



HAL
open science

Symptômes, qualité de vie et perception du risque liés à l'exposition résidentielle aux lignes "très haute tension": revue de la littérature

Amel Drici

► To cite this version:

Amel Drici. Symptômes, qualité de vie et perception du risque liés à l'exposition résidentielle aux lignes "très haute tension": revue de la littérature. Sciences du Vivant [q-bio]. 2014. hal-01732552

HAL Id: hal-01732552

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01732552>

Submitted on 14 Mar 2018

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>

Thèse

pour obtenir le grade de

Docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement dans le cadre du troisième cycle de Médecine Générale

par Amel DRICI

le 03 juillet 2014

SYMPTOMES, QUALITE DE VIE

ET PERCEPTION DU RISQUE

LIES A L'EXPOSITION RESIDENTIELLE AUX

LIGNES « TRES HAUTE TENSION » :

Revue de littérature

Jury de la thèse :

Monsieur le Professeur Philippe HARTEMANN, Président du Jury

Monsieur le Professeur Xavier DUCROCQ

Madame le Docteur Elisabeth STEYER

Monsieur le Docteur Olivier BOUCHY, Directeur de thèse

Madame le Docteur Laurène Millet – Malingrey

LISTE DES PROFESSEURS



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**



FACULTÉ de MÉDECINE
NANCY

Président de l'Université de Lorraine :
Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen de la Faculté de Médecine : **Professeur Henry COUDANE**

Vice-Doyen « Finances » : **Professeur Marc BRAUN**

Vice-Doyen « Formation permanente » : **Professeur Hervé VESPIGNANI**

Vice-Doyen « Vie étudiante » : **M. Pierre-Olivier BRICE**

Asseseurs :

- 1 ^{er} Cycle et délégué FMN Paces :	Docteur Mathias POUSSEL
- 2 ^{ème} Cycle :	Mme la Professeure Marie-Reine LOSSER
- 3 ^{ème} Cycle :	
• « <i>DES Spécialités Médicales, Chirurgicales et Biologiques</i> »	Professeur Marc DEBOUVERIE
• « <i>DES Spécialité Médecine Générale</i> »	Professeur Associé Paolo DI PATRIZIO
• « Gestion DU – DIU »	Mme la Professeure I. CHARY-VALKENAERE
- Plan campus :	Professeur Bruno LEHEUP
- Ecole de chirurgie et nouvelles pédagogies :	Professeur Laurent BRESLER
- Recherche :	Professeur Didier MAINARD
- Relations Internationales :	Professeur Jacques HUBERT
- Mono appartenants, filières professionnalisantes :	Docteur Christophe NEMOS
- Vie Universitaire et Commission vie Facultaire :	Docteur Stéphane ZUILY
- Affaires juridiques, modernisation et gestions partenaires externes:	Mme la Docteure Frédérique CLAUDOT
- Réingénierie professions paramédicales :	Mme la Professeure Annick BARBAUD

DOYENS HONORAIRES

Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY

Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL – Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE

Jean-Louis BOUTROY - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - Claude CHARDOT - François CHERRIER Jean-
Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre DELAGOUTTE - Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS

Jean DUHEILLE - Jean-Bernard DUREUX - Gérard FIEVE - Jean FLOQUET - Robert FRISCH

Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ

Oliéro GUERCI - Claude HURIET - Christian JANOT - Michèle KESSLER - Jacques LACOSTE

Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN
Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Michel MANCIAUX - Philippe MANGIN - Pierre MATHIEU - Michel MERLE

Denise MONERET-VAUTRIN - Pierre MONIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN Gilbert
PERCEBOIS - Claude PERRIN - Guy PETIET - Luc PICARD - Michel PIERSON - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL Jean PREVOT -
Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER – Denis REGENT - Michel RENARD - Jacques ROLAND

René-Jean ROYER - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Michel SCHWEITZER - Claude SIMON - Danièle SOMMELET

Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT- Augusta TREHEUX - Hubert UFFHOLTZ - Gérard VAILLANT Paul
VERT - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Michel WAYOFF - Michel WEBER

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Gérard BARROCHE Professeur Pierre BEY - Professeur Patrick BOISSEL

Professeur Michel BOULANGE – Professeur Jean-Louis BOUTROY - Professeur Jean-Pierre CRANCE

Professeur Jean-Pierre DELAGOUTTE - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ - Professeure Simone GILGENKRANTZ Professeure
Michèle KESSLER - Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS - Professeur Luc PICARD Professeur Michel PIERSON
- Professeur Michel SCHMITT - Professeur Jean-François STOLTZ - Professeur Michel STRICKER Professeur Hubert UFFHOLTZ -
Professeur Paul VERT - Professeure Colette VIDAILHET - Professeur Michel VIDAILHET Professeur Michel WAYOFF

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : *(Anatomie)*

Professeur Gilles GROSDIDIER - Professeur Marc BRAUN

2^{ème} sous-section : *(Cytologie et histologie)*

Professeur Bernard FOLIGUET – Professeur Christo CHRISTOV

3^{ème} sous-section : *(Anatomie et cytologie pathologiques)*

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE

1^{ère} sous-section : *(Biophysique et médecine nucléaire)*

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

2^{ème} sous-section : *(Radiologie et imagerie médecine)*

Professeur Michel CLAUDON – Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur René ANXIONNAT

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : *(Biochimie et biologie moléculaire)*

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

2^{ème} sous-section : *(Physiologie)*

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUÉL – Professeur Christian BEYAERT

3^{ème} sous-section : *(Biologie Cellulaire)*

Professeur Ali DALLLOUL

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière)

Professeur Alain LE FAOU - Professeur Alain LOZNIIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

2^{ème} sous-section : (Parasitologie et Mycologie)

Professeure Marie MACHOUART

3^{ème} sous-section : (Maladies infectieuses ; maladies tropicales)

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (Épidémiologie, économie de la santé et prévention)

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON - Professeur Francis GUILLEMIN

Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

2^{ème} sous-section : (Médecine et santé au travail)

Professeur Christophe PARIS

3^{ème} sous-section : (Médecine légale et droit de la santé)

Professeur Henry COUDANE

4^{ème} sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)

Professeur François KOHLER – Professeure Eliane ALBUISSON

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (Hématologie ; transfusion)

Professeur Pierre FEUGIER

2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY - Professeur Didier PEIFFERT

Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,

PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1^{ère} sous-section : (Anesthésiologie - réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Gérard AUDIBERT

Professeur Thomas FUCHS-BUDER – Professeure Marie-Reine LOSSER

2^{ème} sous-section : (Réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Alain GERARD - Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)

Professeur François PAILLE – Professeur Faiez ZANNAD - Professeur Patrick ROSSIGNOL

49^{ème} Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Hervé VESPIGNANI - Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE

Professeur Luc TAILLANDIER - Professeur Louis MAILLARD

2^{ème} sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE – Professeur Olivier KLEIN

Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS

3^{ème} sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

4^{ème} sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH

5^{ème} sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean PAYSANT

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeure Annick BARBAUD

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

1^{ère} sous-section : (Pneumologie ; addictologie)

Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE

Professeur Nicolas SADOUL - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET

3^{ème} sous-section : (*Chirurgie thoracique et cardiovasculaire*)

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT – Professeur Thierry FOLLIGUET

4^{ème} sous-section : (*Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire*)

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE

1^{ère} sous-section : (*Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie*)

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

3^{ème} sous-section : (*Néphrologie*)

Professeure Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT

4^{ème} sous-section : (*Urologie*)

Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (*Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie*)

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY - Professeur Athanase BENETOS

Professeure Gisèle KANNY – Professeure Christine PERRET-GUILLAUME

2^{ème} sous-section : (*Chirurgie générale*)

Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{ère} sous-section : (*Pédiatrie*)

Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET

Professeur Cyril SCHWEITZER – Professeur Emmanuel RAFFO – Professeure Rachel VIEUX

2^{ème} sous-section : (*Chirurgie infantile*)

Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

3^{ème} sous-section : (*Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale*)

Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Olivier MOREL

4^{ème} sous-section : (*Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale*)

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (*Oto-rhino-laryngologie*)

Professeur Roger JANKOWSKI – Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

2^{ème} sous-section : (*Ophthalmologie*)

Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeure Karine ANGIOI

3^{ème} sous-section : (*Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie*)

Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeure Muriel BRIX

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

61^{ème} Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Professeur Jean-Marc BOIVIN

PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Professeur associé Paolo DI PATRIZIO

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (*Anatomie*)

Docteur Bruno GRIGNON – Docteure Manuela PEREZ

2^{ème} sous-section : (*Cytologie et histologie*)

Docteur Edouard BARRAT - Docteure Françoise TOUATI – Docteure Chantal KOHLER

3^{ème} sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Docteure Aude MARCHAL – Docteur Guillaume GAUCHOTTE

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE

1^{ère} sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Docteur Jean-Claude MAYER - Docteur Jean-Marie ESCANYE

2^{ème} sous-section : (*Radiologie et imagerie médecine*)

Docteur Damien MANDRY

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN

Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA

2^{ème} sous-section : (*Physiologie*)

Docteur Mathias POUSSEL – Docteure Silvia VARECHOVA

3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire)

Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)

Docteure Véronique VENARD – Docteure Hélène JEULIN – Docteure Corentine ALAUZET

3^{ème} sous-section : (Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales)

Docteure Sandrine HENARD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)

Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE – Docteure Frédérique CLAUDOT – Docteur Cédric BAUMANN

2^{ème} sous-section (Médecine et Santé au Travail)

Docteure Isabelle THAON

3^{ème} sous-section (Médecine légale et droit de la santé)

Docteur Laurent MARTRILLE

4^{ère} sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)

Docteur Nicolas JAY

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique))

Docteure Lina BOLOTINE

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Docteur Christophe PHILIPPE – Docteure Céline BONNET

48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,

PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique)

Docteure Françoise LAPICQUE – Docteur Nicolas GAMBIER – Docteur Julien SCALA-BERTOLA

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Docteure Anne-Christine RAT

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénérologie)

Docteure Anne-Claire BURSZTEJN

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

3^{ème} sous-section : *(Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)*

Docteur Fabrice VANHUYSE

4^{ème} sous-section : *(Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)*

Docteur Stéphane ZUILY

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : *(Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)*

Docteure Laure JOLY

**54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE,
ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

5^{ème} sous-section : *(Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)*

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

MAÎTRE DE CONFÉRENCE DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteure Elisabeth STEYER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

19^{ème} Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

60^{ème} Section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE, GÉNIE CIVIL

Monsieur Alain DURAND

61^{ème} Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Monsieur Jean REBSTOCK

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS – Monsieur Pascal REBOUL – Monsieur Nick RAMALANJAONA

65^{ème} Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Monsieur Jean-Louis GELLY - Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE

Monsieur Christophe NEMOS - Madame Natalia DE ISLA - Madame Nathalie MERCIER – Madame Céline HUSELSTEIN

66^{ème} Section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale

Docteure Sophie SIEGRIST - Docteur Arnaud MASSON - Docteur Pascal BOUCHE

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Charles A. BERRY (1982)

Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)

Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)

Brown University, Providence (U.S.A)

Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)

Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)

Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)

Université de Pennsylvanie (U.S.A)

Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)

Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)

Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)

Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)

Université d'Helsinki (FINLANDE)

Professeur James STEICHEN (1997)

Université d'Indianapolis (U.S.A)

Professeur Duong Quang TRUNG (1997)

Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)

Professeur Daniel G. BICHET (2001)

Université de Montréal (Canada)

Professeur Marc LEVENSTON (2005)

Institute of Technology, Atlanta (USA)

Professeur Brian BURCHELL (2007)

Université de Dundee (Royaume-Uni)

Professeur Yunfeng ZHOU (2009)

Université de Wuhan (CHINE)

Professeur David ALPERS (2011)

Université de Washington (U.S.A)

Professeur Martin EXNER (2012)

Université de Bonn (ALLEMAGNE)

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Hartemann, Professeur d'Epidémiologie, d'Economie de la Santé, et de Prévention, pour son enthousiasme pour ce projet de thèse, sa disponibilité et la connaissance qu'il m'a apportée..

A Monsieur le Professeur Xavier Ducrocq, Professeur de Neurologie, pour avoir accepté de participer au jury de la thèse.

A Madame le Docteur Elisabeth Steyer, Docteur en Médecine, Maître de Conférence des Universités de Médecine Générale, pour avoir accepté de participer au jury de la thèse, et pour l'intérêt qu'elle porte au sujet.

A Monsieur le Docteur Olivier Bouchy, Docteur en Médecine, qui a crû immédiatement en ce projet de thèse, lui a donné forme, et l'a dirigée avec rigueur et bienveillance, par ses conseils utiles.

A Madame le Docteur Laurène Millet-Malingrey, Docteur en Médecine, Chef de Clinique de Médecine Générale, pour son intérêt, ses conseils utiles, et sa sympathie.

A Monsieur le Professeur Pierre Le Ruz, Docteur en Physiologie animale, Expert Européen en Nuisances Electromagnétiques et Radioprotection, et Président de la CRIIREM, qui a consacré de son temps sans le compter pour me faire bénéficier de son expertise et de ressources scientifiques déterminantes pour rendre le travail plus complet et plus intéressant. Merci pour son engagement qui fait vivre la recherche et l'information indépendantes tellement indispensables.

A Monsieur le Professeur Claude Chopin, Professeur d'Anesthésiologie et de Réanimation, et Vice-Président de l'Association de Défense du Berceau de la Marque, pour son engagement, sa considération et sa sympathie.

A Monsieur le Docteur Alain Criton, Docteur en Médecine, pour sa confiance et son soutien infaillibles, ses attentions et son amitié qui me touchent. Vous m'avez accompagnée dans mes débuts incertains jusqu'à l'autonomie et je vous dois sincèrement tout l'épanouissement professionnel et l'assurance que je connais aujourd'hui.

A l'équipe de l'ARS (FAM/LHSS) pour sa sympathie, son accueil inoubliable et les excellents moments partagés.

A ma mère, qui m'a toujours enseigné l'amour et le respect de la Nature, et qui plus tard m'a convaincue de la nécessité vitale pour la population de s'emparer des affaires politiques, avec l'injonction satirique : « Dormez citoyens, l'Etat s'occupe de tout ! »

A ma sœur Lucie, mon cousin Younes, ma tante Catherine pour tout ce qu'ils m'enrichissent philosophiquement.

A Lionel, dont les qualités humaines inestimables et la fidélité dans toutes les épreuves m'ont apporté un soutien inconditionnel, et feront de lui avec certitude un soignant empathique et dévoué. Je te souhaite toute la réussite et l'épanouissement que tu mérites.

A Pierre Rose pour son intérêt, son aide et son engagement.

A Jean-Baptiste et Roselyne, qui m'ont consacré généreusement de leur temps chaque fois que nécessaire, pour diagnostiquer et soigner les bugs et réglages informatiques qui sont la hantise de l'étudiant concentré.

A tous les militants qui me montrent la voie de la lutte et de l'émancipation maximale, et avec lesquels je partage les expériences humaines les plus intéressantes et essentielles. Je ne peux pas risquer de les citer tellement tant d'entre eux m'ont déjà enrichie dans un parcours si nouveau.

SERMENT

« Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque ».

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	22
1.1	Contexte environnemental	22
1.2	Problématique et justifications	24
2	METHODE	26
2.1	Les descripteurs	26
2.2	Les sources et équations de recherche	27
2.2.1	Les bases de données	27
2.2.2	Les agences et institutions gouvernementales et internationales	28
2.2.3	Les revues scientifiques	28
2.2.4	Les associations environnementales et citoyennes	28
2.2.5	Les sociétés savantes	29
2.3	Les critères d'inclusion et d'exclusion	30
2.4	Recueil et présentation des résultats	30
2.5	Evaluation de la qualité méthodologique	31
2.5.1	Difficultés méthodologiques spécifiques de l'évaluation de l'exposition aux CEM	32
2.6	L'évaluation des conflits d'intérêt	33
3	RESULTATS	34
3.1	Présentation	34
3.2	Qualité méthodologique	35
3.3	Conflits d'intérêts	35
3.4	Tableaux :	35
3.5	Synthèse des résultats (études « intéressantes » et « excellentes »)	50
4	DISCUSSION	51
4.1	Etudes « généralistes »	51
4.1.1	Symptômes divers	51
4.1.2	Consommation médicale	52
4.1.3	Maladies chroniques	53
4.1.4	Mortalité	53
4.2	Céphalées	55
4.3	Troubles du sommeil	55
4.4	Troubles cognitifs et comportementaux	57
4.5	Dépression et suicide	58
4.6	Lien avec l'électrohypersensibilité	59
4.7	Perception de la ligne THT	60
		19

4.7.1	Jugement négatif, craintes et plaintes	60
4.7.2	Déterminants de la perception et des comportements vis-à-vis des lignes THT	61
4.7.3	Effets de la perception de la ligne THT	62
5	CONCLUSION	63
5.1	Synthèse	63
5.2	Perspectives	64
5.2.1	Besoins de recherche	64
5.2.2	Actions de santé publique	65
5.2.3	Impartialité et transparence	66
6	BIBLIOGRAPHIE	68
7	ANNEXES	73
7.1	Annexe 1 : Prérequis sur les CEM et les lignes THT	73
7.1.1	Le réseau électrique en France	73
7.1.2	Champs générés par la ligne THT	74
7.1.3	Les CEM dans les corps biologiques et les matériaux	74
7.1.4	Spectre électromagnétique, principales sources et niveaux d'exposition aux CEM	76
7.2	Annexe 2 : Etat des connaissances et controverses	77
7.3	Annexe 3 : Conflits d'intérêt	78
7.3.1	En France	78
7.3.2	A l'échelle internationale	79
7.4	Annexe 4 : électrohypersensibilité et syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques	80
7.4.1	La magnétosensibilité	80
7.4.2	L'hypersensibilité électromagnétique	81
7.4.3	Le syndrome d'intolérance aux CEM (SICEM)	82

SIGLES :

ADN = Acide DésoxyriboNucléique
AFSSET = Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
AIEA = Agence Internationale de l'Energie Atomique
ARTAC = Association pour la Recherche Thérapeutique AntiCancéreuse
ASEF = Association Santé Environnement France
BDSP = Banque de Données en Santé Publique
CEM : champ électromagnétique
CEPHES = Comité Européen pour la Protection de l'Habitat, de l'Environnement et de la Santé
CHSPF = Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
CIRC = Centre International de Recherche sur le Cancer
= IARC : International Agency for Research on Cancer)
CRIIREM = Centre de Recherche et d'Information Indépendant sur les Rayonnements ElectroMagnétiques
EBF = extrêmement basse fréquence
EDF = entreprise Electricité De France
EHS = HyperSensibilité Electromagnétique
EPR = European Pressurized Reactor
ERDF = entreprise Electricité Réseau Distribution France
GDT = Grand Dictionnaire Terminologique
HCSP = Haut Conseil de Santé Publique
ICEMS = International Commission for ElectroMagnetic Safety
ICNIRP = International Commission on Non Ionizing RadioProtection
INSPQ = Institut National de Santé Publique du Québec
InVS = Institut de Veille Sanitaire
IRM = imagerie par resonance magnétique
MeSH = Medical Subject Headings
OGM = organisme génétiquement modifié
OMS = Organisation Mondiale de la Santé
OPECST = Office Parlementaire d'Evaluation de Choix Scientifiques et Technologiques
OQLF = Office Québécois de la Langue Française
OR = odds ratio
PRISMA = Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
RSN = Réseau Sortir du Nucléaire
RTE = entreprise Réseau de Transport d'Electricité
SCENIHR = Scientific Committy on Emerging and Newly Identified Health Risks
SEP = sclérose en plaques
SGA = syndrome général d'adaptation
SICEM = syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques
SLA = sclérose latérale amyotrophique
SUDOC = Système Universitaire de DOCumentation
THT = très haute tension

1 INTRODUCTION

Pour une présentation brève des champs électromagnétiques (CEM) et des lignes à très haute tension (THT) apportant les prérequis à la compréhension du travail, nous recommandons vivement au lecteur de se reporter à l'*Annexe 1*.

1.1 Contexte environnemental

Le modèle de développement de notre société moderne, guidé par les choix de croissance économique et industrielle, se soumet à l'essor de technologies et de pollutions qu'elles supposent, et s'accompagne de **modifications environnementales inédites, profondes, rapides, multiples, et incontrôlées**.

La **pollution électromagnétique** fait partie de ces **dangers émergents**. Elle prolifère de manière exponentielle avec, pour les champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence (**CEM EBF**), la multiplication des **lignes THT** (qui sont pour une part majeure dans l'augmentation des niveaux d'exposition, selon le rapport du Scientific Committy on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) 2009 (1)), de l'électroménager et des écrans ; auxquels se surajoutent, pour les CEM par radiofréquences, l'explosion de la téléphonie cellulaire, des antennes-relais et des réseaux Wi-Fi. Elle se combine aux pollutions chimiques diverses, avec lesquelles on peut craindre des effets biologiques synergiques.



La logique de profit à court terme ne pouvant pas s'encombrer du **principe de précaution**, les nouvelles technologies, dont les choix sont guidés par la rentabilité avant l'utilité sociale, se trouvent le plus souvent répandues et expérimentées directement à grande échelle, transformant la population générale en cobaye géant, et rendant leur réalisation et leurs conséquences éventuelles d'emblée quasiment irréversibles, comme c'est le cas par exemple pour les organismes génétiquement modifiés (OGM) ou le « nucléaire ».

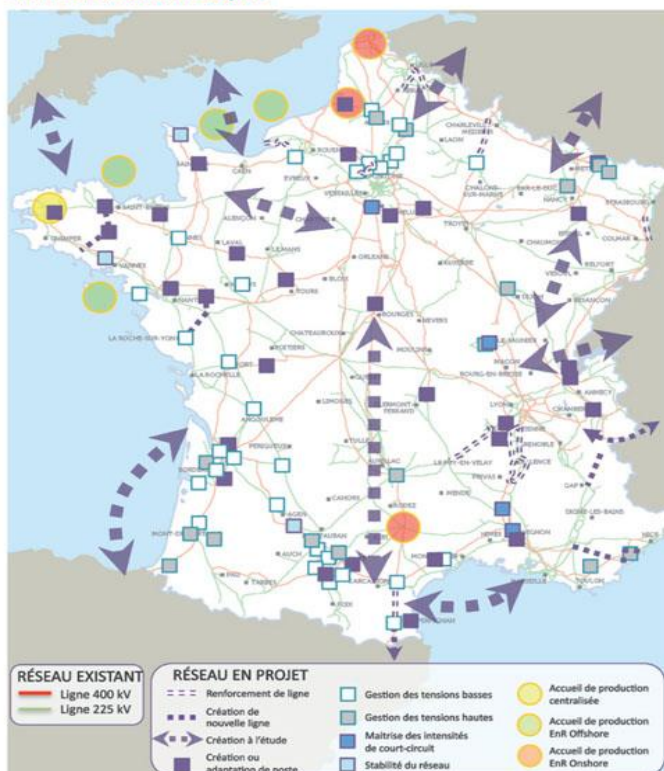
A propos des lignes THT, alors que les risques sur la santé humaine et animale sont encore très mal cernés bien que supposés depuis longtemps, elles quadrillent densément les territoires des pays dits riches pour satisfaire le fonctionnement des industries de l'énergie.

