7		
présence de comprimés d'iode stable au domicile													0,2525
Non	41	31,5		5	35,7		23	37,7		13	23,6		
Oui	89	68,5		9	64,3		38	62,3		42	76,4		
pathologie thyroïdienne													0,9018
non	114	87,7		14	100,0		52	85,2		48	87,3		
non mais	1	0,8		0	0,0		1	1,6		0	0,0		
allergie à l'iode													
hyperthyroïdie (néomercazole)	5	3,8		0	0,0		4	6,6		1	1,8		
hashimoto	1	0,8		0	0,0		1	1,6		0	0,0		
nodules	2	1,5		0	0,0		1	1,6		1	1,8		
thyroïdectomie	3	2,3		0	0,0		1	1,6		2	3,6		
hypothyroïdie (LVT)	2	1,5		0	0,0		0	0,0		2	3,6		
adénome hypophysaire (thyroïde dérégulée)	2	1,5		0	0,0		1	1,6		1	1,8		
pathologie thyroïdienne													0,5272
Non	15	11,5		0	0,0		8	13,1		7	12,7		
Oui	115	88,5		14	100,0		53	86,9		48	87,3		
Lieu de rangement mémorisable													0,3511
Non	6	6,7		1	11,1		1	2,6		4	9,5		
Oui	83	93,3		8	88,9		37	97,4		38	90,5		
conditions de conservation respectées													0,6135
Non	7	7,9		1	11,1		2	5,3		4	9,5		
Oui	82	92,1		8	88,9		36	94,7		38	90,5		
péremption													0,4760
Non	56	62,9		4	44,4		25	65,8		27	64,3		
Oui	33	37,1		5	55,6		13	34,2		15	35,7		
intégrité de l'emballage													0,8030
Non	5	5,7		1	11,1		2	5,3		2	4,9		
Oui	80	90,9		8	88,9		35	92,1		37	90,2		
NA	3	3,4		0	0,0		1	2,6		2	4,9		
intégrité de l'emballage - recodé													1,0000
Non	8	9,1		1	11,1		3	7,9		4	9,8		
Oui	80	90,9		8	88,9		35	92,1		37	90,2		
quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile													0,4519
Non	3	3,4		1	11,1		1	2,6		1	2,4		
Oui	86	96,6		8	88,9		37	97,4		41	97,6		
intérêt de l'iode stable connu													0,9830
Non	62	47,7		7	50,0		29	47,5		26	47,3		
Oui	68	52,3		7	50,0		32	52,5		29	52,7		
démarches et lieu pour se procurer l'iode stable													0,9281
Non	30	23,1		3	21,4		15	24,6		12	21,8		
Oui	100	76,9		11	78,6		46	75,4		43	78,2		
attitude à adopter connue													0,9788
Non	59	45,4		6	42,9		28	45,9		25	45,5		
Oui	71	54,6		8	57,1		33	54,1		30	54,5		

	Total			artisan, commerçant, chef d'entreprise/cadre			profession intermédiaire/employé/ouvrier			retraité/autre			
	N= 130			N=14 (10,8%)			N=61 (46,9%)			N=55 (42,3%)			
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	p**
posologie connue													0,8607
Non	109	83,8		12	85,7		50	82,0		47	85,5		
Oui	21	16,2		2	14,3		11	18,0		8	14,5		
population prioritaire connue													0,8043
Non	76	58,5		9	64,3		34	55,7		33	60,0		
Oui	54	41,5		5	35,7		27	44,3		22	40,0		
mode de prise connu													0,7476
Non	18	13,8		2	14,3		7	11,5		9	16,4		
Oui	112	86,2		12	85,7		54	88,5		46	83,6		
Contre-indications connue (au moins une)													0,9971
Non	92	70,8		10	71,4		43	70,5		39	70,9		
Oui	38	29,2		4	28,6		18	29,5		16	29,1		
comprimés utilisables													0,5021
Non	61	68,5		5	55,6		25	65,8		31	73,8		
Oui	28	31,5		4	44,4		13	34,2		11	26,2		
informations utiles si incident													0,5837
Non	126	96,9		13	92,9		59	96,7		54	98,2		
Oui	4	3,1		1	7,1		2	3,3		1	1,8		

* Ecart-type

** Test du Chi-2 ou test exact de Fisher pour variables qualitatives, test issu d'une analyse de variance pour les variables quantitatives

Consultation ESPRI-BioBase, ICU

Annexe 8 : Descriptif selon la présence de pathologie thyroïdienne

	Total N= 130			Non N=15 (11,5%)			Oui N=115 (88,5%)			p**
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	
commune										0,6596
Cattenom	10	7,7		1	6,7		9	7,8		
Thionville (cote des roses)	10	7,7		0	0,0		10	8,7		
Basse-Rentgen	15	11,5		2	13,3		13	11,3		
Sierck-lès-bains	10	7,7		3	20,0		7	6,1		
Volmerange-lès-mines	12	9,2		2	13,3		10	8,7		
Boust	13	10,0		2	13,3		11	9,6		
Hettange grande	10	7,7		0	0,0		10	8,7		
Rodemack	10	7,7		1	6,7		9	7,8		
Koenigsmacker	10	7,7		0	0,0		10	8,7		
Stuckange	10	7,7		2	13,3		8	7,0		
Fixem	10	7,7		1	6,7		9	7,8		
Zouftgen	10	7,7		1	6,7		9	7,8		
distance de la centrale nucléaire (km)	130	6,9	3,0	15	7,8	3,0	115	6,8	3,0	0,2065
type de quartier										0,0501
Favorisé	55	42,3		4	26,7		51	44,3		
Moyen	59	45,4		11	73,3		48	41,7		
Défavorisé	16	12,3		0	0,0		16	13,9		
nombre d'habitant dans le foyer	130	2,6	1,2	15	2,4	1,3	115	2,7	1,2	0,4156
âge de la personne la plus âgée du foyer	130	54,5	15,1	15	60,1	14,3	115	53,7	15,1	0,1230
présence de mineurs dans la famille										0,8090
Non	83	63,8		10	66,7		73	63,5		
Oui	47	36,2		5	33,3		42	36,5		
type de foyer										0,0385
monoparentale	30	23,3		6	40,0		24	21,1		
biparentale	97	75,2		8	53,3		89	78,1		
biparentale recomposée	1	0,8		0	0,0		1	0,9		
grand-mère - petit fils	1	0,8		1	6,7		0	0,0		
type de foyer - recodé										0,0291
monoparentale	31	24,0		7	46,7		24	21,1		
biparentale	98	76,0		8	53,3		90	78,9		
CSP										0,5456
artisan, commerçant, chef d'entreprise	9	6,9		0	0,0		9	7,8		
cadre	5	3,8		0	0,0		5	4,3		
profession intermédiaire	22	16,9		1	6,7		21	18,3		
employé	27	20,8		4	26,7		23	20,0		
ouvrier	12	9,2		3	20,0		9	7,8		
retraité	48	36,9		6	40,0		42	36,5		
autre	7	5,4		1	6,7		6	5,2		
CSP2										0,5272
artisan, commerçant, chef d'entreprise/cadre	14	10,8		0	0,0		14	12,2		
profession intermédiaire/employé/ouvrier	61	46,9		8	53,3		53	46,1		
retraité/autre	55	42,3		7	46,7		48	41,7		
présence de comprimés d'iode stable au domicile										0,7746
Non	41	31,5		4	26,7		37	32,2		
Oui	89	68,5		11	73,3		78	67,8		