En France, l'exposition résidentielle aux lignes THT concerne aujourd'hui **180 000 foyers**(3).



La France est le pays le plus nucléarisé du monde, et donc le pays européen où le réseau de lignes THT est le plus important (2), avec 100 000 kilomètres de lignes de 63.000 à 400.000 Volts. Ce réseau devrait s'étendre avec de nouveaux projets nationaux et internationaux, dans le cadre d'un vaste plan d' « interconnexion des réseaux européens d'électricité ».

CARTE DES PRINCIPAUX PROJETS



CARTE DES PRINCIPAUX TRAVAUX FINALISÉS EN 2012



En Irlande, un nouveau projet de « méga ligne THT » du Nord au Sud du pays (« North – South Transmission Line Project) exposerait les populations à du courant de 440 KV et donne naissance à de nouvelles polémiques.

En Chine, les lignes THT transportent du courant jusqu'à 500 KV.

1.2 Problématique et justifications

L'état des connaissances et des controverses à propos des effets des CEM EBF 50-60Hz sur la santé humaine sont résumés dans l'*Annexe 2*. Notre synthèse est essentiellement basée : pour les effets biophysiques, biochimiques et biocellulaires, sur les rapports de l'ICEMS en 2010 (4) et le rapport Bioinitiative en 2012 (5); et pour les effets biologiques, neurophysiologiques et cliniques : sur le rapport de l'INSPQ en 2006 (6), et celui du SCENIHR 2013 (7), analysant ainsi la littérature la plus récente.

Nous avons choisi de nous intéresser à la **qualité de vie** des populations soumises à une exposition résidentielle aux lignes THT, à leurs **symptômes** et leurs **perceptions**, pour plusieurs raisons.

La littérature, bien qu'empreinte de controverses, abonde sur les maladies, surtout étudiées chez les travailleurs, et leurs mécanismes, mais fait l'impasse sur les conditions réelles de vie sous une ligne THT. Les rapports officiels s'intéressent aux symptômes uniquement en conditions expérimentales sous une exposition aiguë, ou chez les travailleurs, et les résultats sont jugés non concluants. Selon le rapport du SCENIHR 2013, les études de provocation aiguës, réelles et simulées, mettent globalement en évidence l'incapacité des sujets à détecter un CEM, et les études sur les travailleurs sont jugées biaisées. Le lien entre exposition aux CEM EBF et symptômes resterait ainsi à prouver.

Un seul rapport d'experts pour l'Union Européenne en 1997 avait traité la question en conditions de vie réelle, et conclu à l'absence de données épidémiologiques probantes en faveur d'une augmentation des symptômes par l'exposition résidentielle aux CEM EBF, du fait du petit nombre d'études et de leurs faiblesses méthodologiques, mais attirait déjà l'attention sur l'association entre dépression et exposition aux lignes THT (8).

Enfin, la consultation du Système Universitaire de Documentation (SUDOC) ne recense aucun travail sur ce thème (9).

Cette lacune contraste avec les **plaintes** et les **inquiétudes** des populations concernées, comme le soulignait dès 1983 un expert travaillant chez Electricité De France (EDF) qui lançait une alerte dans une note interne confidentielle (10). Il attirait l'attention sur une première enquête réalisée dans la commune de Champlan traversée par une ligne THT, et où les habitants souffraient de céphalées, insomnie et dépression.

Il devient nécessaire au médecin généraliste d'être au point sur ce sujet, étant données l'ampleur et la croissance de l'exposition résidentielle aux lignes THT, et du fait qu'il se trouve en première ligne face aux symptômes et inquiétudes des patients, sensibilisés par les médias et en perte de confiance vis-à-vis des autorités.

Enfin, dans un unique souci de rigueur scientifique, nous nous appliquerons à interpréter les données publiées et les réglementations adoptées à la lumière des liens d'intérêt des auteurs et orateurs. Cette précaution générale doit s'appliquer en particuliers dans le domaine des champs électromagnétiques tant il est soumis à des **lobbies** industriels éminemment puissants au plan mondial, essentiellement **du nucléaire et de la téléphonie**, et dont le pouvoir s'appuie nécessairement sur certains leaders d'opinion scientifiques et décideurs politiques. Nous justifions ce propos dans l'*Annexe 3*.

Les objectifs de l'étude, réalisée sous forme de revue critique de littérature, sont :

- Principalement : une revue descriptive de la nature et de la fréquence des **symptômes, de la qualité de vie, et de la santé générale des personnes vivant à proximité des lignes THT**
- Secondairement, une analyse de la **perception de la ligne THT**, et de ses liens éventuels avec les symptômes.

Quand cela est possible, nous tenterons d'interpréter la signification des symptômes : sont-ils psychosomatiques, ou reliés à des désordres biologiques ? Banals, ou prédictifs de maladies ultérieures ? Quel est leur lien avec la perception des lignes THT ? Ont-ils un rapport avec le « syndrome d'hypersensibilité aux champs électromagnétiques (EHS) » (voir *Annexe 4*) ?

Dans le domaine de la Santé Publique Environnementale, nous souhaitons apporter la synthèse des connaissances et des lacunes sur le sujet, pour une élaboration optimisée des projets de recherche futurs, qui devront d'une part défier les difficultés méthodologiques spécifiques, et d'autre part préciser les liens statistiques et éventuellement de causalité avec certains troubles. D'un point de vue plus pragmatique, le travail souhaite contribuer à la mise en lumière de troubles et de souffrances réels, sans en présumer les mécanismes, et la reconnaissance de risques éventuels pour l'adoption le cas échéant de mesures concrètes de protection des populations guidées par le principe de précaution.

Dans le domaine de la Médecine Générale, nous espérons sensibiliser les professionnels aux présentations cliniques des troubles liés aux problématiques émergentes afin d'améliorer le diagnostic, la compréhension et la prise en charge des patients, en évitant l'écueil de la psychiatrisation.

2 METHODE

Nous conduisons la revue de littérature selon la méthode Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (12).

Nous allons présenter les sources interrogées, avec les descripteurs utilisés et les équations de recherche choisies dans chaque situation pour un protocole de recherche reproductible, ainsi que les critères de sélection et de présentation des résultats.

2.1 Les descripteurs

Pour la traduction du français vers l'anglais, le dictionnaire en ligne **REVERSO** traduit l'expression « ligne à haute tension » par « **high-tension line** », synonyme de « **power line** » et « **high voltage power line** ».

<http://dictionnaire.reverso.net/>

Le **Grand Dictionnaire Terminologique (GDT)** proposé par l'Office Québécois de la Langue Française (OQLF) référence l'expression exacte « ligne à haute tension », traduite par « **high-tension line** » ou « **high-voltage line** ».

Le sigle « THT » : « Très Haute Tension » est traduit « **VHV** » : « **Very High Voltage** ».

Quant à l'expression « power line », elle est équivalente à « **electric line** » : « ligne électrique » ou « **transmission line** » : « ligne de transport d'électricité ».

L'expression exacte « champ magnétique à extrême basse fréquence » est référencée et traduite par « **extremely low frequency magnetic field** ».

<http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/index.aspx>

Le thésaurus biomédical de référence Medical Subject Headings (MeSH) ne connaît aucune de toutes ces expressions tant en français qu'en anglais.

<http://ist.inserm.fr/portail.html>

Nous avons choisi de ne pas utiliser de descripteur tel que « symptôme », trop restrictif.

2.2 Les sources et équations de recherche

2.2.1 Les bases de données

Dans **Pubmed**, nous avons donc utilisé l'équation :

- «high-tension line» OR «power line» OR «high-voltage line» OR «electric line» OR «transmission line» OR “low frequency magnetic field”
- contenus dans le titre ou le résumé : “title / abstract”
- avec les filtres “humain” pour l'espèce, et “anglais + français » pour la langue.

Dans **Science Direct**, nous avons utilisé l'équation :

- «high-tension line» OR «power line» OR «high-voltage line» OR «electric line» OR «transmission line» OR “low frequency magnetic field”
- Dans title/abstract/keywords

Dans **Pascal**, nous avons utilisé l'équation suivante :

- La recherche par le simple terme « ligne haute tension » nous propose des « sujets contrôlés », nous avons sélectionné parmi eux : « power transmission line », « overhead line », « transmission line », « high voltage line », avec les restrictions « mot du titre », « article de journal », « étude comparative ».

Nous avons interrogé la base documentaire de la **Banque de Données en Santé Publique (BDSP)** avec le mot-clé « ligne haute tension » référencé dans le thésaurus.

<http://www.bdsp.ehesp.fr/>

Nous avons découvert l'existence d'une base de données très précieuse pour le sujet : **EMF Portal**.

<http://www.emf-portal.de/>

Elle référence de manière très complète sinon exhaustive, les articles traitant des champs électromagnétiques et leurs effets sur la santé humaine ou sur les systèmes biologiques ; et offre la possibilité de lancer une recherche :

- Avec un ou des mots-clés : nous avons choisi « power line » qui est le terme générique proposé par le site en langage contrôlé.
- Par source d'exposition : nous avons choisi l'intervalle de fréquence 50-60Hz
- Par thème : nous avons gardé « behaviour, cognition », « central nervous system », « auditory system », « skin », « eyes », « hypersensitivity », « mortality », « neurons », « olfactory organ », “magnetoreception”, “pain”, en excluant tous les sujets en rapport avec des effets biologiques, cancéreux ou sur d'autres pathologies n'intéressant pas notre étude
- Par type d'étude : nous avons sélectionné les études épidémiologiques

Pour la littérature grise, nous avons interrogé la base **Open SIGLE** (System for Information on Gray Literature) avec l'équation «high-tension line» OR «power line» OR «high-voltage line» OR «electric line» OR «transmission line» en sélectionnant les sciences biologiques et médicales.

<http://www.opengrey.eu/>

2.2.2 Les agences et institutions gouvernementales et internationales

Nous avons consulté sur le site du **Haut conseil de Santé Publique** (HCSP) la liste des rapports et avis, et la liste des mots-clés.

<http://www.hcsp.fr/explore.cgi/Accueil>

Nous avons interrogé le moteur de recherche du portail documentaire du site de l'**Institut de Veille Sanitaire** (InVS) avec l'expression « ligne haute tension », référencée dans la liste de mots-clés.

<http://opac.invs.sante.fr/>

2.2.3 Les revues scientifiques

Nous avons interrogé le site **Prescrire** sur compte d'abonné en recherchant l'expression « ligne haute tension » dans les mots-clés référencés.

<http://www.prescrire.org/fr/>

2.2.4 Les associations environnementales et citoyennes

Nous avons consulté spontanément :

- Le site de l'**Association Santé Environnement de France (ASEF)**

En lançant une recherche avec les expressions « ligne haute tension » et « ligne THT ».

<http://www.asef-asso.fr>

- Le site du **Réseau Sortir du Nucléaire (RSN)**, association indépendante :

Dans la rubrique « THT »

<http://www.sortirdunucleaire.org/>

- Le site de **Greenpeace France**, organisation indépendante :

Dans la rubrique « s'informer » → « nucléaire » → « ligne THT cotentin – Maine »

<http://www.greenpeace.org/france/fr/>

- Le site du collectif **Stop THT** : Dans la rubrique « Santé »

www.stop-tht.org/



Par effet « boule de neige », nous avons consulté :

- Le site de **Powerwatch**, association américaine indépendante de veille sur les effets des champs électromagnétiques sur la santé humaine, dans la rubrique « powerlines »

<http://www.powerwatch.org.uk/>

- Le site de **Next Up**, association internationale indépendante aux missions similaires, dans la rubrique « THT »

<http://www.next-up.org/NewsOfTheWorld/BioinitiativeSignPetition.php>

2.2.5 Les sociétés savantes

Les liens proposés par les sites précédents convergent vers le **Centre de Recherche et d'Information Indépendantes sur les Rayonnements Electromagnétiques (CRIIREM)**. C'est une organisation française indépendante de tout gouvernement ou industrie, autofinancée, spécialisée dans l'étude des effets des champs électromagnétiques, munie d'un conseil scientifique d'experts dans le domaine, présidé par un expert européen en nuisances électromagnétiques (Professeur Le Ruz). Elle se donne pour mission de constituer un contre-pouvoir citoyen face aux organisations gouvernementales. Nous avons consulté sur le site la rubrique « lignes THT ».

<http://www.criirem.org/>

Le site du CRIIREM propose également un lien vers le site de **l'International Commission for Electromagnetic Safety (ICEMS)**, que nous avons consulté. C'est une organisation internationale à but non lucratif regroupant des experts de la pollution électromagnétique et se donnant pour mission de promouvoir dans ce domaine la recherche, l'information, la communication et la protection de la santé publique.

<http://www.icems.eu>

2.3 Les critères d'inclusion et d'exclusion

Parmi les résultats obtenus par l'ensemble des méthodes de recherche explicitées ci-dessus, nous ne garderons que ceux qui intéressent le sujet et qui ont une qualité acceptable.

Nous incluons les résultats qui concernent des études :

- Epidémiologiques
- concernant les symptômes, la qualité de vie, la santé générale ou la mortalité, ou la perception du risque
- d'une population humaine saine à priori, pouvant être de tout sexe et de tout âge
- sous une exposition (moins de 500 mètres, arbitrairement) résidentielle ou scolaire, quotidienne et chronique (plus d'un mois)
- aux lignes THT, ou aux sous-stations électriques qui sont des éléments nécessaires du réseau, ou aux champs électromagnétiques à extrêmement basse fréquence (CEM EBF) comparables, c'est-à-dire à une fréquence de 50-60Hz et à une intensité inférieure à 30 μ T.
- publiée en français ou en anglais

Nous excluons les résultats qui concernent des études :

- expérimentales
- ne concernant ni les symptômes, ni la qualité de vie, ni la santé générale ou la mortalité, ni la perception du risque
- concernant une population EHS
- concernant l'exposition professionnelle
- concernant l'exposition aiguë (moins de 1 mois)
- ne concernant pas les lignes THT ou les CEM EBF apparentés, c'est-à-dire à une fréquence différente de 50-60Hz, ou à une intensité supérieure à 30 μ T.
- comportant des sources multiples d'exposition aux CEM, sans sous groupe d'étude pour l'exposition aux lignes THT ou aux CEM EBF 50-60Hz
- dont l'effectif est inférieur à 30 sujets

2.4 Recueil et présentation des résultats

Suite à ce travail de sélection, nous présenterons les résultats retenus sous forme de tableau, pour plus de clarté.

Nous classerons les études par type d'effet sur la santé.

Nous donnerons pour chaque étude :

- Son titre, son année de publication
- Son objectif : critère étudié, comparaison binaire entre exposés et non exposés, ou étude de la relation dose-effet
- Le protocole d'étude : type, présence de randomisation et d'aveugle, méthode d'évaluation du critère étudié
- La population (effectif, critères d'inclusion...), l'exposition (niveau et durée d'exposition, méthode d'évaluation...), et la définition des groupes en fonction de l'exposition
- Les facteurs de confusion pris en compte, et les outils statistiques utilisés
- Les résultats et conclusions
- Les forces de l'étude, les limites et les biais.

2.5 Evaluation de la qualité méthodologique

Dans la partie « **forces et limites** », nous tenterons de donner une appréciation globale à chaque étude en fonction de sa qualité méthodologique :

- Qualité de l'évaluation des symptômes ou du critère de santé (recueil auprès de registres, utilisation d'échelles validées ou d'un diagnostic médical précis, ou au contraire auto-évaluation subjective), questionnaires réalisés en aveugle ou non
- Qualité de l'évaluation de l'exposition (par dosimétrie ponctuelle ou répétée, par distance sur cartographie, ou au contraire approximative, précision de la durée d'exposition), pertinence de la définition des exposés et non-exposés en fonction du niveau d'exposition, stratification permettant une étude de la relation dose-effet
- effectif et choix de l'échantillon, randomisation, biais de sélection.

Nous qualifierons :

- De **médiocres**, les études dont les faiblesses méthodologiques ne permettent pas d'accorder une signification aux résultats
- D'**intéressantes**, les études dont les résultats ont une signification non négligeable, malgré les faiblesses méthodologiques
- D'**excellentes**, les études dont la méthodologie est rigoureuse et donnent une forte légitimité aux résultats.

2.5.1 Difficultés méthodologiques spécifiques de l'évaluation de l'exposition aux CEM

Plusieurs difficultés se posent pour choisir les critères pertinents d'évaluation de l'exposition aux CEM.

On peut décider de prendre en compte **l'intensité** du CEM. Les connaissances actuelles **ne permettent pas de** statuer sur les paramètres d'exposition à considérer pour **prédire un risque** : intensité moyenne, médiane, maximale ? Niveau seuil, pourcentage de temps au-dessus de certains seuils ? (6)

La **dosimétrie** mesure la somme des intensités de **tous les CEM** à un point de l'espace donné, c'est-à-dire ceux produits par la ligne THT, et ceux produits par d'autres sources de pollution électromagnétique tels les appareils de téléphonie, l'électroménager domestique, ou une antenne relai à proximité. Elle permet de relier les effets d'une certaine nature (clinique ou biologique) à une gamme d'intensité et de fréquences, ce qui représente des données utiles sur le plan scientifique.

La dosimétrie ponctuelle a une valeur limitée. On rappelle que l'intensité de CEM est proportionnelle à l'intensité du courant (voir *Annexe 1*), très variable en fonction de l'offre et la demande d'électricité. La dosimétrie répétée, ou idéalement, continue, donne des moyennes et intervalles de valeurs, et éventuellement des taux d'apparition de valeurs sur la durée d'exposition. L'**exposition cumulée** représente la somme intégrale des valeurs d'expositions sur une période : elle s'exprime en $\mu\text{T} \times \text{unité de temps}$.

Une méthode bien plus aisée consiste à mesurer la **distance** la plus courte entre le lieu de résidence et la ligne THT, soit par cartographie soit par géo-localisation satellite. On rappelle que l'intensité du champ magnétique diminue avec le **carré** de la distance (voir *Annexe 1*), ainsi l'appréciation de l'exposition est beaucoup moins précise, mais peut être plus pragmatique, puisque les réglementations visent à établir des « couloirs » de sécurité.

Définir plusieurs tranches d'exposition permet d'étudier une **relation dose-effet**, qui est en faveur d'un lien de causalité entre l'exposition et les effets. Néanmoins, cette relation n'est pas forcément linéaire, du fait d'effets éventuellement de différente nature en fonction d'intervalles d'expositions.

Enfin et bien sûr, il faut choisir une **durée et des niveaux d'exposition** suffisants pour qu'ils puissent induire des effets, et une **durée de suivi** suffisante pour pouvoir les observer.

Pour critiquer la qualité méthodologique liée à l'évaluation de l'exposition, nous avons donc analysé pour chaque étude dans la mesure du possible la pertinence des choix : de la durée d'exposition, de la durée de suivi, de la méthode de mesure de l'exposition, des tranches d'exposition, et les niveaux d'exposition obtenus.

2.6 L'évaluation des conflits d'intérêt

Il faut se reporter à la loi pour la définition du conflit d'intérêt (11).

A notre connaissance, il n'existe **pas de méthode standardisée ou validée d'évaluation** systématique des conflits d'intérêt des auteurs des études. Nous avons donc procédé à des vérifications « à tâtons », et avec une démarche négative (d'exclusion).

Faute de mieux, nous avons vérifié que les auteurs des études

- ne fassent pas partie des experts dénoncés par les agences et institutions gouvernementales et internationales, les associations environnementales et citoyennes, ni les sociétés savantes citées dans le chapitre 5.2)
- ne soient pas cités comme ayant des conflits d'intérêt dans la rubrique « who's who » du Comité Européen pour la Protection de l'Habitat, de l'Environnement et de la Santé (CEPHES) (13)
- ne soient pas auteurs des rapports de l'ICNIRP (14) ni du CIRC (15)

Une démarche positive, analysant le curriculum vitae, les appartenances et les responsabilités de chacun, n'est pas réaliste à notre niveau.

3 RESULTATS

3.1 Présentation

Nous donnons le nombre de résultats par source et total dans un tableau.

Les équations sus décrites nous ont donné un nombre X de résultats. Comme les mots-clés utilisés se référaient uniquement aux lignes THT et non aux symptômes, il était attendu d'obtenir un grand nombre d'études ne correspondant pas à notre sujet.

La sélection des articles conformes aux critères d'inclusion et d'exclusion suscités parmi les résultats directs, ainsi que parmi les articles reliés et les articles cités dans leurs bibliographies, nous donne un nombre Y de résultats.

Source	X	Y
Pubmed	452	14
Science Direct	214	0
Pascal	85	0
BDSP	40	1
EMF Portal	176	2 (= 15 – 13)**
Open sigle	17	0
HCSP	56	0
INVS	0	0
Prescrire	0	0
ASEF	2	0
RSN	1	(1)*
Greenpeace France	1	(1)*
Powerwatch	21	0
Next Up	2	(1)*
Stop THT	15	(1)*
CRIIREM	1	1
ICEMS	0	0
TOTAL	1083	18

* : l'étude trouvée est celle du CRIIREM

** : 15 articles dont 13 déjà trouvés sur Pubmed

Au total, nous obtenons **18 études** répondant aux critères et exploitables.

Il s'agit d'études **épidémiologiques observationnelles comparatives** entre exposés et non exposés, pour la plupart **transversales** (étudiant à un moment donné la prévalence d'un critère de santé et l'exposition), sauf 1 étude de cohorte et 2 études cas/témoin.

Nous n'avons trouvé aucune revue de littérature ni méta-analyse (quand il en existait, elles mélangeaient les études expérimentales et observationnelles, l'exposition résidentielle et professionnelle, et les seules études dans notre champ étaient déjà en notre connaissance).

Toutes les études ont pu être analysées dans leur forme intégrale, sauf 2 études en chinois et polonais pour lesquelles nous ne disposions que de résumés.

Nous avons classé les études par thèmes principaux, bien que la séparation soit parfois arbitraire et que certaines études recouvrent plusieurs de ces thèmes.

- **Les symptômes non spécifiques** (céphalées, vertiges, nausées, douleurs diverses, troubles auditifs et visuels, irritation muqueuse, ...) : 3 études
- **La santé générale** : les maladies chroniques, ou ses indicateurs indirects, tels la consommation médicale ou la mortalité : 4 études

(Nous avertissons que l'objet de ce chapitre est la santé générale et non une revue systématique des problèmes somatiques, dont la présentation n'est ni hiérarchisée par fréquence ou par gravité, ni exhaustive).

- **Les troubles du sommeil, de la mémoire, de la concentration, du comportement** : 3 études
- **Les troubles anxiodépressifs et les suicides** : 8 études

3.2 Qualité méthodologique

Nous avons qualifié :

- de **médiocres** : 5 études,
- **d'intéressantes** : 7 études,
- **d'excellentes** : 5 études dont la méthodologie est rigoureuse et donnent une forte légitimité aux résultats.
- 1 étude n'a pas été qualifiée en raison d'éléments indisponibles (texte original en chinois).

3.3 Conflits d'intérêts

Notre recherche n'en a pas mis en évidence pour les auteurs des études.

3.4 Tableaux :

SYMPTOMES NON SPECIFIQUES							
Titre, année, source	Objet	Protocole	Population et exposition	ajustement statistiques	et	Résultats et conclusion	Forces (+) et limites (-)
Enquête citoyenne « Vivre avec une THT » 2008. (16)	Lien entre exposition (avec relation dose-effet) et prévalence des symptômes non spécifiques + qualité de vie (+santé des animaux et de l'exploitation agricole) (+fonctionnement des appareils électriques ménagers et médicaux) (Nous n'étudions pas les 2 derniers objectifs)	Etude transversale Multicentrique (1921 foyers, 160 communes) Non aveugle 2008 Enquête téléphonique : Questionnaire santé -symptômes (céphalées, nausées, vertiges, irritabilité, dépression, troubles du sommeil, cognitifs, auditifs, visuels, digestifs, cutanés) - perturbation implants (actifs : pacemaker, audioprothèses, pompes à médicaments, passifs : stérilets, prothèse dentaire) et appareils médicaux (glucomètre - autres perturbations +questionnaires maison, travail, exploitation agricole	Exposition : distance + dosimétrie répétée 3844 adultes pour le questionnaire santé Non exposés : n= 976 >300m d'une THT 0,05-0,10 µT Moyennement exposés : n = 568 <300m THT 400kV Domloup/ Les Quintes, (à 40% de sa puissance maximale) 0,03-1,00 µT Très exposés : n= 2300 <300m de la ligne THT 400kV Flamanville/Domloup, (à 75% de sa puissance maximale) 0,3-11 µT	Alcool, tabac Analyse des Correspondances Multiples test du Khi ² test de Fisher . analyse des résidus de Pearson seuil de significativité =0,05 analyse statistique réalisée par le Centre des Mathématiques Appliquées de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Maine		Augmentation linéaire et significative de tous les troubles (taux d'augmentation de 40 à 99% entre non exposés et très exposés) avec relation dose / effet Entre les 3 groupes d'exposés Augmentation significative -des dysfonctionnements pour les porteurs de prothèses et d'implants actifs - des décharges électriques - de l'inconfort lié au bruit et à la vue de la ligne THT A noter : (questionnaire travail) 78% des interrogés = exploitants agricoles. Stress professionnel : animaux malades, pertes financières	(-) non aveugle, dans un contexte d'opposition citoyenne forte (projet d'une 3 ^e THT Cotentin-Maine) (-)Randomisation ? (-) pas d'échelle validée pour les symptômes (-) durée d'exposition ? (-) biais de sélection = nombreux agriculteurs avec stress professionnel / THT (+) bons effectifs (+) indépendance des auteurs Etude intéressante
A cross sectional study about the effects of residential exposure to power transmission line on human nervous system symptoms and hematology(17) 2012	Lien entre exposition (avec relation dose-effet) et symptômes (+ étude de paramètres hématologiques)	Etude transversale Questionnaires symptômes (céphalées, insomnie, vertiges, nausées...) (+hémogramme)	Distance THT, dosimétrie, calcul de l'exposition cumulée 3 groupes : <20m, 20-200m, 200-500m	Alcool, tabac		Augmentation significative des céphalées et de l'insomnie avec une relation distance / effet	(-) Effectifs et exposition inconnus Beaucoup d'éléments inconnus (texte original en chinois non traduit)

<p>The effects of high voltage transmission lines on the health of adjacent resident populations.</p> <p>1984 (18)</p>	<p>Lien entre exposition (exposés / non exposés) et prévalence des symptômes neuropsychiques, respiratoires et ORL</p> <p>(hypothèse : « effet couronne » ?</p>	<p>étude transversale unicentrique (Californie), randomisée en simple aveugle</p> <p>Questionnaire symptômes Health Interview Survey</p> <p>-Santé générale perçue -Asthme et allergies -Nombre de Consultations <1an -Nombre des maladies <30j - Symptômes <15j Céphalées, Vertiges, Nausées, Somnolence, Irritabilité, dépression, mal gorge, Sécheresse œil /nez</p>	<p>THT 400 kV En dessous : 22μT, Densité de charge de l'air = 10-8C/m3 = 1000x + que dans les conditions normales</p> <p>Exposition >5 ans 438 adultes +enfants>2ans</p> <p>Exposés : n= 245 <225m</p> <p>Non exposés : n = 94 1050-1360m</p>	<p>Sexe, âge, éducation, profession, origine ethnique</p> <p>Influençant la densité de charges : Matériau du logement, conditions météorologiques, régime de fonctionnement (% de puissance maximale)</p> <p>analyse de régression multiple</p>	<p>Pas de différence significative de la prévalence des symptômes Ni de la santé générale</p>	<p>(-) pas de dosimétrie (mais l'objet est l'effet couronne)...</p> <p>(-) effectif faible pour la détection de troubles peu fréquents</p> <p>(-) évaluation des symptômes sur les seuls 15 derniers jours</p> <p>(+) Population californienne reculée n'ayant pas entendu les controverses THT</p> <p>Etude intéressante</p>
--	---	--	---	---	--	--

SANTE GENERALE						
Titre, année, source	Objet	Protocole	Population et exposition	ajustement et statistiques	Résultats et conclusion	Forces (+) et limites (-)
<p>Association of health problems with 50-Hz magnetic fields in human adults living near power transmission lines.</p> <p>2001 (19)</p>	<p>Lien entre exposition (avec relation dose-effet), et prévalence des pathologies chroniques liées à un dysfonctionnement immunitaire (allergies, maladies auto-immunes, infections repérées) ?</p>	<p>Etude transversale multicentrique (Auckland) Non randomisée En double aveugle</p> <p>Questionnaire santé sur les 6 derniers mois, 8 critères :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Santé générale perçue - Maladies chroniques traitées - allergies cutanées traitées (eczéma, urticaire, psoriasis) - asthme - diabète-non insulino dépendant - Arthrite - maladie auto-immune traitée (thyroïdite, diabète insulino dépendant, polyarthrite rhumatoïde, lupus érythémateux disséminé, maladie inflammatoire chronique des intestins, hépatite auto-immune, Sjögren, myasthénie, maladie de Goodpasture, anémie hémolytique auto-immune) - viroses ORL 	<p>Exposition > 6 mois Dosimétrie</p> <p>560 adultes 15-72 ans Résidant dans une rue adjacente à une THT (cartographie) et avec dosimétrie <0,3µT ou >0,5µT pour l'inclusion.</p> <p>5 quintiles de 112 sujets en fonction de l'exposition cumulée. Exposition cumulée moyenne (µT xh) et exposition moyenne (µT) :</p> <p>G1 : 0,64 et 0,06 G2 : 2,75 et 0,21 G3 : 5,33 et 0,39 G4 : 10,58 et 0,77 G5 : 30,76 et 1,94</p> <p>Pour les ORs : G1 + G2 = moyennement exposés, G4 + G5 = très exposés</p>	<p>Âge, sexe, profession, éducation, maladies, traitements, alcool, évènements de vie, croyances sur les THT</p> <p>test de Pearson khi 2 analyse de régression multivariée procédure de Mantel Haenszel</p>	<p>pour la santé générale perçue, maladies chroniques, maladies auto-immunes, asthme, DNID : augmentation linéaire et significative avec l'exposition cumulée</p> <p>Après ajustement, l'augmentation reste significative pour asthme (OR = 3,3) et maladies chroniques (OR =2,2)</p> <p>Pas d'association avec les viroses ORL et les allergies</p> <p>La croyance sur les THT influence significativement la santé générale perçue, mais faiblement les autres critères</p>	<p>(+) évaluation médicale des pathologies (diagnostic et traitement par médecin traitant)</p> <p>(+) calcul précis de l'exposition cumulée</p> <p>(+) étude de la relation dose-effet avec une exposition forte</p> <p>(+) double aveugle</p> <p>(-) exclusion des non anglophones. Non randomisée.</p> <p>Etude excellente</p>

<p>Influence sur la santé humaine de la proximité des conducteurs d'électricité à haute tension. Résultats d'une enquête sur la consommation médicale. (20) 1988</p>	<p>Lien entre exposition (exposés/non exposés) et Consommation médicale</p>	<p>Etude transversale En double aveugle Multicentrique (Alpes, Massif Central, Ouest, Sud Ouest)</p> <p>nombre d'actes médicaux, sur 3,6 ans :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consultations généraliste et pédiatres - Consultations d'autres spécialistes - Visites à domicile - Frais pharmaceutiques (données : Sécurité Sociale) 	<p>Agents EDF (26-59 ans) et leur famille</p> <p>Exposés : vivant et travaillant < 25m d'une THT depuis > 18 mois 70 agents, 65 épouses, 132 enfants</p> <p>Non exposés : > 125m 70 agents, 64 épouses, 120 enfants</p>	<p>Comparaison des moyennes Analyse séquentielle par paires au hasard avec $2\alpha = 0,1$, 95% (résultats concordants)</p>	<p>Pas de différence significative du nombre d'actes entre exposés et non exposés, quelque soit la catégorie d'actes, la catégorie de populations, ou la méthode statistique</p>	<p>(-) petit effectif (-) pas de dosimétrie (-) la définition des non exposés est discutable (+) évaluation rigoureuse de la consommation médicale Etude médiocre</p>
<p>Mortality of persons resident in the vicinity of electricity transmission facilities. 1986 (21)</p>	<p>Lien entre exposition aux THT ou aux sous-stations électriques (exposés/non exposés) et mortalité : Totale Par cancers Par pathologie cardiovasculaire ou respiratoire</p>	<p>Etude de cohorte 1971-1983</p> <p>Mortalité de l'échantillon en 1983 : à partir du registre national (National Health Service Central Register, NHSCR)</p> <p>814 morts en 1983 405 hommes 409 femmes</p> <p>Comparaison aux registres local, régional et national (semblables)</p> <p>Cause sur les certificat décès (Office of Population Censuses and Surveys) bien codifiée (International Classification of Disease (ICD))</p>	<p>Inclusion en 1971 de tous les résidents > 5 ans à < 50m d'une THT ou sous-station électrique (à partir de cartographie et Office of Population Censuses and Surveys)</p> <p>n= 7631 personnes =4 à 5% des foyers</p> <p>< 30m THT : n=19</p>	<p>Age, sexe, profession standardized mortality ratios (SMRs)</p>	<p>pour exposés <50m : Pas de surmortalité Totale ou par causes, sauf augmentation significative des cancers du poumon féminins, (SMR 175 / 20 cas) augmentation non significative des hémopathies malignes féminines (SMR 154/171)</p> <p>pour exposés <15m : augmentation significative des cancers du poumon avec relation distance-effet (SMR 215), leucémies (143), autres hémopathies malignes (333), maladies cardiovasculaires, (94) et respiratoires (127).</p>	<p>(-) non pris en compte : alcool, tabac, pollution chimique ? niveau socio-économique ?</p> <p>(-) Pas de dosimétrie (mais couloir étroit)</p> <p>(-) faible effectif d'exposés (Il a été calculé que pour démontrer un doublement de cancers il faudrait un échantillon de 100 000 personnes)</p> <p>(+) évaluation rigoureuse des causes de décès</p> <p>Etude intéressante</p>

<p>Residence Near Power Lines and Mortality From Neurodegenerative Diseases</p> <p>2008</p> <p>(22)</p>	<p>Mortalité par maladie neurodégénérative (maladies d'Alzheimer, Parkinson, sclérose latérale amyotrophique, sclérose en plaques, démence sénile)</p>	<p>Etude longitudinale Suisse, 2000-2005</p> <p>Mortalité : recensement exhaustif (Swiss National Cohort = SNC) 7300 000 personnes = 98,6% de la population suisse</p> <p>par causes (International Classification of Diseases, Injuries, and Causes of Death, Tenth Revision (ICD-10).</p>	<p>Exposition : - cartographie (recensement exhaustif de toutes les THT 220-380kV : Federal Inspectorate for Heavy Current Installations) - durée de résidence (>5, 10 ou 15 ans)</p> <p>Population : Ceux de >30 ans de la SNC = 4 700 000 personnes</p> <p>Groupes : Exposés : <600m = 9,2% de la population suisse totale 0-50m 50-200m 200-600m</p> <p>Non exposés : >600m</p>	<p>Age, sexe, niveau d'éducation, profession, statut marital + résidence en immeuble (pollution CEM domestique) + proximité d'un axe routier (pollution benzène, facteur de risque d'Alzheimer)</p> <p>Cox proportional hazard models</p> <p>Odds ratios</p>	<p>Alzheimer : augmentation significative et linéaire avec la durée d'exposition (entre les groupes <50 et > 600m ; pour 5, 10 et 15 ans d'exposition : OR 1,51 ; 1,78 et 2)</p> <p>Démence sénile : idem (OR 1,34 ; 1,36 et 1,14)</p> <p>Sclérose en plaques : faible association (OR = 1,20)</p> <p>Maladie de Parkinson et sclérose latérale amyotrophique : pas d'association</p> <p>Pas de surmortalité totale ou par cancers (respiratoires, digestifs)</p>	<p>(+) recensement exhaustif de la population (+) évaluation rigoureuse de la cause de décès (+) exposition sur de longues périodes</p> <p>(-) pas de dosimétrie</p> <p>Etude excellente</p>
---	--	--	--	--	---	---

TROUBLES DU SOMMEIL, TROUBLES COGNITIFS ET COMPORTEMENTAUX							
Titre, année, source	Objectifs	Protocole	Population et exposition	Ajustement et statistiques	Résultats et conclusion	Forces et limites et biais	
Residential exposure to power frequency magnetic field and sleep disorders among women in an urban community of Northern Taiwan 1996 (23)	Lien entre exposition (exposées/ non exposées) et troubles du sommeil	Etude transversale unicentrique (Taiwan) en double aveugle questionnaire troubles du sommeil < 1 mois : - trouble de l'endormissement (DIS) n=1498 (29%) - difficulté de maintien du sommeil (DMS) n= 1939 (38%) (rêve = 31%, réveil nocturne spontané =7%) - réveil matinal précoce (EMA) n=1321 (26%) 18% endormissement facile 7% endormissement difficile Symptomatique : > 3 épisodes de troubles du sommeil non symptomatique : <3	5078 femmes mariées 20-60 ans près de 3 THT dosimétrie répétée groupes en fonction de l'exposition moyenne : moyennement exposées : < 0,2μT très exposées : > 0,2μT	Age tabac alcool éducation ménopause analyse de régression multiple test de Pearson	augmentation significative : du réveil matinal précoce, (OR=1.28, 95% CI=1.10-1.49) Et des troubles de l'endormissement (OR=1.20, 95%, CI=1.02-1.40)	(+) Bonne taille de l'échantillon, bon taux de participation (83.3 %) (-) femmes mariées : échantillon non représentatif, résultats peu généralisables (-) peu de facteurs de troubles du sommeil pris en considération : maladie, handicap, sédentarité, troubles anxiodépressifs Etude intéressante	

<p>Association between Exposure to Electromagnetic Fields from High Voltage Transmission Lines and Neurobehavioral Function in Children.</p> <p>2013</p> <p>(24)</p>	<p>Lien entre exposition (exposés/ non exposés) et aptitudes cognitives des enfants</p>	<p>Etude transversale En double aveugle Unicentrique (banlieue Guangzhou, Chine, 2011)</p> <p>4 Tests comportementaux (Computerized Neurobehavioral Evaluation System 4th Chinese version = NES-C4):</p> <p>Visual Retention Test, Visual Simple Reaction Time, Digit Symbol, Pursuit Aiming Test.</p> <p>(explorent le temps de réaction, la mémoire à court terme, la coordination psychomotrice, la discrimination sensorielle)</p> <p>Résultat global = neurobehavioral Ability Index (NAI)</p>	<p>437 enfants 9-13 ans 2 écoles primaires publiques d'une même ville Inclus : résident >2ans</p> <p>THT 500KV Dosimétrie répétée et distance</p> <p>École 1 : n = 225 THT > 4km Exposition moyenne 0.028µT, max 0,072µT</p> <p>Ecole 2 : n = 212 THT < 100m Exposition moyenne 0.20µT, max 0,36µT</p>	<p>Exclus : trouble neurologique, psychiatrique, visuel, auditif, traitement psychotrope ou neurotrope</p> <p>Variables d'ajustement : Proximité d'espaces verts Qualité de l'air, Bruit, Absence d'antenne relai ou de TV à proximité, jeux vidéo, THT résidentielle, appareil électrique domestique âge, sexe, IMC, éducation, tabagisme actif, sommeil</p> <p>analyse de régression multiple test de covariance test du khi2 test de Fisher</p>	<p>Diminution significative de la performance aux Visual Retention Test, et poursuit aiming test</p> <p>ces résultats indiquent une baisse des capacités psychomotrices et sensorielles</p> <p>la THT pourrait avoir un effet néfaste sur le fonctionnement cognitif des enfants</p>	<p>(+) évaluation rigoureuse de l'exposition</p> <p>(+) évaluation des symptômes avec échelles validées</p> <p>(+)double aveugle</p> <p>(+) : prise en compte de toutes les sources d'exposition à tous les CEM : résidentielle, scolaire, lieux publics</p> <p>Etude excellente</p>
--	---	--	---	--	---	---

<p>Psychological effects of chronic exposure to 50 Hz magnetic fields in humans living near extra-high-voltage transmission lines.</p> <p>1997 (25)</p>	<p>Lien entre exposition (avec relation dose-effet) et : troubles cognitifs et santé mentale générale</p> <p>Dans une population exposée</p> <p>+ Influence de la perception du risque</p>	<p>Etude transversale randomisée multicentrique en double aveugle</p> <p>Tests neuropsychologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 tests <p>Attention (Digit Span subtest, Trail Making Tests A&B, Digit Symbol subtest, Symbol-Digit Modality Task, d2 Cancellation Tes)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 tests <p>Mémoire(Selective Reminding Task, Visual Memory Task)</p>	<p>Population sélectionnée : proximité d'une THT 50Hz (distance / cartographie) Exposition >6mois Maisons >0,5µT ou <0,3µT</p> <p>Dosimétrie : calcul de l'exposition cumulée (en µTxheure) + Exposition moyenne (en µT)</p> <p>540 adultes 18-70ans 5 quintiles de 108 sujets en fonction de l'exposition cumulée (exposition moyenne entre ())</p> <p>G1 :0.640µTxh(0.057µT) G2 :2.756µTxh(0.209µT) G3 :5.333µTxh(0.392µT) G4 :10.579µTxh(0.766µT) G5 :30.761µTxh(1.944µT)</p>	<p>Âge, sexe, niveau socio-économique, profession, loisirs alcool, maladies neuropsychologiques, traitements, traumatismes crâniens</p> <p>+Evènements de vie (Life Changes Questionnaire)</p> <p>+ questionnaire santé (General Health Questionnaire-28= GHQ) =santé auto-évaluée, symptômes somatiques, anxiété, dépression</p> <p>+perception du risqué / THT (Powerlines Project Questionnaire)</p> <p>analyse de régression multiple test de Pearson</p>	<p>Pas d'effet sur la mémoire et l'attention sauf le pour le «Digit Symbol » significativement corrélé avec l'exposition cumulée (regression coefficient 0.011, 95% CI .019)</p> <p>pas de lien entre santé générale et exposition cumulée (regression coefficient 0.00026, 95%- CI .00087–.00035, P0.40).</p> <p>augmentation significative et linéaire avec l'exposition cumulée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des troubles Anxiodépressifs, Indépendamment de la perception du risque - des symptômes somatiques (regression coefficient • .006, 95% CI .0025–.0095,P 0.0012). - de la perception du risque /THT <p>dans le G5 : 5x +de pathologies psychiatriques que dans la population générale(x2,13.5,P.0002).</p>	<p>(+) évaluation des symptômes sur échelles validées</p> <p>(+) évaluation de l'exposition cumulée sur > 6 mois</p> <p>(+) nombreuses covariables considérées</p> <p>(-) Exclusion des non anglophones = biais de sélection</p> <p>Etude excellente</p>
---	--	--	---	---	---	--