	Total N= 130			Non N=15 (11,5%)			Oui N=115 (88,5%)			p**
	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	N	%/moy	ET*	
Lieu de rangement mémorisable										0,5580
Non	6	6,7		1	9,1		5	6,4		
Oui	83	93,3		10	90,9		73	93,6		
conditions de conservation respectées										1,0000
Non	7	7,9		1	9,1		6	7,7		
Oui	82	92,1		10	90,9		72	92,3		
péremption										0,9582
Non	56	62,9		7	63,6		49	62,8		
Oui	33	37,1		4	36,4		29	37,2		
intégrité de l'emballage										0,0800
Non	5	5,7		2	18,2		3	3,9		
Oui	80	90,9		8	72,7		72	93,5		
NA	3	3,4		1	9,1		2	2,6		
intégrité de l'emballage - recodé										0,0582
Non	8	9,1		3	27,3		5	6,5		
Oui	80	90,9		8	72,7		72	93,5		
quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile										1,0000
Non	3	3,4		0	0,0		3	3,8		
Oui	86	96,6		11	100,0		75	96,2		
intérêt de l'iode stable connu										0,0345
Non	62	47,7		11	73,3		51	44,3		
Oui	68	52,3		4	26,7		64	55,7		
démarches et lieu pour se procurer l'iode stable										0,3161
Non	30	23,1		5	33,3		25	21,7		
Oui	100	76,9		10	66,7		90	78,3		
attitude à adopter connue										0,0784
Non	59	45,4		10	66,7		49	42,6		
Oui	71	54,6		5	33,3		66	57,4		
posologie connue										0,2885
Non	109	83,8		14	93,3		95	82,6		
Oui	21	16,2		1	6,7		20	17,4		
population prioritaire connue										0,4929
Non	76	58,5		10	66,7		66	57,4		
Oui	54	41,5		5	33,3		49	42,6		
mode de prise connu										0,1264
Non	18	13,8		4	26,7		14	12,2		
Oui	112	86,2		11	73,3		101	87,8		
Contre-indications connue (au moins une)										0,4033
Non	92	70,8		12	80,0		80	69,6		
Oui	38	29,2		3	20,0		35	30,4		
comprimés utilisables										0,7084
Non	61	68,5		7	63,6		54	69,2		
Oui	28	31,5		4	36,4		24	30,8		
informations utiles si incident										0,4631
Non	126	96,9		15	100,0		111	96,5		
Oui	4	3,1		0	0,0		4	3,5		

* Ecart-type

** Test du Chi-2 ou test exact de Fisher pour variables qualitatives, test issu d'un test de Student pour les variables quantitatives

Consultation ESPRI-BioBase, ICU

Annexe 9 : Descriptif selon le type de quartier (regroupés en 3 classes)

	Total N= 130			Favorisé N=55 (42,3%)			Moyen N=59 (45,4%)			Défavorisé N=16 (12,3%)			p**
	N	%/mo y	ET*	N	%/mo y	ET*	N	%/mo y	ET*	N	%/mo y	ET*	
commune													<0,000 1
Cattenom	10	7,7		8	14,5		2	3,4		0	0,0		
Thionville (cote des roses)	10	7,7		0	0,0		0	0,0		1	62,5 0		
Basse-Rentgen	15	11,5		0	0,0		1	16,9 0		5	31,3		
Sierck-lès-bains	10	7,7		0	0,0		1	16,9 0		0	0,0		
Volmerange-lès-mines	12	9,2		1	21,8 2		0	0,0		0	0,0		
Boust	13	10,0		1	23,6 3		0	0,0		0	0,0		
Hettange grande	10	7,7		9	16,4		0	0,0		1	6,3		
Rodemack	10	7,7		0	0,0		1	16,9 0		0	0,0		
Koenigsmacker	10	7,7		1	18,2 0		0	0,0		0	0,0		
Stuckange	10	7,7		0	0,0		1	16,9 0		0	0,0		
Fixem	10	7,7		3	5,5		7	11,9		0	0,0		
Zouftgen	10	7,7		0	0,0		1	16,9 0		0	0,0		
distance de la centrale nucléaire (km)	13 0	6,9	3,0	5 5	5,2	3,2	5 9	8,2	2,3	1 6	8,1	0,8	<0,000 1
présence de comprimés d'iode stable au domicile													0,2075
Non	41	31,5		1	23,6 3		2	35,6 1		7	43,8		
Oui	89	68,5		4	76,4 2		3	64,4 8		9	56,3		
nombre d'habitant dans le foyer	13 0	2,6	1,2	5 5	2,6	1,2	5 9	2,7	1,2	1 6	2,5	1,3	0,7187
âge de la personne la plus âgée du foyer	13 0	54,5	15, 1	5 5	57,1	13, 2	5 9	53,8	14, 1	1 6	48,1	22, 0	0,0969
présence de mineurs dans la famille													0,9046
Non	83	63,8		3	63,6 5		3	62,7 7		1	68,8 1		
Oui	47	36,2		2	36,4 0		2	37,3 2		5	31,3		
type de foyer - recodé													0,4391
monoparentale	31	24,0		1	18,5 0		1	28,8 7		4	25,0		
biparentale	98	76,0		4	81,5 4		4	71,2 2		1	75,0 2		
CSP													
artisan, commerçant, chef d'entreprise	9	6,9		2	3,6		4	6,8		3	18,8		
cadre	5	3,8		2	3,6		1	1,7		2	12,5		
profession intermédiaire	22	16,9		1	20,0 1		1	18,6 1		0	0,0		
employé	27	20,8		9	16,4		1	27,1		2	12,5		

	Total N= 130			Favorisé N=55 (42,3%)			Moyen N=59 (45,4%)			Défavorisé N=16 (12,3%)			p**
	N	%/mo y	ET*	N	%/mo y	ET*	N	%/mo y	ET*	N	%/mo y	ET*	
ouvrier	12	9,2		6	10,9		5	8,5		1	6,3		
retraité	48	36,9		2	41,8		1	32,2		6	37,5		
autre	7	5,4		2	3,6		3	5,1		2	12,5		
CSP													0,0349
artisan, commerçant, chef d'entreprise/cadre	14	10,8		4	7,3		5	8,5		5	31,3		
profession intermédiaire/employé/ouvri er	61	46,9		2	47,3		3	54,2		3	18,8		
retraité/autre	55	42,3		2	45,5		2	37,3		8	50,0		
				5			2						
pathologie thyroïdienne													0,9005
non	11	87,7		5	90,9		4	81,4		1	100,0		
non mais allergie à l'iode	4			0			8			6			
hyperthyroïdie (néomercazole)	1	0,8		1	1,8		0	0,0		0	0,0		
hashimoto	5	3,8		1	1,8		4	6,8		0	0,0		
nodules	1	0,8		0	0,0		1	1,7		0	0,0		
thyroïdectomie	2	1,5		0	0,0		2	3,4		0	0,0		
hypothyroïdie (LVT)	3	2,3		1	1,8		2	3,4		0	0,0		
adénome hypophysaire (thyroïde dérégulée)	2	1,5		1	1,8		1	1,7		0	0,0		
	2	1,5		1	1,8		1	1,7		0	0,0		
pathologie thyroïdienne													0,0580
Non	15	11,5		4	7,3		1	18,6		0	0,0		
Oui	11	88,5		5	92,7		4	81,4		1	100,0		
	5			1			8			6			
Lieu de rangement mémorisable													1,0000
Non	6	6,7		3	7,1		3	7,9		0	0,0		
Oui	83	93,3		3	92,9		3	92,1		9	100,0		
				9			5						
conditions de conservation respectées													0,7365
Non	7	7,9		3	7,1		4	10,5		0	0,0		
Oui	82	92,1		3	92,9		3	89,5		9	100,0		
				9			4						
péremption													0,2723
Non	56	62,9		2	59,5		2	71,1		4	44,4		
Oui	33	37,1		5	40,5		7	28,9		5	55,6		
				1			1						
				7			1						
intégrité de l'emballage													0,0272
Non	5	5,7		0	0,0		4	10,5		1	11,1		
Oui	80	90,9		4	100,0		3	81,6		8	88,9		
NA	3	3,4		1			1						
				0	0,0		3	7,9		0	0,0		

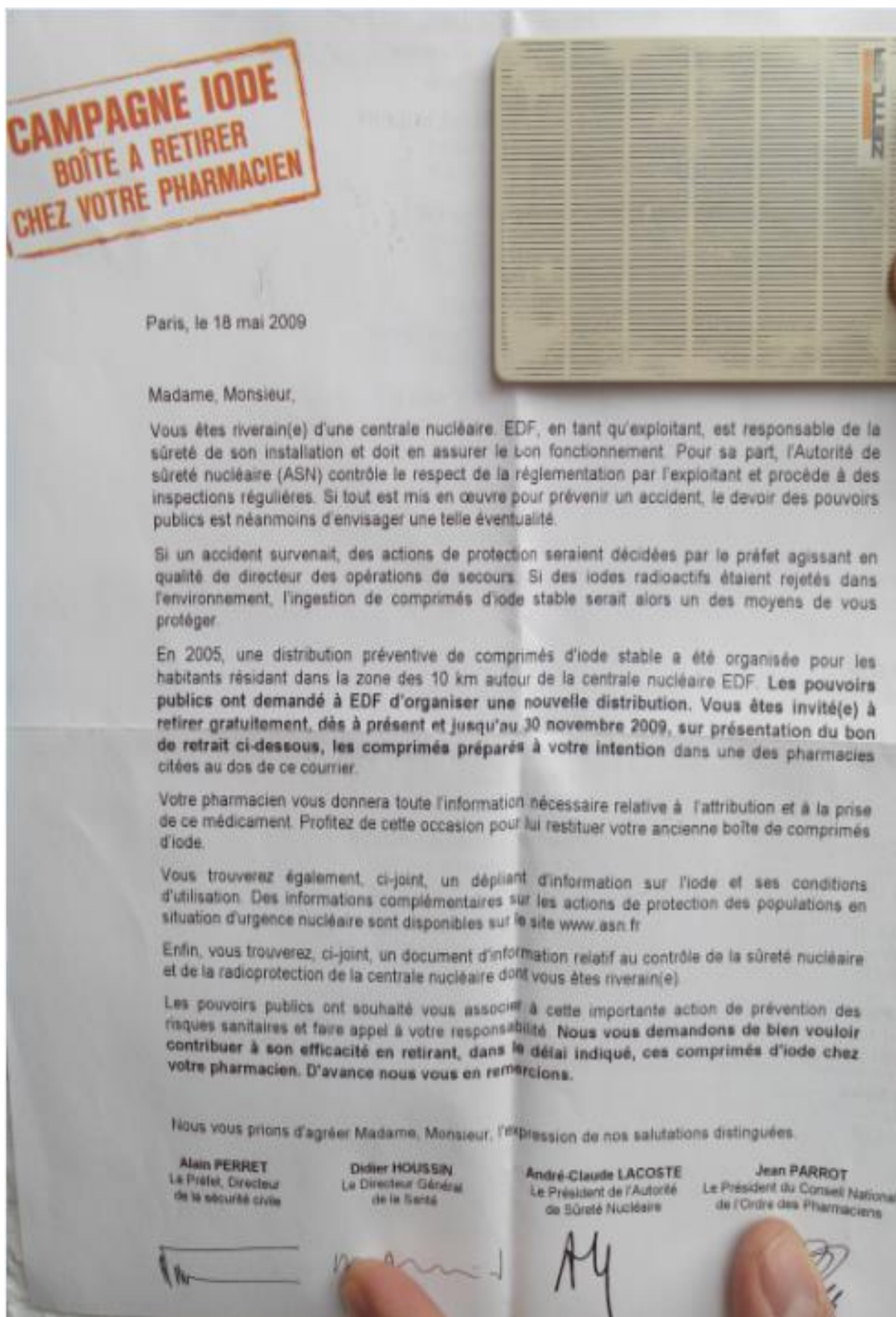
	Total N= 130			Favorisé N=55 (42,3%)			Moyen N=59 (45,4%)			Défavorisé N=16 (12,3%)			
	N	%/mo	ET*	N	%/mo	ET*	N	%/mo	ET*	N	%/mo	ET*	p**
	—	y	—	—	y	—	—	y	—	—	y	—	
intégrité de l'emballage - recodé													0,0103
Non	8	9,1		0	0,0		7	18,4		1	11,1		
Oui	80	90,9		4	100,0	1	3	81,6	1	8	88,9		
quantité suffisante pour les personnes vivant au domicile													0,2243
Non	3	3,4		0	0,0		3	7,9		0	0,0		
Oui	86	96,6		4	100,0	2	3	92,1	5	9	100,0		
intérêt de l'iode stable connu													0,0102
Non	62	47,7		1	32,7	8	3	61,0	6	8	50,0		
Oui	68	52,3		3	67,3	7	2	39,0	3	8	50,0		
démarches et lieu pour se procurer l'iode stable													0,1026
Non	30	23,1		1	21,8	2	1	18,6	1	7	43,8		
Oui	10	76,9		4	78,2	3	4	81,4	8	9	56,3		
attitude à adopter connue													0,0998
Non	59	45,4		1	34,5	9	3	54,2	2	8	50,0		
Oui	71	54,6		3	65,5	6	2	45,8	7	8	50,0		
posologie connue													0,7634
Non	10	83,8		4	81,8	5	5	86,4	1	1	81,3		
Oui	9	16,2		5	18,2	0	1	13,6	8	3	18,8		
population prioritaire connue													0,0031
Non	76	58,5		2	45,5	5	4	74,6	4	7	43,8		
Oui	54	41,5		3	54,5	0	1	25,4	5	9	56,3		
mode de prise connu													0,3828
Non	18	13,8		7	12,7		7	11,9		4	25,0		
Oui	11	86,2		4	87,3	8	5	88,1	2	1	75,0		
Contre-indications connue (au moins une)													0,4391
Non	92	70,8		3	65,5	6	4	76,3	5	1	68,8		
Oui	38	29,2		1	34,5	9	1	23,7	4	5	31,3		
comprimés utilisables													0,3462
Non	61	68,5		2	64,3	7	2	76,3	9	5	55,6		
Oui	28	31,5		1	35,7	5	9	23,7		4	44,4		
informations utiles si incident													0,1777
Non	12	96,9		5	94,5	2	5	100,0	9	1	93,8		
	6			2			9			5			