ANXIETE, DEPRESSION et SUICIDES						
Titre, année, source	Objectifs	Protocole	Population exposition	et Ajustement statistiques	et Résultats conclusion	et Forces et limites
<p>Non-specific physical symptoms in relation to actual and perceived proximity to mobile phone base stations and powerlines.</p> <p>2011 (26)</p>	<p>liens entre : symptômes distance réelle distance perçue, traits psychologiques</p>	<p>Etude transversale randomisée Multicentrique (22 localités) Simple aveugle</p> <p>- Questionnaire symptômes (Four-Dimensional Symptom Questionnaire) 16 items, score 0-32.</p> <p>Douleurs (thoracique, abdominale, rachidienne, céphalée) dyspnée, oppression thoracique, palpitations, vertiges sueurs, tremblements, troubles visuels</p>	<p>3611 adultes > 18 ans Issus du registre municipal</p> <p>Distance réelle par cartographie</p> <p>THT 50-380kV 0-6000m Distance moyenne 2380</p> <p>(antennes relai Distance moyenne 347m)</p>	<p>-Age, sexe, éducation, profession, propriétaire ou locataire</p> <p>- distance THT perçue (proche 15%, loin 85%)</p> <p>- questionnaire hypersensibilité environnementale</p> <p>- Questionnaire Psychologique d'adaptation et anxiété: Active problem-solving, and Avoidance (Utrecht Coping List) +Lack of Perceived Control)</p> <p>Test régression multiple Test de Pearson Test du khi 2 Test de Wilconson non paramétrique</p>	<p>Pas de lien entre symptômes et distance réelle pour les THT (0.13, 95% CI -0.28 to 0.54)</p> <p>Pas de corrélation significative entre distances réelle et perçue pour THT</p> <p>Lien entre symptômes et : distance perçue, hypersensibilité environnementale, comportement d'éviction, sexe femme</p>	<p>(-) effectifs proches des THT : inconnus</p> <p>(-)Participants rémunérés 5 euros</p> <p>(-) pas de dosimétrie, durée d'exposition, expositions résidentielle et professionnelle : inconnues</p> <p>(-) auto-évaluation des symptômes sur 7 jours</p> <p>Etude médiocre</p>

<p>Symptom prevalence and worry about high voltage transmission lines. = Depressive symptomatology in women and residential proximity to high-voltage transmission lines. 1995 (27)</p>	<p>Lien entre inquiétudes et symptômes chez des patientes exposées Et relation distance-effet (Inquiétude : (interrogation intellectuelle) Liée à la capacité d'adaptation différent de peur ou anxiété (émotions)</p>	<p>étude transversale randomisée unicentrique (Orange County, Californie, 1992) non aveugle Questionnaire santé : Dans les 6 mois : Céphalées, anorexie, aboulie, Troubles du sommeil Questionnaire / inquiétude THT - Degré : Aucun 27%, faible 28%, modéré 30%, fort 15% - Raisons : CEM 38 %, bruit 11%, inesthétisme 11%, accidents 6%, multifactoriel 5%, aucun 19%</p>	<p>THT : 2x 66 kV + 2x 220 kV (clairement visibles par les 2 groupes) Dosimétrie ponctuelle 152 femmes adultes 20-80 ans, moyenne 45ans Moyennement exposées : 1 bloc d'immeuble + loin (0,68µT en moyenne), n = 76 Très exposées : Immédiatement dessous (4,6µT en moyenne), n = 76</p>	<p>Profession, santé, habitudes de vie, histoire familiale Odds ratios</p>	<p>Pas de lien symptôme/distance OR 0,85 à 95%, CI 0,45-1,62 Lien symptômes /inquiétude (OR 2,24 à 95%, CI 1,15-4,37) Mais seulement pour les très exposées (disparaît pour les moyennement exposées) Pas de lien inquiétude / distance (OR 1,53 à 95%, CI 0,81- 2,92)</p>	<p>(-) non aveugle (-)Durée d'exposition et distance inconnues (+) Exposition importante pour les 2 groupes permettant une étude dose-effet (-) évaluation arbitraire des symptômes (résultat global binaire : symptomatique ou asymptomatique) (-) Pas d'évaluation psychologique (-) biais de sélection : - que des femmes, plutôt blanches et favorisées, - sensibilisées (campagne locale récente sur les THT) - exclusion des non anglophones =résultats peu généralisables Etude médiocre</p>
<p>Overhead high-voltage cables and recurrent headache and depressions 1988 (28)</p>	<p>Lien entre exposition (avec relation dose-effet) et Céphalées et dépression</p>	<p>Etude transversale Unicentrique (région des Etats Unis) - questionnaire céphalées - questionnaire dépressions</p>	<p>THT 132 kV exposés : n = 132 0-20m, 20-40m 40-60m 60-80m Céphalées : n = 15 Dépression = 9 Non exposés : n = 94 >4800m Céphalées : n = 1 dépression : n = 1</p>	<p>Age, sexe, antécédents, durée d'exposition test du khi 2</p>	<p>Augmentation significative et linéaire des céphalées et des dépressions</p>	<p>(-) pas de dosimétrie durée d'exposition inconnue (+) sous groupes d'exposés avec couloirs étroits pour une bonne étude dose-effet (+) évaluation des symptômes avec évaluation validée Etude intéressante</p>

<p>Depressive symptoms and headaches in relation to proximity of residence to an alternating-current transmission line right-of-way.</p> <p>1993 (29)</p>	<p>Lien entre exposition (exposés/ non exposés) et dépression et céphalées (migraineuses et non migraineuses)</p> <p>Déterminants des attitudes par rapport à la THT</p>	<p>Etude transversale Randomisée Multicentrique (8 communes autour d'une THT) dans un quartier avec projet de 2e THT (contexte de débat et opposition)</p> <p>Par questionnaire téléphonique</p> <ul style="list-style-type: none"> - questionnaire dépression (Depressive symptoms CES(center for epidemiologic studies) – Depression scale.) - questionnaire céphalées <7j (National Health Study survey - questionnaire THT : degré de conscience et d'opposition 	<p>3 recrutements : G1 = 259 adultes habitants des 8 communes G2 = 53 adultes dont la maison est adjacente à l'emprise THT G3 = 60 adultes ayant signé une pétition contre la ligne THT</p> <p>(30 personnes appartiennent à G2 et G3, comptabilisées dans G2)</p> <p>2groupes : proches = maison adjacente à l'emprise ou pylône visible de la maison n=88</p> <p>loin : les autres. n = 291</p>	<p>Age, sexe, éducation, Statut marital</p> <p>Attitude écologiste, opinion /THT.</p> <p>prévalence OR IC 95% modèle de régression multiple</p>	<p>Association significative entre dépression et proximité (OR 2,8, 1,6 – 5,1) indépendant de l'opposition</p> <p>Association entre dépression et opposition, mais pas entre dépression et conscience de la THT</p> <p>Faible association entre céphalées non migraineuses et proximité (OR = 1.5, 95% CI 0.76-2.8),</p> <p>Pas de lien entre migraines et proximité (OR = 0.99, 95% CI 0.29-3.4)</p> <p>lien entre distance et conscience de la THT Pas de lien entre distance et opposition à la THT</p>	<p>(-) Evaluation de l'exposition : pas de cartographie ni dosimétrie. Définition très floue de la proximité à la THT durée d'exposition inconnue</p> <p>(-) évaluation des symptômes : seulement sur 7 jours pas de diagnostic médical des migraines</p> <p>(+) évaluation de la dépression par échelle validée</p> <p>Etude médiocre</p>
<p>Neurotic disturbances,depression and anxiety disorders in the population living in the vicinity of overhead high-voltage transmission line 400 kV. Epidemiological pilot study]. =Overhead transmission lines and psychiatric symptomatology 1997 (30)</p>	<p>Lien entre exposition (exposés /non exposés) et troubles psychiatriques et neurologiques</p>	<p>Etude transversale Unicentrique (Cracow)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Questionnaire dépression(Beck-Self-Rating Scale) - Questionnaire Symptômes neurologiques (Neurotic Symptoms Questionnaire) - Questionnaire anxiété (Spielberger Self-Rating Questionnaire), 	<p>THT 2x 400kV</p> <p>exposés : <50m depuis >10 ans dosimétrie = valeurs très > aux normes recommandées n = 70 35 hommes +35 femmes</p> <p>Non exposés : n=37 (population générale)</p>	<p>Habitudes de vie (Questionnaires Anamnestic Data)</p>	<p>Augmentation significative de tous les troubles neuropsychologiques</p> <p>Parmi les exposés : 87% des femmes et 77% des hommes ont des symptômes neurologiques 75% d'anxiété 68% de dépression 10 cas de dépression majeure</p>	<p>(-) faibles effectifs, population défavorisée : résultats peu généralisables (+) exposition très importante et bien définie</p> <p>Article original en polonais non traduit ((beaucoup d'éléments indisponibles)</p> <p>Etude intéressante</p>

<p>Association between high voltage overhead transmission lines and mental health: A cross-sectional study. 2006</p> <p>(31)</p>	<p>Lien entre exposition (avec relation dose-effet) et santé mentale</p>	<p>Etude transversale multicentrique Japon, 2001</p> <p>- Questionnaire de santé générale et mentale sur le mois précédent (SF-36 Health Survey)</p> <p>Résultat binaire : Score < 52 =troubles mentaux (15%) Score > 52 =pas de troubles mentaux (85%)</p>	<p>THT 60Hz, distance / cartographie</p> <p>223 femmes 25 -53 ans (mères des enfants contrôlé dans un essai cas/témoin leucémie = MFJ, magnetic fields in japan)</p> <p>3 groupes : >300m : n= 182 100-300m : n=31 <100m : n=10</p>	<p>âge, éducation, profession, niveau socio-économique, maladies</p> <p>odds ratios analyse de régression multivariée</p>	<p>Pas d'association entre santé mentale et distance (OR=1.87 (95% CI: 0.35–10.13).</p>	<p>(-) population : que des femmes, résultat peu généralisable petits effectifs exposés <100m</p> <p>(-) exposition : pas de dosimétrie durée d'exposition inconnue</p> <p>(-) évaluation imprécise des troubles mentaux (critères évalués non précisés, classification binaire arbitraire, pas de précision sur la nature ni la sévérité des troubles)</p> <p>Etude médiocre</p>
<p>Environmental power-frequency magnetic fields and suicide = Relation between suicide and the electromagnetic field of overhead power lines. 1980 (32)</p>	<p>Lien entre exposition et suicides</p>	<p>Etude cas/témoins Randomisée multicentrique (6 villes) West Midland, Angleterre</p> <p>suicides 1969-1976</p> <p>Recueil des informations nominatives auprès de la police et de la médecine légale</p>	<p>THT 50Hz Résident > 15jours</p> <p>Dosimétrie ponctuelle : Entre 0,001-1,5µT Moyenne 0,8µT Médiane 0,04µT</p> <p>cas : n =598 (>18ans)</p> <p>groupe contrôle : n= 598 (échantillon randomisé du registre électoral)</p>	<p>Age, sexe, profession, Type d'habitation (rurale, urbaine, Méthode de suicide</p> <p>Mann-Whitney U-test Test du khi 2</p>	<p>Exposition significativement + élevée chez les suicidés (U=196,651.5, 2 = 3.66, p<0.0002).</p> <p>L'exposition moyenne est significativement + élevée : 0,867µT contre 0,709 µT (p < 0.5)</p> <p>40% de suicides en + pour > 1µT</p>	<p>(-) confidentialité ? informations nominatives auprès de la police et de la médecine légale</p> <p>(-) temps d'exposition court (minimum 15j)</p> <p>(-) pas de calcul de l'exposition cumulée</p> <p>(-) peu de covariables prises en compte (situation socio-économique, maladies,)</p> <p>Etude intéressante</p>

<p>Magnetic fields of transmission lines and depression.</p> <p>1997 (33)</p>	<p>Lien entre exposition (avec relation dose-effet) et dépression</p>	<p>Etude cas/témoin 1990 Finlande</p> <p>(Finnish Twin Cohort Study = FTCS), 1975: - Questionnaire Dépression (Beck Depression Inventory = BDI), score dépression : absente, 83% faible, 13% modérée, 3% sévère, 0,5%</p> <p>résultats comparés et concordants à ceux du registre national des signatures de décharges hospitalières (Nationwide Registry of Hospital Discharges=NRHD) :codification des diagnostics psychiatriques de sortie :International Classification of Diseases</p>	<p>Population : 12063 adultes (5512 femmes +6551 hommes, 33-60 ans) de la FTCS</p> <p>histoire de l'exposition de 1970 à 1989 :vient de la Finnish Transmission Line Cohort Study (FTLCS) qui inclut tous les sujets finlandais (n=384,000= 6% population finlandaise) A <500m et > 0,1µT d'une THT 50Hz, 100-400 kV(Cartographie, +dosimétrie : exposition cumulée en µT x an)</p> <p>Exposés = sujets de la FTCS inclus dans la FTLCS <500m: n= 531 <100m : n= 169 >0,1µT = n=33</p> <p>Non exposés = sujets de la FTCS non inclus dans la FTLCS > 500m : n = 11532</p>	<p>Sexe, âge, éducation, niveau socio-économique, statut marital, alcool, tabac, évènements de vie</p> <p>Zygotie (d'après nombreuses études, la gémellité ne crée pas de biais statistique)</p> <p>Analyse de régression multivariée Test de Pearson Test du khi 2</p>	<p>Pas d'association significative entre les scores BDI moyens de dépression et les niveaux d'exposition</p> <p>Mais augmentation significative avec relation dose-effet de dépression sévère</p> <p>si THT < 100m : 4,7x + que la population générale (IC 1.70-13.3 à 95%)</p> <p>OR pour dépression sévère entre les non exposés et : 50-100m : 3.17 (CI 0.76-13, 95%) <50m : 9.42 (CI 2.22-40, 95%) >0.10 µT: 15.3 (CI 3.52-66.5, 95%).</p>	<p>(+) recensement quasi exhaustif de la population exposée (FTLCS) (-) petit effectif de très exposés</p> <p>(+) évaluation rigoureuse de la dépression (échelles validées, résultats comparés au NRHD)</p> <p>(+) évaluation rigoureuse de l'exposition cumulée sur 20 ans</p> <p>(+) lien dose//effet</p> <p>(+/-) le numéro personnel d'identification de chaque citoyen finlandais (Central Population Registry of Finnish citizens CPRFC) permet de combiner les études (FTCS, FTLCS, NRHD), éventuellement problème éthique de confidentialité ???</p> <p>Etude excellente</p>
---	--	---	---	---	---	---

3.5 Synthèse des résultats (études « intéressantes » et « excellentes »)

source	Protocole	Population et exposition	Résultats et conclusion
(16)	Questionnaire : symptômes non spécifiques (céphalées, nausées, vertiges, irritabilité, dépression, troubles du sommeil, cognitifs,, auditifs, visuels, digestifs, cutanés), perturbation implants et appareils médicaux	3844 adultes n= 976 à >300m d'une THT n=568 à <300m THT à 40% n= 2300 à <300m THT à 75%	Augmentation linéaire et significative : de tous les symptômes, des dysfonctionnements pour les porteurs de prothèses et d'implants actifs, des décharges électriques, et de l'inconfort lié au bruit et à la vue de la ligne THT
(18)	Questionnaire symptômes neuropsychiques, respiratoires et ORL (« effet couronne ») ?	n= 245 à <225m THT x >5 ans , n = 94 à 1050-1360m THT	Pas de différence significative de la prévalence des symptômes Ni de la santé générale
(19)	Questionnaire santé sur les 6 derniers mois : pathologies chroniques liées à un dysfonctionnement immunitaire (allergies, maladies auto-immunes, infections repérées) ?	560 sujets proches THT x >6mois 5 quintiles en fonction de l'exposition cumulée (exposition moyenne 0,06 à 1,94µT)	augmentation linéaire et significative pour asthme (OR = 3,3) et maladies chroniques (OR =2,2), augmentation linéaire non significative pour la santé générale perçue, maladies auto-immunes, DNID. Pas d'association avec les viroses ORL et les allergies
(21)	Mortalité totale, par cancers, maladies cardiovasculaires et respiratoires. Etude de cohorte 1971-1983	tous les résidents > 5 ans à < 50m d'une THT ou sous-station électrique : n= 7631 personnes contrôle = population générale	<50m : Pas de surmortalité totale. Chez les femmes :augmentation significative des cancers du poumon, et non significative des hémopathies malignes. <15m :augmentation significative des cancers du poumon, des leucémies et autres hémopathies malignes, des maladies cardiovasculaires et respiratoires.
(22)	Mortalité par maladie neurodegenerative Etude de cohorte 2000-2005 (Suisse)	4 700 000 personnes>30ans <600m (0-50m, 50-200m, 200-600m) ou > 600m	Alzheimer et Démence sénile : augmentation significative et linéaire avec la durée d'exposition. Sclérose en plaques : faible association. Maladie de Parkinson et sclérose latérale amyotrophique : pas d'association
(23)	questionnaire troubles du sommeil < 1mois	5078 femmes 20-60 ans proches d'une THT, < 0,2µT ou > 0,2µT	augmentation significative du réveil matinal précoce et des troubles de l'endormissement
(24)	4 Tests neurocomportementaux ((Visual Retention Test, Visual Simple ReactionTime, Digit Symbol, Pursuit Aiming Test.)	437enfants 9-13ans,résidant>2ans École 1 : THT > 4km, n = 225 Ecole 2 : THT < 100m, n = 212	Diminution significative de la performance aux Visual Retention Test, et poursuit aiming test, traduisant une baisse des capacités psychomotrices et sensorielles
(25)	Tests cognitifs: 5 tests Attention, 2 tests Mémoire + questionnaire santé mentale et physique +perception du risqué / THT	540 adultes, proches THT >6mois 5 quintiles / exposition cumulée (exposition moyenne 0,2-1,94µT)	Pas d'effet sur la mémoire et l'attention sauf le pour le «Digit Symbol » augmentation significative et linéaire des troubles anxiodépressifs (groupe le + exposé : 5x + !), des symptômes somatiques, de la perception du risque /THT
(28)	questionnaires céphalées et dépressions	n = 132 à <80m THT n = 94 à >4800m	Augmentation significative et linéaire des céphalées et des dépressions
(30)	Questionnaires : anxiété, dépression, symptômes neurologiques	n = 70 à <50m x>10 ans Non exposés : n=37	Augmentation significative de tous les troubles chez les exposés : 82% symptômes neurologiques, 75% d'anxiété, 68% de dépression (et 10cas sévères)
(33)	Questionnaire Dépression Etude cas/témoin de l'exposition de de 1970 à 1989	12063 adultes. > 500m : n=11532, <500m: n= 531 ; <100m : n= 169 >0,1µT = n=33 ;	Pas d'association significative des dépressions totales mais augmentation significative et linéaire des dépressions sévères (< 100m : 4,7x + que les témoins)
(32)	suicides Etude cas/témoin de l'exposition de 1969-1976	Exposition 0,001-1,5µT, Moyenne 0,8µT, Médiane 0,04µT cas : n =598, contrôle : n= 598	Exposition significativement + élevée chez les suicidés 40% de suicides en + pour > 1µT

4 DISCUSSION

Nous discuterons les forces et limites des études, présenterons brièvement leurs résultats, et les confronterons si possible aux données épidémiologiques sur les travailleurs, aux données expérimentales, et aux hypothèses physiopathologiques.

4.1 Etudes « généralistes »

4.1.1 Symptômes divers

L'étude conduite par le CRIIREM (34) montre une **augmentation linéaire et significative (de 40 à 99%) de tous les symptômes avec une relation dose-effet** (céphalées, nausées, vertiges, irritabilité, dépression, troubles du sommeil, cognitifs, auditifs et visuels, digestifs, cutanés), le plus souvent **non améliorés par les traitements** médicaux conventionnels. Elle montre une **augmentation significative des dysfonctionnements d'appareils médicaux** liés à l'incompatibilité électromagnétique (voir *Annexe I*), et une augmentation significative **des décharges électriques, et de l'inconfort** causé par le grésillement permanent lié à l'effet couronne (voir *Annexe I*). Le couloir des exposés est assez large, permettant de conclure que la ligne a **des effets jusqu'à au moins 300 mètres**, et leur exposition maximale relevée est particulièrement élevée : **11µT**.

Malgré un protocole bien conçu, on peut adresser 3 reproches à l'étude.

D'une part, l'évaluation des symptômes est purement déclarative et non cotée par des échelles validées, ce qui aurait été souhaitable au moins pour les troubles anxiodépressifs, cognitifs et du sommeil.

D'autre part, parmi les 1921 foyers interrogés, 380 sont des exploitations agricoles, dans lesquelles l'exposition est résidentielle et professionnelle, ce qui constitue un biais de sélection influant certainement sur les troubles anxiodépressifs et du sommeil. En effet, les conditions de vie et de travail sous la ligne THT paraissent franchement dégradées (34) (Les résultats des questionnaires « exploitations agricoles » sont accablants : maladies animales graves avec une relation dose-effet, pertes financières lourdes, avec les conséquences psychologiques prévisibles).

Enfin, cette étude aurait été d'une valeur remarquable si les questionnaires avaient été réalisés en aveugle, mais les enquêteurs ainsi que les participants connaissaient non seulement l'objet de l'étude mais aussi la catégorie d'exposition dans laquelle le participant était classé, ceci dans un contexte d'opposition forte à la construction d'une 3^e ligne THT (Cotentin/Maine) sur le territoire, allant de pair avec la mise en fonction de l'EPR de Flamanville. (la Coordination

interrégionale « Stop-THT » s'est emparée de cette étude pour exiger en 2009 un moratoire suspensif sur toute nouvelle construction de ligne THT en France (35)).

Cependant, c'est la première étude en France qui s'intéresse en détail aux différents aspects de la qualité de vie quotidienne sous une ligne THT. L'AFFSET reconnaît son apport malgré ses limites (36).

Une étude (18) bien conduite ne met **pas** en évidence **d'augmentation des troubles neuropsychiques** (céphalées, nausées, vertiges, irritabilité, somnolence) **ni muqueux** (asthme, sécheresse nasale, irritation ou douleurs des sphères oropharyngée ou oculaire), mais ces auteurs concèdent que les effectifs sont trop petits pour détecter des effets peu fréquents. L'ignorance totale de la population vis-à-vis des lignes THT rend improbable toute interférence psychologique. Il n'y a pas de dosimétrie puisque cette étude particulière s'intéresse aux effets du champ électrique et non magnétique des lignes THT, et cherche les manifestations liées à l'irritation muqueuse et la **réaction** neurohormonale **hypersérotoninergique** de l'« **effet couronne** » (voir *Annexe 1*), qui crée ici une densité de charge mille fois supérieure à la normale. L'effet couronne des particules ionisées est bien sûr très dépendant des conditions météorologiques (voir *Annexe 1*), ce qui rend le choix de la temporalité de l'évaluation difficile. Les manifestations cliniques et biologiques sus-décrites ont pu être mises en évidence dans d'autres études, expérimentales (18).

Une étude médiocre (26), qui s'intéresse à l'influence des déterminants psychologiques, ne trouve pas de lien entre la distance des lignes THT et la prévalence des symptômes de type orthosympathiques des **tableaux anxieux aigus** (douleurs et oppression thoracique, douleurs abdominales, rachidiennes, céphalées, vertiges palpitations, sueurs, tremblements). La distance des lignes THT s'étale de 0 à 6000 mètres, avec une moyenne de 2380 mètres, sans aucune précision sur les effectifs très exposés, qui sont peut-être négligeables, ce qui rend les résultats ininterprétables.

4.1.2 Consommation médicale

Une étude de 1988 (20) qui s'intéresse à **la consommation médicale** (consultations, visites et ordonnances) des agents EDF et leur famille, vivant soit dans les 25 mètres depuis au moins 18 mois, soit au-delà de 125 mètres d'une ligne THT, ne trouve **pas de différence** entre eux. Les résultats n'ont pas une lourde signification, puisque les effectifs sont petits : 267 exposés et 254 non exposés; que la durée d'exposition est trop courte pour repérer des effets à long terme, que le groupe défini comme « contrôle » au-delà de 125 mètres subit en fait une exposition modérée et non nulle, et que les hospitalisations ne sont pas comptabilisées.

Une autre étude bien conduite (18) qui quantifie dans ses objectifs secondaires le nombre de consultations dans le mois et le nombre d'épisodes de maladies dans l'année écoulés, ne trouve pas de différence entre les 245 exposés, vivant à moins de 225 mètres d'une ligne THT depuis au moins 5 ans, et le groupe de 94 témoins non exposés.

Ces résultats ne confirment pas ce qu'on pourrait suspecter, c'est à dire des consultations à répétition liées à une errance diagnostique et un nomadisme médical pour les sujets symptomatiques, peut-être a cause des petits effectifs.

4.1.3 Maladies chroniques

Une étude de bonne qualité (19) teste la relation dose-effet entre l'exposition cumulée et les maladies impliquant l'immunité en dehors des cancers : pathologies infectieuses, allergiques, auto-immunes. L'évaluation de l'exposition et des pathologies est irréprochable, nombreuses covariables sont considérées, les effectifs sont petits (5 quintiles de 112 sujets). Les expositions moyennes s'étalent **de 0,06 à 1,94 μ T**. Elle trouve : une **augmentation linéaire et significative pour les maladies chroniques traitées** en général (OR=2,2), **l'asthme** (OR=3,3) et une **augmentation linéaire et non significative pour les maladies auto-immunes** (endocrinopathies, connectivites, rhumatismes inflammatoires, maladies inflammatoires chroniques intestinales, atteintes auto-immunes rénales, cutanées, musculaires). Il n'y a **pas d'augmentation des viroses bénignes ni des allergies**.

On ne trouve rien au sujet de l'asthme et des CEM EBF dans les rapports de sociétés savantes (1), (6). Différents auteurs suggèrent qu'il existe un rapport avec l'effet couronne, favorisant le dépôt intrabronchique d'aérosols irritants. (Par ailleurs, une étude (37) réalisée en 2011 ayant suivi pendant 13 ans 626 enfants **exposés in utéro** montre une **augmentation significative et linéaire : +15% de risque d'asthme infantile tous les 0,1 μ T de CEM EBF pendant la grossesse**, sans précision sur les mécanismes).

Concernant l'immunité, de nombreuses données expérimentales évoquent le rôle des CEM EBF dans les dysfonctions de l'immunité cellulaire. L'exposition chronique aux CEM diminue le taux de lymphocytes T (38), ainsi que leur capacité à détruire les cellules anormales (39). Cela a été montré in vivo sur les travailleurs de l'électricité (40).

Cette étude (19) demande également aux sujets de coter subjectivement leur santé générale de 0 à 3, et trouve une **augmentation linéaire et significative de la mauvaise santé perçue** avec l'exposition cumulée.

4.1.4 Mortalité

Une étude de mortalité (21) auprès de tous les résidents finlandais de plus de 5 ans à proximité d'une ligne THT, soit 7631 sujets, avec une évaluation rigoureuse des causes sur certificats de décès, ne montre **pas de surmortalité dans le couloir des 50 mètres**, sauf une augmentation non significative de la mortalité féminine par **hémopathies malignes et cancers du poumon**. En revanche il y a une **surmortalité significative dans le couloir des 15 mètres**, pour les **cancers du poumon, hémopathies malignes, maladies cardiaques et respiratoires**. Aucun facteur de risque n'est pris en compte en dehors de la profession.

Une étude chez les travailleurs de l'électricité vient conforter l'augmentation des infarctus du myocarde et des arythmies sous exposition chronique aux CEM EBF(41).

De nombreuses données expérimentales appuient la **génotoxicité** des CEM EBF : ils provoqueraient des lésions de l'Acide DésoxyriboNucléique (ADN) par stress oxydatif, des anomalies de réparation de l'ADN, et du cycle cellulaire (5).

De plus, l'« effet couronne » est encore évoqué pour expliquer le surrisque de cancer du poumon : l'ionisation par le champ électrique de la ligne THT des particules polluantes, tels les hydrocarbures aromatiques cancérigènes présents sous forme d'aérosol dans l'air, favoriserait leur déposition bronchique (42). Les CEM EBF auraient donc un rôle **cocarcinogène**. Il a été calculé aux Etats-Unis un **excès de 200 à 400 cancers pulmonaires** annuels dans la population vivant à **400 mètres des lignes THT** (42).

Enfin, une étude de mortalité par maladies neurodégénératives (22) auprès de tous les résidents suisses ayant résidé **entre 5 et 15 ans à moins de 600 mètres** d'une ligne THT, soit 4 700 000 personnes, trouve une **augmentation significative et linéaire de la maladie d'Alzheimer et des démences séniles** avec la durée d'exposition. On trouve une faible association pour la sclérose en plaques (SEP), et pas d'association pour la maladie de Parkinson et la sclérose latérale amyotrophique (SLA). Les causes de décès sont rigoureusement classifiées sur les certificats de décès.

Une autre étude exhaustive réalisée en 2013 sur la population danoise ne retrouve qu'une faible augmentation de la maladie d'Alzheimer sous les lignes THT pour les groupes diagnostiqués après 75 ans (43).

Plusieurs études chez les travailleurs trouvent pourtant cette association (44). Expérimentalement, l'exposition du cerveau aux CEM EBF augmente la synthèse de protéines β -amyloïde, marqueur de maladie d'Alzheimer. La mélatonine aurait également un effet protecteur, et les CEM EBF en diminuent la synthèse (5).

A titre anecdotique, pour la mortalité directe, des cas de **suicides par pendaison – électrocution** sur les lignes THT, malheureusement infaillibles et effroyables, ont été documentés (45).

Finalement, les études généralistes sur les symptômes sont non concluantes, ou peu rigoureuses sur l'évaluation des symptômes. Leurs résultats demandent à être confrontés à ceux d'études plus ciblées (ci-après). Par contre, l'étude du CRIIREM (46) a le mérite de révéler **l'altération majeure de la qualité de vie** (et de travail) des résidents à proximité d'une THT, même si ses biais demandent à ce que les résultats soient confirmés par d'autres études.

Sur la santé générale, bien qu'on ne mette pas en évidence de différence sur la consommation médicale sur de petits effectifs, nos études montrent :

- une **augmentation linéaire et significative des maladies chroniques** sur de petits effectifs, en particuliers **de l'asthme**;
- une **augmentation significative de la maladie d'Alzheimer** jusque dans le couloir des 600 mètres pour une étude, seulement chez les plus de 75 ans pour une autre.
- **Une augmentation de mortalité par certains cancers, surtout hémopathies malignes et cancers du poumon**, sur de grands effectifs, indéniable au moins **pour le couloir des 15 mètres** à partir de 5 ans d'exposition, appuyée par des études épidémiologiques américaines de grande envergure.
- La perturbation de certains appareils médicaux par incompatibilité électromagnétique.

Pour les maladies, nous disposons de mécanismes explicatifs démontrés in vitro et parfois in vivo.

Enfin, la proximité des lignes THT semble augmenter la mauvaise perception de leur santé par les résidents, nous analysons plus loin leur perception du risque et ses implications.

4.2 Céphalées

5 études dont 4 de qualité solide montrent une **augmentation significative des céphalées avec une relation dose-effet** (17), (25), (28), (29), les groupes étant définis comme exposés ou les plus exposés autour des seuils **de l'ordre de 1 μ T ou des 100 mètres**. Dans la seule étude qui les distingue (29), il n'est pas noté d'augmentation des migraines, mais il n'est pas précisé si l'interrogatoire en recherche les critères diagnostiques, ou simplement la déclaration par le sujet.

Le **lien** semble donc **fort** au moins **pour les céphalées non migraineuses**, et mérite des études complémentaires et spécifiques.

On ne trouve, dans la littérature, aucune étude expérimentale ni aucune hypothèse physiopathologique pour expliquer le lien entre céphalées et CEM EBF. En revanche, à la lumière des travaux d'ARTAC, on peut supposer que les céphalées sont en rapport avec des phénomènes neuro-inflammatoires, ischémiques, oxydatifs.... (voir *Annexe 4, et plus loin*).

4.3 Troubles du sommeil

Une étude sur le sommeil (23) de 5078 femmes vivant à proximité d'une ligne THT montre une **augmentation significative des troubles de l'endormissement et du réveil matinal**

précoce du groupe exposé à plus de **0,2μT**. Les résultats sont peu généralisables puisque l'échantillon n'est pas représentatif de la population générale. La proximité est mal définie.

3 études montrent une **augmentation significative des insomnies** à partir de 200 (17) à 300 mètres (34), ou 1μT (25).

Dans ces 4 études, l'exposition est évaluée rigoureusement, mais les résultats sont basés sur la déclaration des sujets interrogés, sans évaluation objective.

De plus, très peu de variables sont prises en compte, mais il apparaît impossible de considérer tous les facteurs pouvant influencer sur le sommeil : somatiques (tels les douleurs, les maladies chroniques, le statut ménopausique, les syndromes apnéiques...), psychologiques (stress, influence de la perception du risque) et psychiatriques (troubles anxiodépressifs, spectres bipolaire et psychotique...) , iatrogènes (toxiques et médicaments), environnementaux (bruit, confort, autres sources de CEM...),

Il existe plusieurs études observationnelles chez les travailleurs de l'électricité (47) qui vont dans le sens d'une réduction du temps de sommeil avec des répercussions sur les performances diurnes.

Les études expérimentales humaines sous CEM EBF à 50-60Hz amènent aux mêmes conclusions (48),(49), et ont le mérite d'exclure de nombreux facteurs variables en milieu contrôlé. En particulier, une étude (50) expérimentale randomisée en double aveugle sur 18 sujets sains exposés à CEM EBF 50Hz de 1μT et à une exposition simulée, toutes conditions environnementales strictement identiques par ailleurs, et monitorés par polysomnographie, montre une réduction du temps de sommeil total et profond, et du caractère réparateur du sommeil, chez les exposés.

Le mécanisme biologique des CEM EBF avancé par de nombreux auteurs pour expliquer les troubles du sommeil est une modification électroencéphalographique associée à une **diminution de la synthèse épiphysaire de la mélatonine**, responsable d'une désynchronisation entre le rythme circadien-nyctéméral et le cycle veille-sommeil (50).

Chez les travailleurs de l'électricité, l'excrétion urinaire de ses métabolites est diminuée (51). Chez des femmes exposées aux lignes THT, il apparaît une décroissance plus rapide de ces métabolites avec l'âge par rapport aux non exposées (52).

Ce mécanisme biologique expliquerait l'induction de troubles du sommeil, mais aussi de dépressions, de maladie d'Alzheimer et de cancers du sein (la mélatonine exerçant des rôles antioxydants et anticancérogènes) (39).

Finalement, même si les seules études observationnelles à propos du sommeil sous exposition résidentielle aux lignes THT comportent des faiblesses liées à l'évaluation subjective et la non-représentativité des échantillons, leurs résultats sont confortés par les études chez les travailleurs, et surtout par une étude expérimentale rigoureuse et idéale, utilisant des CEM calibrés versus CEM simulés, l'enregistrement polysomnographique, et excluant la responsabilité des nombreux facteurs confondants sur le sommeil en situation quotidienne. La

relation causale est appuyée par l'hypothèse impliquant la baisse de la mélatonine, démontrée par la mesure de perturbations neurobiologiques et électroencéphalographiques.

On peut raisonnablement conclure à l'existence d'un **lien entre troubles du sommeil et proximité des lignes THT**, possible à partir de $0,2\mu\text{T}$ et très probable au-delà de $1\mu\text{T}$.

4.4 Troubles cognitifs et comportementaux

Nous disposons de 2 études de qualité rigoureuse explorant les troubles cognitifs.

Une étude sur 212 enfants (24) soumis à une exposition scolaire **moyenne de $0,2\mu\text{T}$** à moins de **100 mètres** d'une ligne THT, montre une **baisse significative des capacités psychomotrices et sensorielles**, par rapport à 225 élèves non exposés. Les 2 groupes sont strictement comparables, notamment en terme d'exposition à d'autres sources de CEM, de temps moyen passé au téléphone, devant les ordinateurs, télévision et jeux vidéo, permettant d'incriminer la proximité de la ligne THT. De très nombreuses covariables sont prises en compte.

Une étude (25) sur 540 adultes de la relation dose-effet entre **troubles de la mémoire et de l'attention** et exposition (**de $0,05$ à $2\mu\text{T}$ en moyenne**) a mis en évidence une **corrélation significative** entre l'augmentation de l'exposition cumulée et la baisse des scores au test « Digit Symbol ». Ce test issu de l'échelle WAIS-R, indépendant des capacités intellectuelles et indicatif de la mémoire de travail, du délai de réaction, de la coordination visuo-motrice, est reconnu comme le test cognitif le plus sensible pour la détection de **lésions (ou dysfonctions) cérébrales**, comme par exemple en post-exposition à des neurotoxiques (25). Les résultats aux autres tests d'exploration de la mémoire et de la concentration n'ont pas été corrélés à l'exposition.

Plusieurs études expérimentales vont dans le sens d'un lien entre troubles cognitifs et exposition. Une étude sur 100 volontaires en double aveugle révèle une absence d'amélioration des performances par l'exercice chez les exposés sous $3\mu\text{T}$, ce qui suggère un **effet sur l'apprentissage à court terme** (53). Il n'existe pas d'explication physiopathologique claire, mais un ensemble de faits montrant un effet des CEM EBF sur le fonctionnement cérébral. Une étude expérimentale (54) sur la nociception suggère un effet des CEM EBF sur la neuromodulation.

Les conditions expérimentales montrent un rôle direct des CEM EBF sur le fonctionnement cognitif. Dans la vie réelle comme sous exposition aux lignes THT, les troubles cognitifs diurnes peuvent également être secondaires aux troubles du sommeil : l'hypovigilance liée à la dette de sommeil provoquant des difficultés d'attention et de concentration, donc d'encodage des données, et de la mémoire et des apprentissages à court terme.

Enfin, concernant les **troubles cognitifs**, ces études méthodologiquement solides donnent des **signes d'alerte pour des expositions faibles dès 0,2µT**. Alors que des études expérimentales montrent déjà des effets cognitifs à court terme, notre étude sur les adultes (25) suggère l'induction de troubles non pas transitoires mais durables, puisque corrélés à l'exposition cumulée. Il serait très intéressant de préciser s'ils sont fonctionnels ou lésionnels, et réversibles ou non avec l'arrêt de l'exposition. Même s'il paraît délicat de conclure formellement sur le rôle des CEM en l'absence de mécanisme explicatif, et vu la signification incertaine de l'atteinte sélective de certaines fonctions cognitives, ces données méritent sans doute des recherches complémentaires, et la mise en place de mesures de précaution en particuliers vis-à-vis des populations pédiatriques. Les travaux d'ARTAC proposent des mécanismes explicatifs et alertent sur le potentiel évolutif des troubles cognitifs sur un mode démentiel (voir *Annexe 4*).

4.5 Dépression et suicide

Toutes les études s'intéressent aux troubles dépressifs voire anxiodépressifs chroniques, ou au suicide comme leur complication fatale. Il n'y a aucune étude sur les troubles psychotiques ou bipolaires, ni sur les troubles anxieux chroniques purs.

4 études (33) de bonne qualité, évaluant toutes la dépression par des échelles validées, mettent en évidence une **augmentation significative et linéaire des dépressions, surtout sévères**, avec l'exposition aux lignes THT :

- Une étude (30) sur 35 exposés trouve une forte augmentation des dépressions sévères dans le couloir des **50 mètres** par rapport au groupe contrôle, pour une durée d'exposition de plus de 10 ans à des intensités mesurées très supérieures aux normes, non précisées.
- Une étude (28) sur 132 exposés trouve une forte augmentation des dépressions jusque dans le couloir des **100 mètres**, avec une relation dose-effet.
- Une étude (25) sur 540 adultes exposés depuis au moins 6 mois trouve une augmentation significative et linéaire des dépressions avec l'exposition cumulée, et **5 fois plus de troubles anxiodépressifs sous une exposition moyenne de 2µT** que dans la population générale.
- Une étude (33) sur 12 063 sujets et calculant leur exposition cumulée sur 20 ans montre une augmentation significative des **dépressions sévères avec une relation dose-effet : 4,7 fois plus dans le couloir des 100 mètres** (incluant 169 sujets) que dans la population générale, pour des niveaux d'exposition pourtant faibles : seuls 33 sujets sont exposés à plus de **0,1µT** !

L'étude du CRIIREM (34) relève 2 fois plus d'états dépressifs chez les exposés, mais le diagnostic repose sur simple déclaration.

Une étude (31), médiocre, ne retrouve pas d'association entre dépression et exposition aux lignes THT. Le groupe d'exposées se limite à 10 femmes dans le couloir des 100 mètres, la

durée d'exposition se limite à 1 mois, et la santé mentale est cotée de manière subjective et binaire, ce qui rend la conclusion ininterprétable.

2 autres études (27), qui analysent surtout le rôle de la perception de la ligne THT sur la dépression (que nous verrons plus loin), ont des résultats discordants : la première trouve une association significative entre dépression et proximité de la ligne THT et pas la seconde. Il faut noter que la seconde n'étudie pas la relation dose-effet, et que les 2 groupes comparés subissent en fait une exposition forte (0,68 et 4,6 μ T). La proximité est mal définie dans les 2 cas.

Enfin, une étude (32) cas-témoins comparant les 598 suicidés d'une commune au même nombre de contrôles trouve une exposition significativement plus élevée chez les suicidés (0,867 μ T versus 0,709 μ T par dosimétrie ponctuelle sur le lieu de résidence), avec une **augmentation des suicides de 40% sous au moins 1 μ T** (la durée d'exposition n'étant pas précisée). Une grande étude cas-témoins chez les travailleurs de l'électricité (11707 suicidés versus 132 771 témoins) confirme ce résultat (OR = 1,3) (55).

Il n'existe pas d'explication claire, mais des hypothèses sur les rôles de la baisse de la synthèse de mélatonine, ainsi que des perturbations des flux calciques intracérébraux démontrés in vitro (56).

Enfin, **le lien entre exposition aux lignes THT et dépression semble clair.** La relation dose-effet plaide pour un lien de causalité, et l'émergence de dépressions surtout sévères et pures (les tableaux anxieux ne semblant pas au premier plan) évoque une origine organique plutôt que réactionnelle, sous-tendue par un mécanisme biologique, neuroélectrique ou neurochimique.

4.6 Lien avec l'électrohypersensibilité

Comme complément à cette section, la consultation de *l'Annexe 4* est vivement conseillée.

On remarque que l'ensemble des symptômes non spécifiques survenant à proximité des lignes THT est très proche des symptômes neurasthéniques de l'EHS, bien que les sujets participants ne le soient pas à priori : les symptômes, en admettant qu'ils soient imputables à la ligne THT, apparaissent chez des sujets « normo-sensibles » pour des niveaux d'intensité de CEM importants, et non faibles ou ambiants comme chez les sujets hypersensibles.

Alors, quels sont l'origine de ces symptômes, les facteurs déterminant leur apparition, leur signification, et leur évolution ?

Nous nous sommes intéressés aux mécanismes de l'EHS pour le comprendre. La communauté scientifique la considère généralement comme inexplicée, mais il faut prendre en compte de récents résultats de recherches, révolutionnaires, menées par une équipe française (les travaux

du Professeur Belpomme et d'ARTAC (57)). Ils donnent des éléments d'explication effrayants, mais provisoires et hypothétiques que nous exposerons avec réserve.

Les auteurs (57) définissent une nouvelle entité distincte de l'EHS, qu'ils appellent « **syndrome d'intolérance aux CEM** » (**SICEM**). Il s'agirait d'une phase d'intolérance clinique aux CEM survenant chez des individus non susceptibles (non prédisposés) et pour des niveaux élevés de CEM. Les risques évolutifs du SICEM seraient représentés par :

- **l'EHS** chez des sujets susceptibles, c'est-à-dire une sensibilisation extrême aux CEM
- Des troubles neurodégénératifs : une démence précoce, le SICEM étant en lui-même assimilable à un **état pré-Alzheimer** », ou des troubles psychotiques
- des tumeurs cérébrales (glioblastomes, neurinomes)

Les auteurs estiment que le SICEM pourrait être imputable à l'exposition aux lignes THT (2). Leurs travaux sont reconnus et leurs résultats complémentaires attendus par l'OPESCT (2).

Suivant ces théories, les symptômes des sujets vivant à proximité d'une ligne THT constitueraient donc un SICEM, assimilable à un « état pré-Alzheimer » et ils ne se limiteraient pas à un inconfort banal, mais seraient **prédictifs d'EHS** et de maladies, en particuliers **d'Alzheimer**.

4.7 Perception de la ligne THT

De nombreuses études s'intéressent à la perception par la population des lignes THT, et de ses éventuelles répercussions psychologiques et psychosomatiques.

Quels sont les liens entre exposition aux lignes THT, perception de la ligne, et symptômes ?

4.7.1 Jugement négatif, craintes et plaintes

Une étude (27) de 1996 explore les inquiétudes par rapport à la ligne THT chez 152 femmes moyennement ou très exposées, la ligne THT étant visible par les 2 groupes. Les degrés d'inquiétude sont cotés nuls par 27%, faible par 28%, modéré par 30%, fort par 15%. Les motifs d'inquiétude sont : les **effets des CEM** pour 38%, les **nuisances sonores ou visuelles** pour 22%, les accidents pour 6%, et plusieurs de ces facteurs ou d'autres facteurs pour 24%. L'échantillon n'est pas représentatif de la population générale : il s'agit de femmes blanches, socialement favorisées, ayant bénéficié des campagnes de sensibilisation à un projet de ligne THT dans leur quartier.