	Total N= 130			Favorisé N=55 (42,3%)			Moyen N=59 (45,4%)			Défavorisé N=16 (12,3%)			p**
	N	%/mo	ET*	N	%/mo	ET*	N	%/mo	ET*	N	%/mo	ET*	
Oui	4	3,1		3	5,5		0	0,0		1	6,3		

* Ecart-type

** Test du Chi-2 ou test exact de Fisher pour variables qualitatives, test issu d'une analyse de variance pour les variables quantitatives, Consultation ESPRI -BioBase, ICU

Annexe 10 : Courrier reçu par les riverains de la zone PPI lors de la campagne de distribution de 2009




Annexe 11 : Plaquette sur l'utilisation des comprimés d'iode en cas d'incident nucléaire

En cas d'accident nucléaire

Dès l'alerte, il faut :

- rentrer chez soi ou rester à l'intérieur d'un bâtiment,
- écouter la radio et suivre les consignes du préfet,
- garder les comprimés d'iode à portée de main : le préfet peut vous demander d'en absorber.



Utilisation des comprimés d'iode en cas d'accident nucléaire


En cas d'accident nucléaire, des rejets d'iode radioactif dans l'air peuvent se produire.


L'iode radioactif porte atteinte à la santé de la population, en particulier des plus jeunes.

Les comprimés d'iode stable (iodure de potassium) protègent la glande thyroïde contre les effets de l'iode radioactif.

Les comprimés d'iode sont efficaces durant 24 heures.

Pour en savoir plus : www.asn.fr






Création Trameywanic • Illustrations Samia go Bonolis • Mars 2009

Mode d'emploi

Le comprimé se prend dissous dans une boisson (eau, lait, jus de fruits).

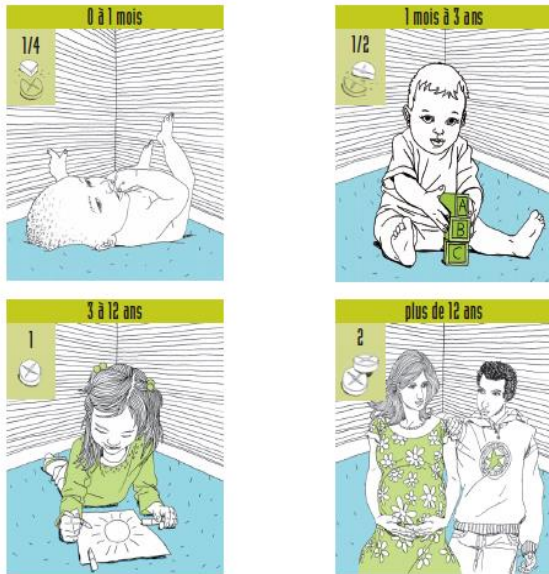





Les jeunes de moins de 18 ans et les femmes enceintes sont les plus sensibles, leur protection est prioritaire.

Le comprimé d'iode est un médicament : lisez attentivement la notice avant de l'absorber.

Posologie

(pour les nouveaux comprimés d'iodure de potassium dosés à 65 mg)

0 à 1 mois	1 mois à 3 ans
1/4	1/2
	
3 à 12 ans	plus de 12 ans
1	2
	

En cas d'accident nucléaire, le comprimé d'iode doit être pris sur instruction du préfet.