Selon les questionnaires du CRIIREM (34) en 2008 sur la qualité de vie à la maison des groupes exposés, 74% des foyers ressentent la **vue** des lignes comme une nuisance, 79%

ressentent le **bruit** comme une nuisance « perturbante ou insupportable », et le groupe le plus exposé se plaint de fréquentes **décharges électriques** au contact des objets métalliques.

Ces résultats concordent avec ceux d'une enquête (58) réalisée en 1996 dans une banlieue californienne sur la perception de la ligne THT auprès de 266 résidents à proximité d'une ligne THT de construction récente. Elle révèle 75% de jugement négatif à très négatif de la ligne THT. Les craintes par ordre d'importance sont :

- les **risques sur la santé**,
- les **risques d'accidents** (par exemple en cas d'intempérie),
- **l'inesthétisme** de la ligne (la visibilité apparaît comme un facteur important de jugement négatif, au point que d'autres études ont montré que peindre les tours dans des couleurs harmonieuses avec le paysage pouvait suffire à améliorer l'acceptabilité !)
- la **dévalorisation du bien immobilier** (Selon un article (59) de 1996 du Journal of Environmental Management, une ligne THT fait perdre 5 à 10% de sa valeur à une propriété immobilière)

Ces études n'apportent pas de précisions sur les croyances concernant la santé, et il est d'ailleurs probable qu'elles aient évolué, puisque en 20 ans les polémiques ont muri, en particuliers le risque de leucémie infantile s'est précisé.

Une étude sur la perception des CEM par les médecins généralistes français souligne que 79% des 600 médecins interrogés croient en l'effet délétère des lignes THT sur la santé, ce que les auteurs qualifient de contraire aux positions de l'OMS sans même faire allusion aux leucémies. Deux des 3 auteurs déclarent travailler pour EDF... (60)

4.7.2 Déterminants de la perception et des comportements vis-à-vis des lignes THT

Ce sont surtout des facteurs liés à la personne qui sont rapportés.

Dans l'enquête californienne de 1996 (58), parmi les résidents présents avant la construction, 60% définissent une opposition très forte et avaient milité contre la ligne (organisation de réunions publiques, pétitions, manifestations...), 10% avaient une opposition passive, et 30% étaient indifférents ou favorables. Le profil des opposants comprenait : **un niveau socio-économique élevé, des préoccupations écologistes, un statut de propriétaire immobilier.**

Une étude (26) qui s'intéresse aux traits psychologiques trouve un lien statistique entre perception négative de la ligne THT et **personnalité évitante** (c'est-à-dire ayant tendance à l'éviction en général), mais aussi avec l'**EHS**. Cela paraît logique sans que l'hypersensibilité environnementale et la personnalité évitante soient liées. En effet, les deux terrains auraient naturellement tendance à juger négativement la ligne et à la fuir, le sujet évitant par déterminisme et le sujet hypersensible par anticipation.

On peut supposer qu'il existe aussi certainement des facteurs liés au contexte : opportunité du projet de ligne THT, processus (anti- ou pseudo-) démocratique, désinformation...

Selon les questionnaires du CRIIREM, 87,3% des personnes déclarent avoir reçu une information nulle ou insuffisante concernant l'installation de la ligne (34), ce qui augmente légitimement la méfiance.

Enfin, les conclusions de plusieurs études (58) concordent sur le fait que ni la distance ni la visibilité de la ligne n'influencent le jugement sur la ligne, ni le comportement envers elle. Elles n'augmentent que la conscience de sa présence (29).

4.7.3 Effets de la perception de la ligne THT

On peut s'attendre à ce que la perception négative des lignes THT entraîne des réactions d'opposition, et des réactions anxieuses voire dépressives et leurs manifestations somatiques. Elles ne devraient pas augmenter les troubles somatiques purs, y compris les dépressions organiques.

Selon 2 études, l'une sur les maladies chroniques et l'immunité (19), l'autre sur les troubles cognitifs et thymiques (25), seule la santé générale auto-évaluée est corrélée à la perception de la ligne THT, c'est-à-dire un critère global et subjectif. Les troubles somatiques plus précis sont inchangés. L'augmentation (significative et linéaire) des troubles anxiodépressifs avec l'exposition cumulée est indépendante de la perception du risque (25).

Pourtant, une autre étude (27) trouve une corrélation entre la prévalence de manifestations anxiodépressives et l'inquiétude par rapport à la ligne THT. On ne peut pas savoir si les symptômes provoquent l'inquiétude, ou l'inverse.

Une étude (29) qui s'intéresse aux troubles psychologiques et aux comportements vis à vis de la ligne THT trouve une corrélation entre la dépression et l'opposition, toutes 2 liées à un jugement négatif de la ligne THT.

Pour conclure sur les liens entre exposition, perception du risque, et symptômes, on peut imaginer deux enchainements de cause à effet :

- Soit l'exposition est associée à une perception négative de la ligne THT, qui provoque des **symptômes anxiodépressifs ou psychosomatiques réactionnels**.
- Soit l'**exposition** provoque des **effets biologiques à l'origine de symptômes organiques**, somatiques ou neuropsychiatriques (comme des dépressions sévères), indépendamment de la perception du risque, et qui provoquent éventuellement secondairement des réactions anxiodépressives, et/ou une perception négative de la ligne THT pouvant renforcer les symptômes et créer un cercle vicieux.

En ce qui concerne les troubles dépressifs, on a vu que plusieurs éléments indiquent une origine au moins partiellement biologique par effets directs des CEM. Il n'est pas question d'un effet psychosomatique.

5 CONCLUSION

5.1 Synthèse

Notre revue de littérature comporte 18 études dont 12 de bonne qualité.

Concernant les symptômes, elle montre qu'il existe un lien très probable entre l'exposition résidentielle aux lignes THT et la survenue de **céphalées, de dépressions surtout sévères compliquées de suicides, et de troubles du sommeil**, pour des CEM EBF de 0,1µT et plus. Un lien avec la survenue de **troubles cognitifs** est probable. Un lien avec des troubles divers tels que vertiges, troubles sensoriels, digestifs ou cutanés, reste à éclaircir. Si la compréhension de mécanismes physiopathologiques est incomplète, la présence d'anomalies biologiques et électrophysiologiques permet d'affirmer **l'organicité** des troubles, même s'ils peuvent être renforcés par l'anxiété et la perception du risque. Il ne s'agit en aucun cas de maladies psychiatriques.

Selon les hypothèses des travaux d'ARTAC, ces symptômes correspondraient à une phase d'intolérance clinique aux CEM (ou **SICEM**), assimilé lui-même à un « **état pré-Alzheimer** » dont des traitements adaptés et précoces pourraient enrayer l'évolution (voir *Annexe 4*), d'où l'importance du repérage efficace des patients. Ses complications redoutables seraient d'une part, le développement d'une **EHS** chez les sujets susceptibles (certaines estimations prédisent une prévalence d'EHS de 30 à 50% vers 2050 contre 1 à 3% actuellement, dans les pays industrialisés (61)), d'autre part le développement de **maladies d'Alzheimer, psychoses et tumeurs cérébrales...** Il constituerait donc **un problème beaucoup plus grave que les cancers** liés aux CEM EBF **en terme de santé publique** (57)(62). Ces interprétations, appuyées sur les résultats préliminaires d'une seule équipe et de faible niveau de preuve, doivent être endendues avec réserve, et leurs extrapolations demandent à être confirmées par des études observationnelles.

A propos des maladies, notre revue de littérature suggère sans surprise un lien entre exposition aux lignes THT et maladie **d'Alzheimer**, ainsi que les **hémopathies malignes, en particuliers leucémies**, qui sont des effets reconnus. Il se dessine également un risque de **cancers du poumon et d'asthme**, peut-être expliqué par l'« effet couronne » favorisant le dépôt intrabronchique d'aérosols polluants.

L'étude du CRIIREM met en lumière une **altération importante de la qualité de vie** et de l'inconfort sur le lieu d'habitation et de travail, ainsi que des **dysfonctionnements d'appareils médicaux**. Les biais de l'étude demandent à ce que ces résultats soient reproduits et confirmés. Ses auteurs rappellent que « La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. » selon l'OMS.

Le jugement des résidents locaux sur la ligne THT est indépendant de leur niveau réel d'exposition. Les craintes sont favorisées par des facteurs personnels et sont légitimées par la désinformation et le déni de démocratie, dont les études d' « acceptabilité sociale » font le jeu.

5.2 Perspectives

5.2.1 Besoins de recherche

Ces résultats laissent de nombreuses questions en suspens.

La recherche expérimentale devra découvrir ou confirmer les **mécanismes** physiopathologiques des symptômes, pour démontrer un **lien de causalité** éventuel. Les explications sont maigres pour le moment : baisse de la mélatonine et perturbation des flux calciques intracérébraux pour la dépression, baisse de la mélatonine avec perturbations électroencéphalographiques pour les troubles du sommeil, pas d'explication reconnue pour les céphalées et les troubles cognitifs. Les travaux menés par l'équipe d'ARTAC sont prometteurs, donnant peut être de nouvelles pistes : neuro-inflammation, neurodégénérescence, cascade d'anomalies neuro-endocrino-immunitaires...

Des études épidémiologiques observationnelles solides devront confirmer ces liens statistiques. On a vu que les études focalisant sur un symptôme avec une évaluation rigoureuse par échelles validées sont beaucoup plus concluantes que les études « généralistes ». Il convient de concentrer les efforts sur les céphalées, les dépressions, les troubles cognitifs et du sommeil, en considérant le maximum de **covariables** pouvant influencer ces troubles.

Il faudra chercher à optimiser l'évaluation des symptômes en double aveugle par rapport à la situation d'exposition, et à systématiser la comparaison à des groupes témoins non exposés. Cette règle primordiale qui consiste à préserver l'ignorance totale de l'enquêteur et de l'exposé sur l'exposition, pour éliminer les phénomènes d'hétéro- et autosuggestions sur la déclaration des troubles, est souvent mise à mal dans les protocoles. En effet, l'exposition peut être elle-même évaluée par l'interrogatoire de l'exposé, et même s'il ignore les mesures dosimétriques, son groupe ou son niveau d'exposition exact, il peut être amené à renseigner la fréquence et la durée d'exposition pour le calcul de l'exposition cumulée, ou avoir conscience de la présence d'une ligne THT, visible ou au centre de polémique locale. Cette perception de l'exposition l'incite à surdéclarer ses troubles, puisqu'il pressent que l'étude cherche à confirmer un lien entre eux et l'exposition, ce qui constitue le « biais de confirmation ».

Il serait intéressant d'étudier séparément les niveaux d'exposition aux **champs magnétiques et aux champs électriques**, et leurs liens avec les problèmes de santé, puisqu'on a vu que les champs magnétiques seraient plutôt associés aux symptômes neurasthéniques, de pathologies neurologiques, endocrinologiques et immunitaires, tandis que les champs électriques créent

un effet couronne qui serait plutôt associé à de symptômes ORL et respiratoires par ionisation des aérosols, ainsi que potentiellement d'asthme et de cancers du poumon.

Des études analytiques devront clarifier la **valeur des symptômes** sous CEM comme facteurs prédictifs ou mode d'entrée dans des pathologies chroniques ou évolutives ou une EHS, et identifier des facteurs de risque à leur survenue, génétiques ou environnementaux.

Il serait important de distinguer préalablement à l'inclusion dans toute étude les sujets **hypersensibles et non hypersensibles**, pour que leur suivi permette d'étudier la possibilité d'une sensibilisation aux CEM par l'exposition chronique à la ligne THT, et de ses facteurs précipitants ou protecteurs.

La recherche biophysique devra déterminer les **paramètres d'exposition** les plus pertinents pour la prédiction des risques de survenue de maladies. L'évaluation de l'exposition devrait coupler les mesures dosimétriques et l'évaluation des distances, qui présentent des intérêts complémentaires.

5.2.2 Actions de santé publique

En prévention primaire, bien qu'aucun risque ne soit formellement démontré avec un lien de causalité, la gravité potentielle de l'ensemble des pathologies que les CEM EBF produits par les lignes THT sont suspectés de provoquer suffit déjà largement pour exiger **l'application du principe de précaution** selon de nombreux experts. Selon les auteurs, les seuils d'exposition autorisés devraient être fixés entre **0,1 et 0,4 μ T**. Il semble être tôt pour établir **si les seuls symptômes** présentés par les résidents à proximité d'une ligne THT, du fait de l'inconfort, des inquiétudes, et de leurs complications éventuelles, **justifieraient ces mesures**. L'équipe d'ARTAC estime que la progression du SICEM et de l'EHS représente un risque plus grave que celui de leucémie et justifie d'emblée et à elle seule des mesures d'urgence en santé publique (57). La prévention des troubles passe par une diminution substantielle de la pollution électromagnétique qui est une affaire politique au sens large du terme, c'est-à-dire un choix de société, qui dépasse la médecine.

Au minimum et en urgence, il faudrait un abaissement drastique des seuils autorisés, la définition de couloirs d'exclusion pour les habitations, écoles, hôpitaux... à proximité des lignes THT, un moratoire suspensif sur toute construction de nouvelle ligne. L'enfouissement souterrain des lignes aériennes apporte un faible bénéfice en terme de niveau d'exposition. Ces mesures ne peuvent que « limiter les dégâts ».

Au maximum et à long terme, et pour que la santé publique ne soit pas sacrifiée sur l'autel du progrès mais surtout des profits, on pourrait envisager de se passer de lignes THT, en relocalisant et en rationalisant la production d'énergie propre, qui est pour le moment centralisée, massive et sale. Cela implique également une réorganisation totale de la société.

En prévention secondaire, la prise en charge adaptée des patients symptomatiques sous exposition aux CEM, intolérants ou hypersensibles, implique une meilleure formation des professionnels de soin primaires pour les repérer et les orienter, et le développement de réseaux de soins spécialisés et coordonnés. Ils permettraient la surveillance et le traitement précoce (voir *Annexe 4*) des malades et la prévention des complications. Notons qu'il n'existe encore aucun consensus de prise en charge du SICEM, et quant à l'EHS, des publications diverses préconisent des psychothérapies cognitivo-comportementales au lieu d'un sevrage électromagnétique (63), allant dans le sens de l'OMS qui nie toute responsabilité des CEM et souligne les traits « psychiatriques » de certains malades (64). Enfin, la reconnaissance des troubles liés à l'exposition aux CEM et leur prise en charge financière intégrale par la sécurité sociale serait une avancée bienvenue.

5.2.3 Impartialité et transparence

On a vu que les résultats des études sont fortement conditionnés par l'origine de leur financement (voir *Annexe 3*). La recherche doit être **financée sur fonds publics et indépendants** (l'argent public étant évidemment susceptible d'être partiellement contrôlé par les lobbies...).

On a constaté pour notre propre étude qu'il est difficile de vérifier l'indépendance et l'impartialité d'un auteur de publication scientifique. La création d'un **registre** national ou international centralisant **des déclarations de liens** voire de conflits d'intérêt et en permettant la consultation publique serait utile.

Idéalement, les situations de **conflit d'intérêt** ne devraient pas seulement être déclarées et évitées, mais interdites et sanctionnables (selon le droit français, la non déclaration d'intérêts ainsi que la prise illégale d'intérêts est sanctionnable, mais pas le conflit d'intérêt (65)). Ce souhait se heurte à la rareté des experts pour une thématique donnée, au point que ceux-ci deviennent incontournables. Dans son guide sur la gestion des conflits d'intérêts, la Haute Autorité de Santé (HAS) explique l'obligation occasionnelle de solliciter des experts ayant des liens d'intérêt théoriquement incompatibles avec la participation à un travail, mais qui sont les seuls compétents pour émettre un avis sur une question spécifique (65).

Cette pénurie d'experts n'explique pas seule l'omniprésence de certains, parfois en situation de conflit d'intérêt, aux postes de responsabilité et comités d'expertise au sein des autorités sanitaires, qui leur confère le **monopole de la parole d'expert** dans un domaine. Dans leur rapport 2011 sur les CEM, les eurodéputés dénoncent la discrimination des experts « lanceurs d'alerte » et des scientifiques reconnus et critiques, exclus des comités d'expertise ou privés de financements sous la pression des lobbies (66) !

Ainsi, il existe des **conflits d'intérêts financiers** (définis par la loi (11)) (voir *Annexe 3*) assez conséquents pour permettre le verrouillage relatif de l'information grand public, de la formation médicale, de la réglementation en faveur de la santé publique, et des alertes lancées; quand celles-ci menacent potentiellement les divers projets industriels de nocivité publique.

Pourtant, des données objectives et recommandations garantissant réellement la protection du public ne peuvent émerger que d'une **expertise indépendante, pluridisciplinaire et contradictoire**, pour laquelle il faudra mettre tous les moyens.

Il est évident que toutes ces modifications, superficielles ou profondes ne pourront pas se passer de la mise hors d'état de nuire des grands groupes lobbyistes nucléocrates, qui manipulent la vérité scientifique, l'opinion publique, le discours médiatique, les décideurs politiques, et irradiant la société toute entière.

Leur mise en œuvre dépend de l'opposition populaire directe aux projets imposés, c'est-à-dire de la conscience de la population dans les risques encourus, et dans sa motivation pour un changement radical. Le médecin a son rôle à jouer dans la première, par l'information loyale et complète, qui implique son autoformation critique indépendante et insubordonnée aux discours dominants, guidée par sa curiosité, son écoute première des patients et sa confiance dans leurs plaintes réelles, même - et surtout - quand elles viennent contredire ou questionner les données acquises ou admises de la science.

6 BIBLIOGRAPHIE

1. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Health Effects of Exposure to EMF. - European Commission. 2009. 83p. [Internet]. [cité 28 mars 2013]. Disponible sur: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihp/docs/scenihp_o_022.pdf
2. Raoul D, Sénateur. « Les effets sur la santé et l'environnement des champs électromagnétiques produits par les lignes à haute et très haute tension ». OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES. 28mai2010. Rapport N°N° 2558 [Internet]. [cité 31 janv 2014]. Disponible sur: <http://www.senat.fr/rap/r09-506/r09-5061.pdf>
3. Réseau Transport Electricité. Lignes électriques haute et très haute tension et champs magnétiques de très basse fréquence. [Internet]. [cité 8 oct 2013]. Disponible sur: http://www.rte-france.com/uploads/media/pdf_zip/cem/Mesure_CEM_HT-THT.pdf
4. Giuliani j. Non thermal effets and mecanisms of interaction between electromagnétic fields and living matter. ICEMS Monograph. European Journal of Oncology. vol5. 2010. 217p. [Internet]. [cité 19 sept 2013]. Disponible sur: http://www.icems.eu/papers/ramazzini_library5_part1.pdf
5. Johanson O. Davanipour Z. Xu Z. et al. Arguments pour des seuils de protections du public fondés sur les effets biologiques des rayonnements électromagnétiques (EBF et MO).Rapport BioInitiative. 31aout 2007. 24p. [Internet]. [cité 18 sept 2013]. Disponible sur: http://www.criirem.org/images/docs/bioinitiative_vf-3.pdf
6. Gauvin D, Levallois P, Ngamga Djeutcha E. Exposition aux champs électromagnétiques : mise à jour des risques pour la santé et pertinence de mise en oeuvre du principe de précaution. [Internet]. Quebec: Institut National de Santé Publique du Québec. Direction risques biologiques, environnementaux et occupationnels.; 2006 déc p. 128. Report No.: 655. Disponible sur: <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/655-ChampsElectromagnetiques.pdf>
7. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Health Effects of Exposure to EMF. European Commission. 2013. [Internet]. [cité 20 mai 2014]. Disponible sur: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihp_o_041.pdf
8. Vogel E. Marino A. Bergqvist U. Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. European Commission DG V, National Institute for Working Life . 1997. ISBN 91-7045-438-8 ISSN 0346-7821 [Internet]. [cité 23 janv 2014]. Disponible sur: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/4156/1/ah1997_19.pdf
9. ABES : Le catalogue Sudoc. [Internet]. <http://www.abes.fr/Sudoc/Sudoc-public/Le-catalogue-Sudoc>. [cité 31 janv 2014]. Disponible sur: <http://www.abes.fr/Sudoc/Sudoc-public/Le-catalogue-Sudoc>
10. Lefebvre P. Essai prospectif sur les applications de l'électricité au domaine de la médecine et sur les études d'environnement électromagnétique. Direction des Etudes et de Recherche d'EDF. (Note interne confidentielle). 13avril 1983. 59p. [Internet]. [cité 2 oct 2013]. Disponible sur: http://www.next-up.org/pdf/EDF_Document_CEM_et_Sante_Publique_Extraits_liberalises_27_07_2010.pdf
11. Rapport d'activité pour l'année 2004 à Monsieur le Premier Ministre et à Monsieur le Garde des Sceaux, Ministre de la Justice [Internet]. - 1 - SERVICE CENTRAL DE PRÉVENTION DE LA CORRUPTION; 2004 p. pp25-47. Disponible sur: http://www.transparency-france.org/ewb_pages/1/le_conflit_d_interets.php
12. Liberati A. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. British Medical Journal [Internet]. 2009 [cité 19 nov 2013];339. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2714672/>
13. Comité Européen pour la Protection de l'Habitat, de l'Environnement et de la Santé, Depris. Who's who. [Internet]. depris.cephes.free.fr/. [cité 21 janv 2014]. Disponible sur: <http://depris.cephes.free.fr/whoswho.htm>
14. International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP guideline for limiting time-varying electric and magnetic fields (1Hz-100KHz). Health Physics. 2010. vol99(6). pp818-36. [Internet]. [cité 10 avr 2013]. Disponible sur: <http://www.icnirp.de/documents/LFgdl.pdf>
15. World Health Organization. International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on evaluation of carcinogenic risks to humans 2002. vol80 part 1. 431p. [Internet]. [cité 19 oct 2012]. Disponible sur: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/mono80.pdf>
16. Le Ruz P, Gouthier C. Le Ruz P. Gouthier C. Enquête citoyenne « vivre avec une ligne THT ». Centre de Recherche et d'Information Indépendantes sur les Rayonnements ElectroMagnétiques. 2006. 16p [Internet]. CRIIREM; 2009. Disponible sur: http://www.criirem.org/images/docs/090123_synthese_enquete_tht-2.pdf

17. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi. A cross-sectional study about the effects of residential exposure to power transmission line on human nervous system symptoms and hematology. [Article in Chinese]. 2012;30(5):pp361 - 3.
18. Haupt R. The effects of high voltage transmission lines on the health of adjacent resident populations. *American Journal of Public Health*. 1984;74(1):pp76 - 8.
19. BealeL. Association of health problems with 50-Hz magnetic fields in human adults living near power transmission lines. *Journal of Australian College of Nutritional and Environmental Medicine*. 2000;20(2):pp9 - 30.
20. STRUMZA MV. Influence sur la santé humaine de la proximité des conducteurs d'électricité à haute tension. Résultats d'une enquête sur la consommation médicale. *ENERGIES SANTE*. mars 2001;19(1-100):24 - 30.
21. Mac Dowall M. Mortality of persons resident in the vicinity of electricity transmission facilities. *British Journal of Cancer*. 1986. vol53.pp271-9 [Internet]. [cité 5 déc 2013]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2001332/pdf/brjcancer00526-0106.pdf>
22. Huss A. Residence Near Power Lines and Mortality From Neurodegenerative Diseases: Longitudinal Study of the Swiss Population. *American Journal of Epidemiology* [Internet]. 2008 [cité 9 janv 2014];169(2). Disponible sur: <http://aje.oxfordjournals.org/content/169/2/167.full.pdf+html>
23. Li CY;Chen PC;Sung FC;Lin RS. Residential exposure to power frequency magnetic field and sleep disorders among women in an urban community of northern Taiwan. *Sleep*. 15 juin 2002;25(4):428 - 432.
24. Huang J. Association between Exposure to Electromagnetic Fields from High Voltage Transmission Lines and Neurobehavioral Function in Children. *PLoS One*. 2013. vol8(7). [Internet]. [cité 5 déc 2013]. Disponible sur: <http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0067284&representation=PDF>
25. BealeL. Psychological effects of chronic exposure to 50 Hz magnetic fields in humans living near extra-high-voltage transmission lines. *Bioelectromagnetics*. 1997;18:pp589 - 94.
26. Baliatsas C. Non-specific physical symptoms in relation to actual and perceived proximity to mobile phone base stations and powerlines. *BMC Public Health*. 2011;11:421.
27. McMahan S;Ericson J;Meyer J. Depressive symptomatology in women and residential proximity to high-voltage transmission lines. *American journal of epidemiology*. 1 janv 1994;139(1):58 - 63.
28. Dowson D. Overhead high-voltage cables and recurrent headache and depressions. *Practitioner*. 1988;232(1447):pp435 - 9.
29. Poole charles. Depressive symptoms and headaches in relation to proximity of residence to an alternating-current transmission line right-of-way. *American Journal of Epidemiology*. 1993;137(3):318 - 330.
30. Zyss T. Overhead high-voltage transmission lines and psychiatric symptomatology. *European Psychiatry*. 1997;12(2):p219.
31. Yamazaki S. Association between high voltage overhead transmission lines and mental health: A cross-sectional study. *Bioelectromagnetics*. 2006;27:pp473 - 8.
32. Reichmanis M. Environmental power frequency magnetic fields and suicide. *Health physics*. 1981.vol41. pp267-77. [Internet]. [cité 7 janv 2014]. Disponible sur: <http://andrewamarino.com/PDFs/053-HealthPhys1981.pdf>
33. Versakalo K. Magnetic Fields of Transmission Lines and Depression. *American Journal of Epidemiology*. 1997;146(12):pp1037 - 45.
34. 090123_synthese_enquete_tht-2.pdf [Internet]. [cité 17 sept 2013]. Disponible sur: http://www.criirem.org/images/docs/090123_synthese_enquete_tht-2.pdf
35. Enquête « Vivre avec une ligne THT? » Des résultats qui appellent à une prise de conscience sociétale et une initiative gouvernementale. Pour un moratoire sur toute nouvelle ligne THT et sur la ligne Cotentin Maine. Coordination Interrégionale Stop-THT. (Communiqué de presse).24janvier 2009 [Internet]. [cité 5 déc 2013]. Disponible sur: http://www.stop-tht.org/IMG/pdf/ComPresse_CistopTHT_24_01_09.pdf
36. Avis relatif à la Synthèse de l'expertise internationale sur les effets sanitaires des champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences. Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail. Maison Alfort. 29mars 2010. 9p. [Internet]. [cité 17 sept 2013]. Disponible sur: http://www.criirem.org/images/docs/avis_ebf_vf.pdf
37. De Kun L. Maternal Exposure to Magnetic Fields During Pregnancy in Relation to the Risk of Asthma in Offspring. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*. 2011;165(1):pp945 - 50.

38. Bonhomme L. Study of human neurovegetative and hematologic effects of environmental low-frequency (50-Hz) electromagnetic fields produced by transformers. *Archive of Environmental Health*. 1998;53(2):pp87-92.
39. Le Ruz P. Santini R. Extrêmement basses fréquences : commentaires sur le rapport à la DGS d'un groupe d'experts rattaché au CSHPF. (lettre ouverte). 21 mai 2005. 7p. [Internet]. [cité 17 sept 2013]. Disponible sur: http://www.criirem.org/images/docs/criirem_comrap_dgs2004-3.pdf
40. Gobba F. Natural killer cell activity decreases in workers occupationally exposed to extremely low frequency magnetic fields exceeding 1 microT. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*. 2009;22(4):pp1059-66.
41. Savitz A. Duanping L. Sastre A. Magnetic Field Exposure and Cardiovascular Disease Mortality among Electric Utility Workers. *American Journal of Epidemiology*. 1999. vol149(2). pp135-42. [Internet]. [cité 13 janv 2014]. Disponible sur: <http://web15390.new.ocpwebserver.com/pdf/EMR%20and%20Cardio%20Disorders.pdf>
42. Denis L, Fews P. Health Effects of High Voltage Powerlines. *Electromagnetic Environments and Health in Building* [Internet]. Routledge: Derek Clements-Croome; 2012 [cité 11 déc 2013]. p. 560 pages. Disponible sur: <zotero://attachment/181/>
43. Frei P; Poulsen AH; Mezei G; Pedersen C; Cronberg Salem L; Johansen C; Rööslü M; Schütz J. Residential Distance to High-voltage Power Lines and Risk of Neurodegenerative Diseases: a Danish Population-based Case-Control Study. *American journal of epidemiology*. 9 avr 2013;
44. Davanipour Z. A case-control study of occupational magnetic field exposure and Alzheimer's disease: results from the California Alzheimer's Disease Diagnosis and Treatment Centers. *BMC Neurol*. 2007;9:7-13.
45. Toro C. Suicidal Hanging on High-Voltage Line Pylon. *Journal of Forensic Sciences* [Internet]. 2008 [cité 13 janv 2014];53(5). Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com.bases-doc.univ-lorraine.fr/doi/10.1111/j.1556-4029.2008.00842.x/pdf>
46. Le Ruz P. Gouthier C. Enquête citoyenne « vivre avec une ligne THT ». Centre de Recherche et d'Information Indépendantes sur les Rayonnements Electromagnétiques. 2009. 18p. [Internet]. [cité 17 sept 2013]. Disponible sur: http://www.criirem.org/images/docs/090123_synthese_enquete_tht-2.pdf
47. Barsam T et al. Effect of ELF EMF exposure on sleep quality in high voltage substations. *Iranian Journal of Environmental Health Sciences*. 2012. vol9(15). 7p [Internet]. [cité 9 déc 2013]. Disponible sur: <http://www.ijehse.com/content/pdf/1735-2746-9-15.pdf>
48. Shelley S. Effect of a Nighttime Magnetic Field Exposure on Sleep Patterns in Young Women. *American Journal of Epidemiology* [Internet]. 2004 [cité 9 déc 2013];160(3). Disponible sur: <http://aje.oxfordjournals.org/content/160/3/224.full.pdf+html>
49. Graham C. Human sleep in 60 Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 1999;20(5):pp277-83.
50. Akerstedt T. A 50-Hz electromagnetic field impairs sleep. *J Sleep Res*. 1999;8:pp77-81.
51. Burch J. Nocturnal excretion of a urinary melatonin metabolite among electric utility workers. *Scand J Work Environ Health*. 24(3):pp183-9.
52. Levallois p. Effects of electric and magnetic fields from high-power lines on female urinary excretion of 6-sulfatoxymelatonin. *American Journal of Epidemiology*. 2001;154(7):pp1-9.
53. Corbacio M. Human cognitive performance in a 3 mT power-line frequency magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 2011;32(8):pp620-33.
54. Soc J. Low-frequency pulsed electromagnetic field exposure can alter neuroprocessing in humans. *Interface*. 2010;6(7):467-73.
55. Savitz A, VAN Wijngaarden E, Loomis D. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers. *Western Journal of Medicine*. 2000;vol173(2):pp94-100.
56. Mac Gregor D. Depression and Exposure to Electromagnetic Fields. IRSST, Québec. Montréal, 2002. 30p. [Internet]. [cité 22 janv 2014]. Disponible sur: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/r-301.pdf>
57. Le Ruz P (Président d'ARTAC). Le syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques (SICEM) [Internet]. [cité 23 janv 2014]. Disponible sur: http://www.artac.info/fic_bdd/pdf_fr_fichier/electrosensibilitercherche_12961423640.pdf
58. Priestley T. Resident Perceptions of a Nearby Electric Transmission Line. *Journal of Environmental Psychology*. 1996. vol16. pp65-74 [Internet]. [cité 8 janv 2014]. Disponible sur: <http://headwaterseconomics.org/library/files/Priestley;Evans,1996.pdf>
59. Winterfeld G. The Effects of Electromagnetic Fields from Transmission Lines on Public Fears and Property Values. *Journal of Environmental Management*. 1996. vol 48. pp201-14 [Internet]. [cité 8 janv 2014]. Disponible sur: http://headwaterseconomics.org/library/files/Gregory;von_Winterfeldt,1996.pdf

60. Lambrozo J. Souques M. Bourg F. Guillaume X. Perrin A. Les médecins généralistes français face aux champs électromagnétiques. *La Presse Médicale*. 05/2013. Vol 42(5), pp133–e143 [Internet]. [cité 13 janv 2014]. Disponible sur: http://ac.els-cdn.com/bases-doc.univ-lorraine.fr/S0755498213000146/1-s2.0-S0755498213000146-main.pdf?_tid=1451086e-7c8b-11e3-97e5-00000aab0f27&acdnat=1389642433_d4dfad302df87c7df70926d10f9b2d32
61. Belpomme P. Tous potentiellement électro-hypersensibles. France Bleu Drôme Ardèche (Interview) [Internet]. 27 août 2013 [cité 4 déc 2013]; Disponible sur: <http://www.francebleu.fr/infos/ondes/tous-potentiellement-electro-hypersensibles-792394#>
62. Hallberg O. Oberfeld G. Will we all become electrosensitive? *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2006. vol25, pp189-91. [Internet]. [cité 24 févr 2014]. Disponible sur: http://www.next-up.org/pdf/EHS2006_HallbergOberfeld.pdf
63. EHS.pdf [Internet]. [cité 4 avr 2013]. Disponible sur: <http://www.bbemg.ulg.ac.be/files/FR/EHS.pdf>
64. OMS | Champs électromagnétiques et santé publique: hypersensibilité électromagnétique [Internet]. [cité 25 févr 2014]. Disponible sur: <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs296/fr/>
65. Haute Autorité de Santé . Guide des déclarations d'intérêts et de gestion des conflits d'intérêts. Juillet 2013. [Internet]. [cité 21 janv 2014]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/guide_dpi.pdf
66. Huss A. Le danger potentiel des champs électromagnétiques et leur effet sur l'environnement. Assemblée parlementaire européenne, Luxembourg, 06/05/2011. 13p. [Internet]. [cité 17 sept 2013]. Disponible sur: <http://www.criirem.org/images/docs/fdoc12608.pdf>
67. ERDF - Fonctionnement du réseau électrique [Internet]. <http://www.erdfdistribution.fr>. 2010 [cité 14 janv 2014]. Disponible sur: http://www.erdfdistribution.fr/fonctionnement_du_reseau
68. Belgian Bioelectromagnetics Group. De la production de l'électricité au circuit électrique domestique [Internet]. <http://www.bbemg.ulg.ac.be/fr>. [cité 14 janv 2014]. Disponible sur: <http://www.bbemg.ulg.ac.be/fr/50hz-information-generale/champs-electriques-magnetiques/reseau-electrique.html>
69. Carruba S. The effects of low-frequency environmental-strength electromagnetic fields on brain electrical activity: a critical review of the literature. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2008;27(2):pp83 - 101.
70. Belgian Bioelectromagnetics Group. Electromagnetisme. septembre 2012. 12p. [Internet]. [cité 4 avr 2013]. Disponible sur: <http://www.bbemg.ulg.ac.be/files/FR/Electromagnetisme.pdf>
71. Office parlementaire de l'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques. Champs électromagnétiques et santé. N°3. Paris. mars 2009 [Internet]. [cité 13 janv 2014]. Disponible sur: <http://www.assemblee-nationale.fr/13/contrôle/notes/champselectromagnetiquesetsante03032009.pdf>
72. Moghtader JC; Himel HN; Demun EM; Bellian KT; Edlich RF. Electrical burn injuries of workers using portable aluminium ladders near overhead power lines. *Burns*. 1 oct 1993;19(5):441 - 443.
73. El Yamani M. champs électromagnétiques [Internet]. www.afsset.fr. 2006 [cité 19 oct 2012]. Disponible sur: http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/909229008399980604907622855707/18_champs_electromagnetiques.pdf
74. Clinard F. Évaluation de l'exposition aux champs magnétiques dans les habitations situées à proximité des lignes de transport de l'électricité en France. *Environnement, Risques & Santé*. 2004;3(2):111 - 08.
75. asanova rakov. The state of health of persons working in electric fields of outdoor 400-500kV switchyards. *Gig Trud Prof Zabol*. 1966;(10):50 - 52.
76. Lignes à haute et très haute tension, santé et environnement [Internet]. [cité 10 avr 2013]. Disponible sur: <http://www.senat.fr/rap/r09-506/r09-506-syn.pdf>
77. André AURENGO - Biographie. La Jaune et la Rouge - La revue de la communauté polytechnicienne [Internet]. 2014 [cité 21 janv 2014];691. Disponible sur: <http://www.lajauneetlarouge.com/auteur/andre-aurengo-67>
78. Next-up - Informations sur les irradiations des ondes électromagnétiques [Internet]. [cité 3 oct 2013]. Disponible sur: <http://next-up.org/divers/France5MagSanteInterviewsClaireLajoieMazencEdfEtPrAndreAurengo30052007.php>
79. Next-up - Informations sur les irradiations des ondes électromagnétiques [Internet]. [cité 21 janv 2014]. Disponible sur: <http://next-up.org/divers/France5MagSanteInterviewsClaireLajoieMazencEdfEtPrAndreAurengo30052007.php>
80. Veyret D. DECLARATION OF PERSONAL INTERESTS - FORM [Internet]. [cité 21 janv 2014]. Disponible sur: <http://www.icnirp.de/documents/DoIVeyret.pdf>
81. Next-up - THT Lignes à haute tension [Internet]. [cité 21 janv 2014]. Disponible sur: http://www.next-up.org/pages/nouvellesdumonde_THT.php

82. IARC Drops Anders Ahlbom from RF-Cancer Panel [Internet]. Microwave News. 2011 [cité 9 oct 2013]. Disponible sur: <http://microwavenews.com/Ahlbom.html>
83. Microsoft Word - WHO conflict of interest - who_conflict.pdf [Internet]. [cité 22 janv 2014]. Disponible sur: http://www.next-up.org/pdf/who_conflict.pdf
84. IndependentWHO. L'ONU et ses agences - IndependentWHO - Santé et Nucléaire [Internet]. [cité 22 janv 2014]. Disponible sur: <http://independentwho.org/fr/onu-et-ses-agences/>
85. Gout C. Ligne THT: L'interview de Claude Chopin, ancien chef de service au CHRU de Lille . La Voix Du Nord. 04/05/2013. [Internet]. [cité 9 oct 2013]. Disponible sur: http://ekldata.com/prevoem26.id.st/perso/docs/THT_Inserm_2013.pdf
86. Urgent Need for Biologically-based EMF Public Exposure Standards [Internet]. [cité 9 oct 2013]. Disponible sur: <http://www.ipetitions.com/petition/new-biologically-based-emf-public-exposure/>
87. Kirschvink J. Walker M. Diebel C. Magnetite based magnetoreception. Current Opinion in Neurobiology. 2001, vol11. pp462-7 [Internet]. [cité 10 oct 2013]. Disponible sur: <http://f.z.nf/work/magnetite%20based%20magnetoreception.pdf>
88. Kirschvink J. Magnetite in human tissues: a mechanism ... [Bioelectromagnetics. 1992] - PubMed - NCBI. Bioelectromagnetics. 1:pp101-13.
89. Banachlocha A. Long-term memory in brain magnetite. Medical Hypotheses. 2010;74(2):pp254-7.
90. Blog de Patrick Maurel: Magnétosomes, magnétite et champs électromagnétiques [Internet]. [cité 23 janv 2014]. Disponible sur: http://patrickmaurel.blogspot.fr/p/magnetosomes-magnetite-et-champs_09.html
91. Les effets sur la santé et l'environnement des champs électromagnétiques produits par les lignes à haute et très haute tension. [Internet]. Disponible sur: <http://www.bdsp.ehesp.fr/Base/415647/>
92. Koteles F. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF) and electro-sensitivity (ES) – Are they connected? International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2013;216(3):pp362-70.
93. Research and Treatment European Group. Quelles preuves a-t-on du rôle causal des CEM dans l'apparition du SICEM et de son évolution vers l'EHS? [Internet]. <http://www.ehs-mcs.org>. [cité 25 févr 2014]. Disponible sur: http://www.ehs-mcs.org/fr/preuves-avec-les-cem_80.html
94. Research and Treatment European Group. Comprendre l'électrosensibilité : intolérance, susceptibilité, électrohypersensibilité, chimiosensibilité [Internet]. <http://www.ehs-mcs.org>. [cité 25 févr 2014]. Disponible sur: http://www.ehs-mcs.org/fr/intolerance-susceptibilite-hypersensibilite_4.html
95. stress et cerveau [Internet]. [cité 23 janv 2014]. Disponible sur: <http://www.frc.asso.fr/media/cerveau/veille/diapopdf.pdf>
96. Research and Treatment European Group. Description du Syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques-SICEM-EHS-électrohypersensibilité [Internet]. <http://www.ehs-mcs.org>. [cité 25 févr 2014]. Disponible sur: http://www.ehs-mcs.org/fr/liens-utiles_47.html
97. Belpomme D. Les dangers des ondes electromagnetiques (Part1) [Internet]. Radio Courtoisie. Diffusion Publique. France; 2013 [cité 24 janv 2014]. Disponible sur: http://www.youtube.com/watch?v=_XK29a8yPXU

7 ANNEXES

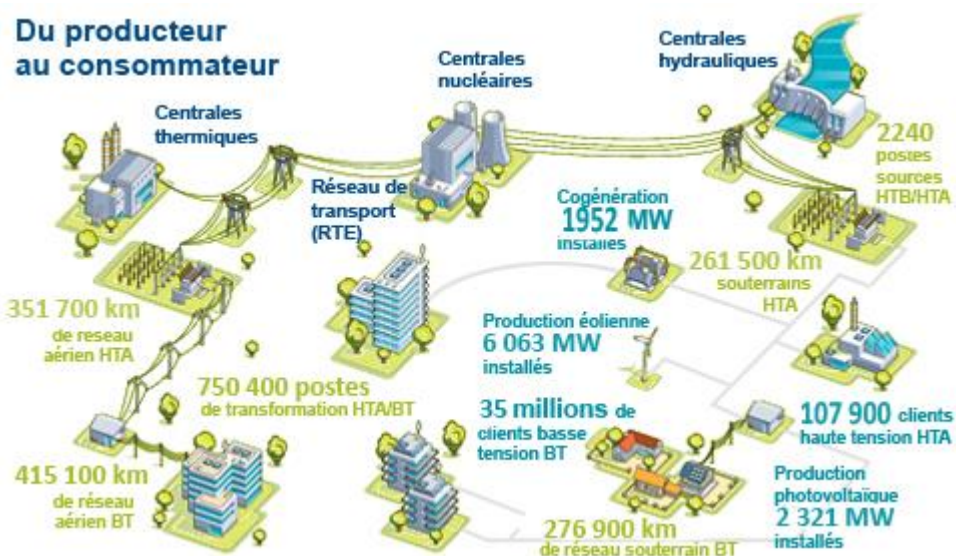
7.1 Annexe 1 : Prérequis sur les CEM et les lignes THT

Sans prétendre à une présentation approfondie ni exhaustive du domaine de l'électromagnétisme, nous en exposerons les notions essentielles pour comprendre le fonctionnement des lignes THT et leurs effets sur les êtres humains, et nous présenterons les paramètres et les sources importants pour l'exposition aux CEM.

7.1.1 Le réseau électrique en France

Le réseau électrique est géré par 2 opérateurs :

- RTE pour le transport d'électricité sur les longues distances,
- ERDF pour sa distribution jusqu'aux consommateurs.(67)



L'énergie produite par les **centrales** d'énergie (nucléaire, thermique, hydraulique...) est transformée en énergie électrique dans les centrales électriques, puis injectée sous forme de courant électrique dans le réseau de transport sur les **lignes THT** jusqu'aux transformateurs qui abaissent la tension pour passer le courant dans le réseau de distribution.

7.1.2 Champs générés par la ligne THT

Le courant sur les lignes THT doit être alternatif car les transformateurs ne fonctionnent pas avec du courant continu (68). Il a une fréquence f de 50 Hz, et génère donc un champ électrique et un champ magnétique alternatifs à **50Hz**.