BIBLIOGRAPHIE

1. 20150720MSC-WorldNuclearReport2015-V6 - 20150720msc-worldnuclearreport2015-s_c.pdf [Internet]. [cité 14 déc 2015]. Disponible sur: http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/20150720msc-worldnuclearreport2015-s_c.pdf
2. France Stratégie [Internet]. [cité 14 déc 2015]. Disponible sur: http://www.strategie.gouv.fr/system/files/rapport-energies_0.pdf
3. Parc nucléaire français [Internet]. [cité 11 avr 2015]. Disponible sur: <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/parc-nucleaire-francais>
4. Parc nucléaire mondial (production d'électricité) [Internet]. Connaissance des Énergies. 2012 [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/parc-nucleaire-mondial-production-d-electricite>
5. 0.pdf [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: <https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/>
6. Le parc français des centrales nucléaires - ASN [Internet]. [cité 14 déc 2015]. Disponible sur: <http://www.asn.fr/Informer/Dossiers/La-surete-des-centrales-nucleaires/Le-parc-francais-des-centrales-nucleaires>
7. Hatch MC, Wallenstein S, Beyea J, Nieves JW, Susser M. Cancer rates after the Three Mile Island nuclear accident and proximity of residence to the plant. *Am J Public Health*. juin 1991;81(6):719-24.
8. Tchernobyl_FR_BD.pdf - irsn_livret_tchernobyl.pdf [Internet]. [cité 14 déc 2015]. Disponible sur: http://www.laradioactivite.com/fr/site/pages/RadioPDF/irsn_livret_tchernobyl.pdf
9. Les dépôts radioactifs en Europe [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-tchernobyl-1986/consequences-homme-environnement/Pages/5-les_depots_radioactifs_en_europe.aspx
10. Accident à la centrale de Fukushima Daiichi (Japon) [Internet]. [cité 14 déc 2015]. Disponible sur: http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/Pages/sommaire.aspx
11. Steinhauser G, Brandl A, Johnson TE. Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: a review of the environmental impacts. *Sci Total Environ*. 1 févr 2014;470-471:800-17.

12. Nucléaire: un problème d'usure menace près de la moitié des réacteurs [Internet]. Mediapart. [cité 14 déc 2015]. Disponible sur: <https://www.mediapart.fr/journal/france/070214/nucleaire-un-probleme-d-usure-menace-pres-de-la-moitie-des-reacteurs>

13. Près de la moitié du parc nucléaire mondial a plus de 30 ans [Internet]. [cité 14 déc 2015]. Disponible sur: http://www.lemonde.fr/planete/visuel/2013/07/19/pres-de-la-moitie-du-parc-nucleaire-mondial-a-plus-de-30-ans_3450258_3244.html#ILY2S3ucYP2mlrkj.99

14. Thepat. Français : Âge en 2013 des réacteurs nucléaires français à partir de la date de 1er couplage [Internet]. 2013 [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:C3%82ge_en_2013_des_r%C3%A9acteurs_nucl%C3%A9aires_fran%C3%A7ais_%C3%A0_partir_de_la_date_de_1er_couplage.png

15. Evaluation de l'aléa sismique: La réglementation applicable aux sites nucléaires français [Internet]. [cité 4 janv 2016]. Disponible sur: http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/risque_sismique_installations_nucleaires/Pages/8-Evaluation_de_l_alea_sismique-Reglementation_applicable_aux_sites_nucleaires_francais.aspx#.Vhu2pSsnT4x

16. L'évaluation du comportement sismique des ouvrages nucléaires [Internet]. [cité 4 janv 2016]. Disponible sur: http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/risque_sismique_installations_nucleaires/Pages/9-L_evaluation_du_comportement_sismique_des_ouvrages_nucleaires.aspx?dId=37cd738c-9f1b-4032-a2d0-e6e8a0ff17dc&dwId=2c2c348f-b077-4fa1-ae22-36c4179d2e48#.VjNhYivHf4

17. D. BAUMONT. La robustesse des installations nucléaires au regard de l'aléa sismiques - Robustesse_installations_nucleaires_alea_sismique.pdf [Internet]. 2011 sept [cité 4 janv 2016]. Disponible sur: http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Communiqués_et_dossiers_de_presse/Documents/Robustesse_installations_nucleaires_alea_sismique.pdf

18. BD Tsunamis. Inventaire historique des tsunamis en France. Année 2009. Rapport final. BRGM/RP-57781-FR [Internet]. [cité 4 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/rp-57781-fr.pdf>

19. Rodriguez-Vidal J, Rodriguez-Llanes JM, Guha-Sapir D. Civil nuclear power at risk of tsunamis. Nat Hazards. sept 2012;63(2):1273-8.

20. Site Tsunamis - BRGM - [Internet]. [cité 8 janv 2016]. Disponible sur: <http://tsunamis.brgm.fr/contexte.asp>

21. Rapport sur le contrôle de la sûreté et de la sécurité des installations nucléaires [Internet]. [cité 8 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.assemblee-nationale.fr/rap-oechst/r2331/r2331-2.asp>
22. Le nucléaire et l'environnement | SFEN, Société Française d'Énergie Nucléaire [Internet]. [cité 8 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.sfen.org/fr/lenergie-nucleaire/nucleaire-et-environnement>
23. Changement climatique [Internet]. EDF. [cité 8 janv 2016]. Disponible sur: <https://www.edf.fr/groupe-edf/responsable-et-engage/responsabilite-environnementale/changement-climatique>
24. HAAN, PFEFFER J-AM. DNA Région. 19 mars 2014 [cité 11 janv 2016]; Disponible sur: <http://www.haut-rhin.fr/panoramapresse/wp-content/uploads/2014/03/fessenheim-1.pdf>
25. vulnérabilité_avions_Large_résumé.pdf [Internet]. [cité 11 janv 2016]. Disponible sur: http://www.greenpeace.org/france/PageFiles/300718/vuln%C3%A9rabilit%C3%A9_avions_Large_r%C3%A9sum%C3%A9.pdf
26. Ce témoignage qui prouve que les drones sont une vraie menace pour les centrales nucléaires [Internet]. Challenges. [cité 11 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.challenges.fr/entreprise/20141125.CHA0654/ce-temoignage-qui-prouve-que-les-drones-sont-une-vraie-menace-pour-les-centrales-nucleaires.html>
27. Commission d'enquête sur les coûts de la filière nucléaire [Internet]. [cité 11 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.asn.fr/Informer/Actualites/Commission-d-enquete-sur-les-couts-de-la-filiere-nucleaire>
28. Impact environnemental d'un accident nucléaire : comparaison entre Tchernobyl et Fukushima [Internet]. [cité 18 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-incidents-accidents/comparaison-tchernobyl-fukushima/Pages/1-impact-environnemental-fukushima-tchernobyl.aspx>
29. Fukushima Chernobyl And The Nuclear Event Scale - Nuclear Energy Institute [Internet]. [cité 18 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.nei.org/News-Media/News/News-Archives/fukushima-chernobyl-and-the-nuclear-event-scale>
30. Césium 137 V4 - Cesium_Cs137_V4.pdf [Internet]. [cité 18 janv 2016]. Disponible sur: http://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publications-documentation/fiches-radionucleides/Documents/environnement/Cesium_Cs137_V4.pdf
31. Shozugawa K, Nogawa N, Matsuo M. Deposition of fission and activation products after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. Environ Pollut Barking Essex 1987. avr 2012;163:243-7.
32. annexj.pdf [Internet]. [cité 1 févr 2016]. Disponible sur: <http://www.unscear.org/docs/reports/annexj.pdf>

33. Thakur P, Ballard S, Nelson R. An overview of Fukushima radionuclides measured in the northern hemisphere. *Sci Total Environ.* 1 août 2013;458-460:577-613.
34. Microsoft Word - PCEM2_MI6_Physio_Thyroid.doc - pcem2_mi6_physio_thyroid.pdf [Internet]. [cité 11 avr 2016]. Disponible sur: http://www.med.univ-montp1.fr/enseignement/cycle_1/pcem2/mod-integres/mi6_regulation_hormonale_chronobiologie/ressources_locale/physio_hormone/pcem2_mi6_physio_thyroid.pdf
35. Comment détecter à temps les troubles de la thyroïde - Améliore ta Santé [Internet]. [cité 11 avr 2016]. Disponible sur: <about:reader?url=http%3A%2F%2Famelioresetasante.com%2Fcomment-detecter-les-troubles-de-la-thyroide%2F>
36. untitled - PASER-Ra-INCA2.pdf [Internet]. [cité 11 avr 2016]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/PASER-Ra-INCA2.pdf>
37. Iode | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cité 11 avr 2016]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/iode>
38. Microsoft Word - Dossier n° 13 - dossier-scient-13.pdf [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: <http://alimentation-sante.org/wp-content/uploads/2011/07/dossier-scient-13.pdf>
39. physiologie2an-thyroide.pdf [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: <http://univ.ency-education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/physiologie2an-thyroide.pdf>
40. La Lettre de la Thyroïde - 04 [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: http://www.sfendocrino.org/_newsletters/newsletter_thyroide_04.html
41. carte_des_deficiences_en_iode_en_france.jpg (Image JPEG, 580 × 581 pixels) [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: http://portail.cea.fr/comprendre/PublishingImages/Pages/sante-sciences-du-vivant/iode-thyroide/carte_des_deficiences_en_iode_en_france.jpg
42. Intérêt de l'évaluation de l'iodurie - iodurie.pdf [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: <http://mediprevent.net/images/mediprevent/documents/iodurie.pdf>
43. Hyperthyroïdie et hypothyroïdie [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: <http://www.caducee.net/DossierSpecialises/endocrinologie/hyperthyroidie-hypothyroidie.asp>
44. Cordarone et Thyroïde par François Boustani - cordarone-et-thyroide-page200.pdf [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: <http://www.cardiologie-francophone.com/PDF/livre/cordarone-et-thyroide-page200.pdf>

45. Les conséquences les plus immédiates : la contamination de l'air [Internet]. [cité 22 janv 2016]. Disponible sur:
<http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-incidents-accidents/consequences-environnementales-accident/Pages/1-contamination-air.aspx?dId=96728293-cb28-440d-8e78-829215dff978&dwId=b953ffd7-c02a-486c-9734-708ebf27572b#.VkChVCvHf4x>
46. Tramalloni J. Imagerie de la thyroïde et des parathyroïdes. Lavoisier; 2011. 293 p.
47. Forum Tchernobyl - tchernobyl_aiea.pdf [Internet]. [cité 24 janv 2016]. Disponible sur: http://rme.ac-rouen.fr/tchernobyl_aiea.pdf
48. Cardis E, Howe G, Ron E, Bebeshko V, Bogdanova T, Bouville A, et al. Cancer consequences of the Chernobyl accident: 20 years on. *J Radiol Prot.* 1 juin 2006;26(2):127-40.
49. Leuraud K, Richardson DB, Cardis E, Daniels RD, Gillies M, O'Hagan JA, et al. Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study. *Lancet Haematol.* juillet 2015;2(7):e276-81.
50. La catastrophe nucléaire de Tchernobyl aurait fait 25 000 morts (vidéo) - notre-planete.info [Internet]. [cité 29 janv 2016]. Disponible sur: http://www.notre-planete.info/actualites/actu_2833_Tchernobyl_25000_morts.php
51. Report to the General Assembly with Scientific Annexes VOLUME II, 2013, Scientific Annex B, EFFECTS OF RADIATION EXPOSURE OF CHILDREN - UNSCEAR2013Report_AnnexB_Children_13-87320_Ebook_web.pdf [Internet]. [cité 31 janv 2016]. Disponible sur:
http://www.unscear.org/docs/reports/2013/UNSCEAR2013Report_AnnexB_Children_13-87320_Ebook_web.pdf
52. Schlumberger M, Le Guen B. Accident de centrale nucléaire et risque de cancer de la thyroïde: Les conséquences sanitaires de Tchernobyl. *médecine/sciences.* août 2012;28(8-9):746-56.
53. Brenner AV, Tronko MD, Hatch M, Bogdanova TI, Oliynik VA, Lubin JH, et al. I-131 Dose Response for Incident Thyroid Cancers in Ukraine Related to the Chornobyl Accident. *Environ Health Perspect.* 1 juill 2011;119(7):933-9.
54. Tuttle RM, Vaisman F, Tronko MD. Clinical presentation and clinical outcomes in Chernobyl-related paediatric thyroid cancers: what do we know now? What can we expect in the future? *Clin Oncol R Coll Radiol G B.* mai 2011;23(4):268-75.
55. Evdokimova V, Gandhi M, Rayapureddi J, Stringer JR, Nikiforov YE. Formation of carcinogenic chromosomal rearrangements in human thyroid cells after induction of double-strand DNA breaks by restriction endonucleases. *Endocr Relat Cancer.* juin 2012;19(3):271-81.

56. Tsuda T, Tokinobu A, Yamamoto E, Suzuki E. Thyroid Cancer Detection by Ultrasound Among Residents Ages 18 Years and Younger in Fukushima, Japan: 2011 to 2014. *Epidemiol Camb Mass*. 5 oct 2015;
57. Nagataki S, Takamura N. A review of the Fukushima nuclear reactor accident: radiation effects on the thyroid and strategies for prevention. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. oct 2014;21(5):384-93.
58. sgdsn_parties1et2_270114.pdf [Internet]. [cité 5 févr 2016]. Disponible sur: http://www.risques.gouv.fr/sites/default/files/upload/sgdsn_parties1et2_270114.pdf
59. Iodure de potassium : production de comprimés par le SSA [Internet]. [cité 10 févr 2016]. Disponible sur: <http://www.defense.gouv.fr/sante/actualites/iodure-de-potassium-production-de-comprimes-par-le-ssa>
60. Distribution d'iode : le périmètre de sécurité contesté [Internet]. www.pourquoidocteur.fr. [cité 6 févr 2016]. Disponible sur: <http://www.pourquoidocteur.fr/Articles/Question-d-actu/13674-Distribution-d-iodo-le-perimetre-de-securite-conteste>
61. ASN. Nouvelle campagne d'information et de distribution préventive de comprimés d'iode - ASN [Internet]. [cité 6 févr 2016]. Disponible sur: <http://www.asn.fr/Informer/Actualites/Nouvelle-campagne-d-information-et-de-distribution-preventive-de-comprimes-d-iodo>
62. III-F – L'importance du NEPAD dans les relations franco-africaines pour - annexe3_4.pdf [Internet]. [cité 6 févr 2016]. Disponible sur: http://www.bibsciences.org/bibsup/acad-sc/common/articles/annexes-fukushima/annexe3_4.pdf
63. Vfinale_Iode_Projet note technique_20110916 - logo avec adresse - note_technique_iode.pdf [Internet]. [cité 6 févr 2016]. Disponible sur: http://www.eprus.fr/sites/www.eprus.fr/files/note_technique_iode.pdf
64. LORACTU.fr - A Cattenom, les incidents se multiplient à la centrale nucléaire [Internet]. [cité 6 févr 2016]. Disponible sur: <http://loractu.fr/thionville/10336-a-cattenom-les-incidents-se-multiplient-a-la-centrale-nucleaire.html>
65. Centrale nucléaire de Cattenom. In: Wikipédia [Internet]. 2015 [cité 7 févr 2016]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Centrale_nucl%C3%A9aire_de_Cattenom&oldid=120537664
66. 030206-NoteCattenomVLYM-cor.doc - 030206-NoteCattenomVLYM-cor.pdf [Internet]. [cité 7 févr 2016]. Disponible sur: <http://www.wise-paris.org/francais/rapports/030206-NoteCattenomVLYM-cor.pdf>

67. Note - 031017NoteAddEP-Cattenom.pdf [Internet]. [cité 7 févr 2016]. Disponible sur: <http://www.wise-paris.org/francais/rapports/notes/031017NoteAddEP-Cattenom.pdf>
68. Note - 030907NoteEPCattenomFin.pdf [Internet]. [cité 7 févr 2016]. Disponible sur: <http://www.wise-paris.org/francais/rapports/notes/030907NoteEPCattenomFin.pdf>
69. européen) PR ((Bruxelles bureau. Sûreté nucléaire : tension entre Paris et Bruxelles. Le Monde.fr [Internet]. 2 oct 2012 [cité 7 févr 2016]; Disponible sur: http://www.lemonde.fr/planete/article/2012/10/02/surete-nucleaire-tension-entre-paris-et-bruxelles_1768768_3244.html
70. Incendie à la centrale nucléaire de Cattenom [Internet]. France Bleu. 2013 [cité 7 févr 2016]. Disponible sur: <https://www.francebleu.fr/incendie-la-centrale-nucleaire-de-cattenom-1370616263>
71. LORACTU.fr - Cattenom : l'incendie est-il dangereux pour la santé ? [Internet]. [cité 7 févr 2016]. Disponible sur: <http://loractu.fr/thionville/4337-cattenom-l-incendie-est-il-dangereux-pour-la-sante.html>
72. Fuite d'acide chlorhydrique à la centrale nucléaire de Cattenom | À la Une | Reuters [Internet]. [cité 7 févr 2016]. Disponible sur: <http://fr.reuters.com/article/topNews/idFRPAE97F03P20130816>
73. LORACTU.fr - Cattenom : fuite à la centrale nucléaire, un « événement significatif » [Internet]. [cité 7 févr 2016]. Disponible sur: <http://loractu.fr/thionville/7454-cattenom-fuite-a-la-centrale-nucleaire-un-evenement-significatif.html>
74. Urgence nucléaire à Cattenom : que s'est-il passé ? [Internet]. Journal de l'énergie. 2015 [cité 7 févr 2016]. Disponible sur: <http://journaldelenergie.com/nucleaire/urgence-nucleaire-a-cattenom-que-sest-il-passe/>
75. LORACTU.fr - Cattenom : incident de niveau 1 à la centrale nucléaire [Internet]. [cité 11 mars 2016]. Disponible sur: <http://loractu.fr/thionville/12600-cattenom-incident-de-niveau-1-a-la-centrale-nucleaire.html>
76. L'Allemagne et le Luxembourg durcissent leur opposition à la centrale nucléaire de Cattenom [Internet]. [cité 11 mars 2016]. Disponible sur: [about:reader?url=http%3A%2F%2Fwww.usinenouvelle.com%2Farticle%2FI-allemande-et-le-luxembourg-durcissent-leur-opposition-a-la-centrale-nucleaire-de-cattenom.N382568](http://www.usinenouvelle.com/article/Allemagne-et-le-luxembourg-durcissent-leur-opposition-a-la-centrale-nucleaire-de-cattenom.N382568)
77. Sûreté nucléaire : réactions en chaîne [Internet]. [cité 11 mars 2016]. Disponible sur: [about:reader?url=http%3A%2F%2Fwww.liberation.fr%2Ffuturs%2F2016%2F03%2F03%2Fsurete-nucleaire-reactions-en-chaîne_1437325](http://www.liberation.fr/futurs/2016/03/03/surete-nucleaire-reactions-en-chaîne_1437325)

78. Insee - Définitions, méthodes et qualité - PCS 2003 - Niveau 1 - Liste des catégories socioprofessionnelles agrégées [Internet]. [cité 27 mars 2016]. Disponible sur: http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=nomenclatures/pcs2003/liste_n1.htm
79. SOMMAIRE - 10092716pdf-951d.pdf [Internet]. [cité 10 avr 2016]. Disponible sur: <http://www.haut-conseil-egalite.gouv.fr/IMG/pdf/10092716pdf-951d.pdf>
80. L'Établissement de préparation et de réponse aux urgences sanitaires (EPRUS) : comment investir dans la sécurité sanitaire de nos concitoyens ? [Internet]. [cité 11 avr 2016]. Disponible sur: [about:reader?url=http%3A%2F%2Fwww.senat.fr%2Frap%2Frap14-625%2Frap14-6254.html](http://about.reader?url=http%3A%2F%2Fwww.senat.fr%2Frap%2Frap14-625%2Frap14-6254.html)
81. L UTILISATION DE COMPRIMÉS D IODE (65 MG D'IODURE DE POTASSIUM PAR COMPRIMÉ) EN CAS DE SITUATION D URGENCE NUCLÉAIRE OU RADIOLOGIQUE [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: <http://docplayer.fr/10481356-L-utilisation-de-comprimes-d-iode-65-mg-d-iodure-de-potassium-par-comprime-en-cas-de-situation-d-urgence-nucleaire-ou-radiologique.html>
82. Distribution d'iode en comprimés | Alerte nucléaire je sais quoi faire [Internet]. Distribution d'iode. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: <http://www.distribution-iode.com/>
83. 1f-GODINO Olivier - 1f-GODINO_Olivier.pdf [Internet]. [cité 12 avr 2016]. Disponible sur: http://www.sfrp.asso.fr/medias/sfrp/documents/1f-GODINO_Olivier.pdf
84. Les victimes de la catastrophe de Tchernobyl [Internet]. [cité 17 avr 2016]. Disponible sur: http://www.dissident-media.org/infonucleaire/tcherno_news.html
85. Methodology of Internal Dose Reconstruction for A Russian Population after the Chernobyl Accident [Internet]. [cité 17 avr 2016]. Disponible sur: [about:reader?url=http%3A%2F%2Frdp.oxfordjournals.org%2Fcontent%2F92%2F1-3%2F247](http://about.reader?url=http%3A%2F%2Frdp.oxfordjournals.org%2Fcontent%2F92%2F1-3%2F247)
86. LIGNES DIRECTRICES POUR L'UTILISATION DES COMPRIMÉS D'IODE STABLE EN CAS D'ACCIDENT À LA CENTRALE NUCLÉAIRE GENTILLY-2 - lignes_directrices_ki.pdf [Internet]. [cité 17 avr 2016]. Disponible sur: http://www.urgencenucleaire.qc.ca/documentation/lignes_directrices_ki.pdf
87. Zanzonico PB, Becker DV. Effects of time of administration and dietary iodine levels on potassium iodide (KI) blockade of thyroid irradiation by ¹³¹I from radioactive fallout. *Health Phys.* juin 2000;78(6):660-7.
88. Nauman J, Wolff J. Iodide prophylaxis in Poland after the chernobyl reactor accident: Benefits and risks. *Am J Med.* 1 mai 1993;94(5):524-32.

89. SANT4 - Bulletin Officiel N°2005-2: Annonce N°52 [Internet]. [cité 17 avr 2016]. Disponible sur: <http://social-sante.gouv.fr/fichiers/bo/2005/05-02/a0020052.htm>
90. Croq M, Catelinois O, Verger P. Ingestion d'iode stable chez l'adulte en cas d'accident nucléaire : une approche pour comparer les bénéfices et les risques. Environ Risques Santé. 18 oct 2002;1(3):149-56.
91. Distributing-KI-pills.pdf [Internet]. [cité 17 avr 2016]. Disponible sur: <http://nuclearsafety.gc.ca/eng/pdfs/resources/health/Distributing-KI-pills.pdf>
92. Guide.PDF - Iodine_Prophylaxis_guide.pdf [Internet]. [cité 17 avr 2016]. Disponible sur: http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/Iodine_Prophylaxis_guide.pdf
93. Iodure de potassium 65 AApot [Internet]. [cité 18 avr 2016]. Disponible sur: about:reader?url=http%3A%2F%2Fcompendium.ch%2Fmpro%2Fmnr%2F14976%2Fhtml%2Ffr%3FPlatform%3DDesktop
94. Spallek L, Krille L, Reiners C, Schneider R, Yamashita S, Zeeb H. Adverse effects of iodine thyroid blocking: a systematic review. Radiat Prot Dosimetry. 1 juill 2012;150(3):267-77.
95. Noteboom JL, Hummel WA, Broerse JJ, de Vijlder JJ, Vulsma T, Jansen JT, et al. Protection of the maternal and fetal thyroid from radioactive contamination by the administration of stable iodide during pregnancy. An experimental evaluation in chimpanzees. Radiat Res. juin 1997;147(6):691-7.
96. Les médecins et les pharmaciens ont la confiance des Français [Internet]. [cité 18 avr 2016]. Disponible sur: about:reader?url=http%3A%2F%2Fwww.lequotidiendupharmacien.fr%2Factualite%2Farticle%2F2014%2F05%2F06%2Fles-medecins-et-les-pharmaciens-ont-la-confiance-des-francais_175801

N° d'identification :

TITRE

PROPHYLAXIE DES CONSEQUENCES THYROÏDIENNES DES ACCIDENTS DES CENTRALES NUCLEAIRES

Thèse soutenue le 23 mai 2016

Par ELHANBALI OUIFAK

RESUME :

La meilleure connaissance des mécanismes des incidents et les leçons tirées des accidents survenus dans le passé récent améliorent l'efficacité des mesures prises suite à un accident nucléaire exposant à des retombées d'isotopes radioactifs de l'iode. Ainsi des mesures immédiates passives telles que, entre autres, le confinement dans un bâtiment en dur, en calfeutrants les entrées d'air, destinées à minimiser la contamination par voie respiratoire sont primordiales. D'autre part l'administration la plus précoce d'iode froid sous forme d'iodure de potassium dans le but de limiter la contamination thyroïdienne constitue la mesure active de loin la plus judicieuse à appliquer.

Il est donc judicieux de s'intéresser à la sensibilité de la population à la prévention des risques nucléaire en évaluant le degré de couverture de la population en iode stable ainsi que leur connaissance des informations de prévention, et ce dans un rayon de 10km autour de la centrale nucléaire de Cattenom. Dans l'échantillon démarché, 68,5% des personnes possèdent les comprimés d'iode à domicile.

Pour ce faire, différents acteurs participent à la transmission de l'information. C'est le cas du pharmacien, qui détient un rôle central dans les actions de prévention. Il est chargé de dispenser les comprimés d'iodure de potassium. Des questions pratiques ont été posées à nombre de pharmaciens concernés par la distribution d'iode stable. Le résultat montre un manque d'information des pharmaciens.

MOTS CLES : Thyroïde, iode, centrale nucléaire, Accident nucléaire

Directeur de thèse	Intitulé du laboratoire	Nature
<u>Marc KLEIN</u>		Expérimentale <input checked="" type="checkbox"/>
<u>Béatrice DEMORE</u>		Bibliographique <input type="checkbox"/>
		Thème <input type="checkbox"/>

Thèmes

1 – Sciences fondamentales
3 – Médicament
5 - Biologie

2 – Hygiène/Environnement

4 – Alimentation – Nutrition
6 – Pratique professionnelle