Le **champ électrique E** s'exprime en **V/m** (volt par mètre),
il est **proportionnel à la tension U et diminue avec le carré de la distance**.(2)

Le **champ magnétique H** s'exprime en **A/m** (ampère par mètre),
Il est **proportionnel à l'intensité du courant et diminue avec le carré de la distance**. (2)
On parle surtout de l'induction **magnétique B en Tesla (T)** ou en gauss (G) ($10G = 1T$)
telle que $B = \sigma H$ (avec σ perméabilité magnétique du vide ou de l'air)

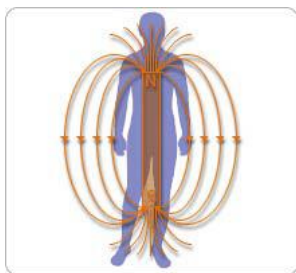
Les lignes THT conduisant du courant à très haute tension et très haute intensité, les champs électrique et magnétique sont très intenses.(2)

Les câbles peuvent être aériens ou souterrains. Pour les câbles souterrains, le champ diminue plus vite avec la distance, mais le champ à son aplomb direct est plus élevé.(2)

7.1.3 Les CEM dans les corps biologiques et les matériaux

7.1.3.1 Champ magnétique

Un champ magnétique alternatif à 50 Hz crée dans tout matériau conducteur, comme le corps humain, **un courant induit alternatif** à 50 Hz (il crée une force électromotrice qui déplace à cette fréquence les particules électriquement chargées).



Un champ magnétique alternatif de quelques μT est responsable d'**effets biologiques** potentiels. Un récent rapport complexe d'experts de l'ICEMS suppose que des CEM EBF mille fois moins intenses que ceux des lignes THT pourraient avoir des effets biologiques ! (4). Des **effets électriques** n'apparaissent que pour des intensités élevées ($20-30\mu T$) : dépolarisation directe des voies nerveuses, magnéto-phosphènes et magnéto-acouphènes, excitation musculaire (69). Contrairement aux CEM par radiofréquences, les CEM EBF de faible intensité n'ont **pas d'effet thermique**.

Un **champ** magnétique statique, comme celui **de la Terre**, d'environ $50\mu\text{T}$ (2), **est inoffensif** car il n'induit aucun courant (70). (un champ électromagnétique peut être généré soit par un « aimant naturel » comme la Terre, soit par un champ électrique en mouvement)

Les obstacles n'ont quasiment aucun effet sur le champ magnétique, de telle sorte qu'à proximité d'une ligne THT, son intensité est similaire à l'intérieur ou à l'extérieur d'une maison.

Un Champ magnétique peut perturber le fonctionnement d'appareils électriques : c'est **l'incompatibilité électromagnétique**. Il s'agit en particuliers d'appareils médicaux diagnostiques (tels les électrocardiographes, glucomètres) ou thérapeutiques (tels les pacemakers, les défibrillateurs, les pompes à insuline, les implants auditifs). On imagine les dangers et pertes de chance potentiels (de nombreuses publications vont dans ce sens (71)) : injection d'une dose inadaptée d'insuline, mauvaise lecture d'un électrocardiogramme en urgence.... Les perturbations radioélectriques peuvent aussi être sources d'accidents directs, par exemple des **brûlures** suite à l'utilisation d'un téléphone portable sous une ligne (72)



(Porteurs de pacemakers : recommandation de ne pas stationner sous une ligne THT)

7.1.3.2 Champ électrique

A l'inverse du champ magnétique, le champ électrique traverse mal le corps humain, il ne crée que des courants de surface et des courants internes très résiduels. C'est donc sur le champ magnétique qu'on se focalise pour les effets sanitaires. (6)

Néanmoins, le champ électrique crée un « **effet couronne** » qui serait responsable de **pathologies** surtout **respiratoires** (asthme et cancer bronchique) : l'ionisation par le champ électrique de la ligne THT des particules polluantes volatiles favoriserait leur déposition bronchique (42). L'effet couronne est très dépendant des conditions météorologiques (vent, taux d'humidité...). (18). C'est l'effet couronne qui cause le **bruit** de la ligne THT à type de grésillement permanent (46).

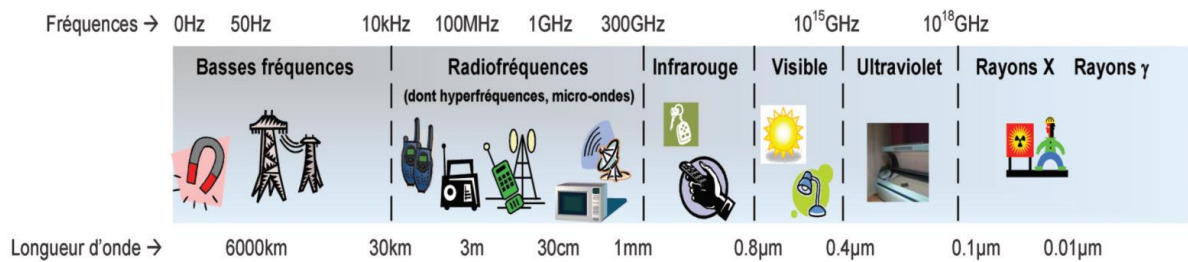
Le champ électrique induit aussi, dans les matériaux très conducteurs, comme le métal, une polarisation : un objet métallique répartit ses charges négatives et positives de manière opposée et suivant le champ, et devient un dipôle. Selon ce principe, à l'intérieur d'un corps conducteur, le champ électrique est annulé : c'est le principe de la **cage de Faraday** qui permet une **isolation** efficace (2). Et un corps biologique conducteur au contact d'un tel dipôle recevra une **décharge électrique**, ce qui est constitué un inconfort majeur pour les humains et les animaux vivant sous les lignes THT et au contact de matériel métallique (2).

7.1.4 Spectre électromagnétique, principales sources et niveaux d'exposition aux CEM

A un champ électromagnétique de fréquence f (en Hertz = 1 / seconde) correspond une **onde électromagnétique de longueur d'onde λ** (en mètres) (2)

$\lambda = c / f$ avec c : vitesse de la lumière (m/s)

Le spectre électromagnétique comprend une gamme très étendue d'ondes en fonction de leur fréquence, qui détermine leurs effets biologiques (2).



Les champs dits « basse fréquence » sont compris entre 0 et 300 GHz, et sont non ionisants (leur énergie ne suffisant pas pour casser des liaisons moléculaires). Ils comprennent :

- les **champs statiques** :

le champ magnétique naturel, le champ magnétique d'une IRM (73)

- les champs **d'extrêmement basse fréquence** :

L'exposition domestique est liée à l'électroménager : micro-ondes, rasoir électrique, sèche-cheveux, bureautique, écrans d'ordinateur et de télévision, lampes ... Elle varie de quelques dixièmes à plusieurs centaines de Teslas, mais pour des durées très courtes(6). Le champ domestique ambiant moyen est de l'ordre de 0,1μT.

Les **lignes THT** sont responsables d'un niveau d'exposition notable pour les résidences localisées à proximité (74), environ **3 fois plus élevé** que le niveau d'exposition moyen (6).

L'exposition dans les lieux publics est liée aux lignes THT et aux transformateurs, à l'éclairage public. Il est de quelques dixièmes de teslas (73).

Pour donner un ordre d'idées : **5 à 30μT sous la ligne THT, 1 à 10μT à 30mètres, 0,1 à 1μT à 100 mètres, et 20 à 30μT à proximité d'un transformateur** (2).

- les **radiofréquences**.

L'exposition est liée à la téléphonie sans fils et ses antennes relai, et aux télécommunications. Aux effets biologiques s'ajoutent les effets thermiques.

7.2 Annexe 2 : Etat des connaissances et controverses

Les premiers effets des lignes THT ont d'abord été relevés chez les travailleurs de l'électricité, en 1972 par les épidémiologistes russes qui notaient : céphalées, fatigue, troubles du sommeil (75), puis plus tard aux Etats-Unis, où l'on notifiât : leucémies, tumeurs cérébrales, mélanomes.

Sur la population générale, les travaux de Werpheimer en 1979 aux Etats Unis furent le point de départ d'une controverse sur les leucémies infantiles (36). L'association statistique entre **leucémies infantiles et CEM EBF à partir de 0,4 μ T** est la seule aujourd'hui quasiment consensuelle, qui a conduit l'OMS à classer les CEM EBF dans la catégorie IIA, soit **potentiellement cancérigènes**. Malgré une association statistique forte et l'existence d'hypothèses physiopathologiques, le lien de causalité n'est pas communément admis dans la communauté scientifique. En France et selon les chiffres de RTE même, ce sont **375 000 personnes**, soit 0,6% de la population, qui ont un niveau d'exposition d'au moins 0,4 μ T du seul fait des lignes THT (76)

Concernant d'autres maladies, rien ne fait consensus. Il existe des controverses sur les risques de **maladie d'Alzheimer**, avec des arguments forts, et le SCENIHR considère dans son rapport 2013 (7) le lien comme probable. Les doutes portent également sur certains **cancers** (hémopathies malignes de l'adulte, tumeurs cérébrales, cancers du sein, mélanome), sur la dépression, et pour une exposition in utero : augmentation des **fausses couches spontanées, leucémie et asthme** infantiles. Certains auteurs suspectent l'augmentation de maladies cardiovasculaires ou respiratoires. Les rapports de 2006 de l'INSPQ (6) et 2013 du SCENIHR (7) ne tranchent pas sur ces questions, les données analysées étant souvent contradictoires ou jugées non concluantes. Dans ces deux rapports, la plupart des études épidémiologiques concernent les travailleurs de l'électricité(1) (il s'agit de 2 revues critiques de littérature sur les effets sanitaires des CEM, émanant d'instances officielles, canadienne et européenne).

Sur le plan physiopathologique, de nombreux mécanismes sont évoqués, défendus par certains, niés par d'autres. Il s'agit de **troubles de l'immunité** cellulaire avec vulnérabilité aux cancers, de **génotoxicité** directe ou indirecte favorisant les cancers, de **perturbations endocrinologiques** telles la baisse de neurohormones en particuliers la mélatonine, de l'augmentation de protéines β -amyloïdes marqueurs de maladie d'Alzheimer, de la **synthèse de protéines de stress et d'anomalies du cycle cellulaire**. Le rapport Bioinitiative 2012 (5) expose en détail ces mécanismes. Le rapport 2010 de l'ICEMS (4) plonge au cœur des mécanismes de biophysique, de chimie moléculaire, de biochimie et de biologie cellulaire pour expliquer les effets non thermiques des CEM EBF sur le vivant.

7.3 Annexe 3 : Conflits d'intérêt

Il est déroutant de constater à quel point les experts scientifiques sont partagés, soit négationnistes, soit alarmistes, ou mitigés, et les études souvent contradictoires ou non concluantes.

Selon les auteurs du rapport 2011 de l'Assemblée Parlementaire du Conseil de l'Europe sur les CEM (66), plusieurs études comparatives montrent une **corrélation claire entre les conclusions des études** sur les CEM sur la santé **et l'origine de leur financement**, sur fonds publics ou par des industriels privés.

7.3.1 En France

La main mise du lobby nucléaire sur la science passe par le financement de la recherche et la corruption d'experts à des postes clé.

Selon un groupe d'experts du CSHPF, **EDF et RTE financent la recherche** française sur les CEM à hauteur de 1 200 000 euros par an (39), ce qui est également dénoncé par le rapport de l'OPESCT.

On peut parler de quelques experts qui compromettent l'indépendance des organismes producteurs d'ordres et de recommandations, sans citer de nom de personnes bien qu'elles soient notoirement repérées.

Un même personnage porte ou a porté les casquettes de : membre à des postes stratégiques de l'Académie de médecine, du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique et du Haut Conseil de Santé Publique, en étant simultanément membre du Conseils d'Administration, du Conseil Scientifique, et du Conseil d'**Actionnaires d'EDF** (et de Bouygues-Télécom) (77) ! A propos du lien de causalité entre leucémies et exposition aux lignes THT, ce leader d'opinion défend la même position que RTE, c'est-à-dire l'absence de mécanisme formellement démontré (78), et interprète l'association statistique comme une « coïncidence » (79). Chef d'un service de médecine nucléaire, il est responsable du suivi d'une grande cohorte européenne de cancers thyroïdiens...

Un autre leader d'opinion français, expert de l'électromagnétisme avec une aura internationale, est membre du CNRS, de l'ICNIRP, du conseil scientifique de Bouygues-Télécom, et déclare que ses recherches sont **subventionnées par Orange et Bouygues Télécom** (80). Il nie systématiquement tout effet démontré des lignes THT sur la santé humaine, et minimise ceux du téléphone portable (81).

7.3.2 A l'échelle internationale

L'ICNIRP a été dénoncé par les eurodéputés comme étant une **émanation des industriels** du secteur (66) . Les seuils d'exposition autorisés par l'OMS, basés sur l'évaluation du risque par l'ICNIRP, en sont une bonne illustration : **100µT** pour un CEM EBF ! Ils ne protègent la population exposée que des manifestations neurologiques aiguës, « en l'absence de preuve formelle d'autres effets » (76), (14), (71).

L'OMS a exclu du CIRC un expert suisse en électromagnétisme pour ses conflits d'intérêts avec l'industrie de la téléphonie (82). A propos des lignes THT, celui-ci a conduit plusieurs études concluant à l'absence d'associations significatives avec la leucémie (6), ce qui est contraire aux résultats d'une trentaine d'études.

Mais la moitié du groupe de travail de l'OMS sur les CEM fait partie de l'ICNIRP (83). Les auteurs du rapport Bioinitiative accusent l'OMS d'avoir volontairement ignoré de nombreuses études pointant les risques des CEM EBF (5).

L'IndependentWho explique aussi comment l'OMS est dans les faits sous la tutelle de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), figure du lobby nucléaire mondial (84) (pour lequel les lignes THT sont indispensables...).

Si les industriels s'appuyant sur certains scientifiques complices arrivent à nier le lien de causalité entre exposition aux lignes THT et leucémie, on imagine combien il sera laborieux de faire reconnaître un éventuel lien avec des symptômes. Pour l'ICNIRP, l'explication se réduit à un **effet nocébo** (14).

Mais si les industriels clament l'innocuité des CEM au grand public, les compagnies d'assurance tendent à exclure leurs risques de leur couverture (66) !

Il serait fastidieux ici d'exposer les points de vue opposés. Néanmoins, de nombreux scientifiques dénoncent la probabilité importante de pathologie (85) et de symptômes (61) liés aux lignes THT, et rejoignent les revendications de la société civile et du monde associatif (86) pour une révision drastique des seuils autorisés, avec des recommandations autour de 0,1 à 0,2µT (39), et des couloirs d'exclusion (36) voire un moratoire sur toute nouvelle ligne THT (85).

7.4 Annexe 4 : électrohypersensibilité et syndrome d'intolérance aux champs électromagnétiques

« électro et magnétosensibilité », « hypersensibilité électromagnétique », « intolérance idiopathique environnementale » ou « intolérance aux CEM » sont employés indistinctement dans le langage médical courant. Il convient pourtant de distinguer ces notions.

7.4.1 La magnétosensibilité

La **magnétosensibilité** ou « sixième sens » désigne la capacité (du corps, consciente ou non) à percevoir le champ magnétique et son existence chez les êtres vivants est appuyée par la découverte de « **magnétosomes** », amas de magnétite (FeSO_3) s'orientant en fonction du champ magnétique, et se comportant comme des microboussoles biologiques (87). Pour de nombreux êtres vivants (insectes, oiseaux, bactéries « magnétotactiques »), ils ont une fonction **d'orientation** (88). Chez d'autres, elle est inconnue, mais il pourrait s'agir de la mémoire (89). Kirschvink les a mis en évidence **dans le cerveau humain** en quantité importante, puis dans de nombreux organes (90).



Bactérie magnétotactique et magnétosomes

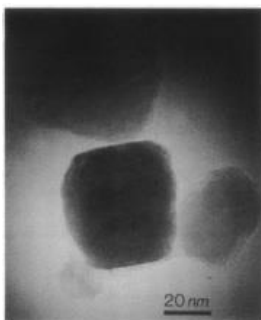
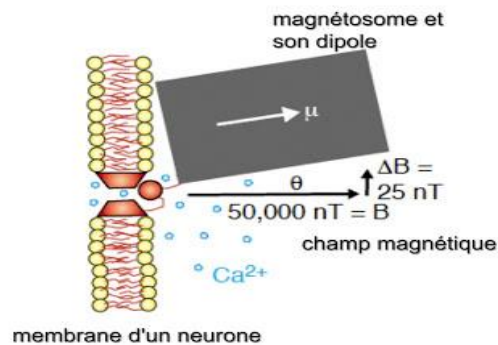


Image en microscopie électronique d'un cristal de magnétite isolé de cerveau humain

Certains chercheurs supposent que les magnétosomes interagissent avec des canaux ioniques transmembranaires, et peuvent au niveau des cellules nerveuses transduire le champ magnétique ambiant en message nerveux (87).

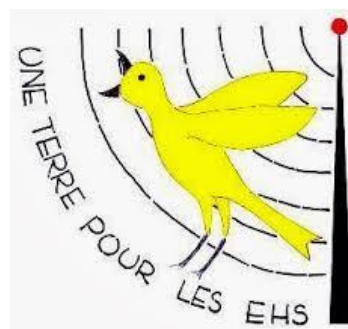


7.4.2 L'hypersensibilité électromagnétique

L'hypersensibilité électromagnétique (63), est définie comme un « syndrome » comprenant des **symptômes non spécifiques** tels que :

- Des plaintes neurologiques de type « neurasthénique »: céphalées, vertiges, fatigue, troubles du sommeil, de la mémoire et de la concentration, anxiété
- Des plaintes dermatologiques à type de prurit, érythème, sensations de brûlures et picotements, dermatite (surtout pour les écrans)
- Des plaintes ORL et ophtalmologiques : picotements, brûlures
- Des plaintes digestives : douleurs, inconfort
- Des plaintes cardiovasculaires : palpitations, oppression thoracique

dont **le patient attribue** la survenue, immédiate ou retardée, à **son exposition à des CEM** (63), de niveaux d'intensité de **faibles voire infimes**, et de fréquences très variées (des EBF aux radiofréquences (8)), ne causant habituellement aucun symptôme chez la majorité des individus sains.



Sa prévalence augmente (2% en 1998 et 3% en 2001 en Suède) (57). Elle touche 2 femmes pour 1 homme. Elle est souvent associée à des intolérances chimiques multiples (63). Elle n'est pas associée à des terrains anxiodépressifs ou tendant à la somatisation (91).

On voit que sa définition, clinique et dépendante de la croyance du patient, fait l'impasse sur **l'imputabilité aux CEM**, en n'admettant pas une « réaction anormale à l'exposition aux CEM ». Selon un consensus international, l'imputabilité n'est pas démontrée, les études expérimentales de provocation en aveugle ne montrant pas de différence entre expositions réelle et simulée. Cependant :

- une étude de provocation récente (92) a révélé qu'un individu volontaire était capable de détecter le CEM, avec une bonne reproductibilité et discrimination.
- les sujets EHS présentent des différences physiologiques par rapport à la population générale (variabilité du rythme cardiaque de base, réaction électrodermale augmentée, potentiels évoqués visuels augmentés, hypermastocytose dermique, hyperactivité sympathique), qui écartent une origine purement psychogène (63)
- la base méthodologique de ces conclusions est contestée par des experts à la pointe du sujet (93). Ils émettent des hypothèses physiopathologiques récentes que nous allons détailler.

L'EHS pourrait avoir des facteurs favorisant génétiques, tels un suréquipement en magnétosomes, et des facteurs environnementaux déclenchant une dérégulation acquise des circuits nerveux sollicités par les stimuli magnétiques (94), tels l'exposition aux CEM, une intoxication aux métaux lourds, ou le port de prothèses métalliques (57).

Un CEM pourrait, via les magnétosomes, exciter l'hypothalamus, les axes hypothalamo-hypophysaire et corticotrope (ainsi que thyro-, gonado-, somato-, et lactotropes, expliquant les profils hormonaux perturbés par les populations vivant à proximité des lignes THT), activant des réactions immunitaires et rétroactions cérébrales via des cytokines. Un CEM pourrait être ainsi un stimulus à l'origine de réactions **neuro-endocrino-immunitaires**.

L'EHS serait donc consécutive à une **maladie de l'adaptation au stress** selon le schéma de Seyle (95), c'est-à-dire au développement d'une réaction excessive à cause d'une dérégulation préalable de l'axe hypothalamo hypophyso-cortico-immunitaire.

Une équipe de recherche française, dirigée par le Professeur Belpomme de l'Association pour la Recherche Thérapeutique Anticancéreuse (ARTAC) (2), (57), indépendante et autofinancée, qui suit plus de 700 patients EHS depuis 2008, soit la plus grande cohorte mondiale de patients EHS, va plus loin et décrit une nouvelle entité clinique : le SICEM.

7.4.3 Le syndrome d'intolérance aux CEM (SICEM)

Le SICEM serait le mode d'entrée dans les maladies liées aux CEM. Il est caractérisé par une **intolérance symptomatique** aux CEM survenant pour des **niveaux d'intensité normaux ou élevés**, chez des individus pas nécessairement prédisposés ou « susceptibles, ce qui correspond à la situation des patients symptomatiques vivant à proximité des lignes THT.

Il évoluerait en :

- Une phase prodromique d'induction (96) avec : **céphalées**, phosphènes, acouphènes, dysesthésies, vertiges, arthralgies, myalgies, troubles cognitifs. Elle serait réversible au sevrage électromagnétique
- une phase d'état (96) avec : **troubles cognitifs** au premier plan (troubles de la mémoire et de la concentration), **insomnie et dépression**, violence ou irritabilité. et troubles orthosympathiques cardiovasculaires (oppression thoracique et malaises), digestifs, urinaires... Elle correspondrait à une sensibilisation irréversible : les symptômes augmentant pour des intensités plus faibles et un spectre de fréquences plus larges
- et une phase évolutive (96) avec : **EHS**, troubles compulsifs, psychotiques, confusionnels, **démentiels**, décompensation de maladies neurodégénératives (initiation ou rechute de maladies d'Alzheimer, Parkinson, sclérose en plaques) : elle correspondrait à des lésions cérébrales fixées.

Les explorations complémentaires spécialisées mettent en évidence dès les premiers stades : une élévation de la protéine S100B marqueur d'une perméabilisation de la barrière hémato-encéphalique (directement par les CEM par voie transcrânienne), une production de radicaux libres (hypernitrosaminémie) et d'histamine vasoconstrictrice (hyperhistaminémie), une hypoperfusion temporale à l'échographie doppler cérébrale (correspondant au système limbique, siège de la mémoire et des émotions), des marqueurs d'auto-immunité (taux sanguins élevés d'anticorps anti-O-myéline, anti-Hsp70 et/ou anti-Hsp27)

Le SICEM serait la manifestation de **l'enclenchement de processus pathologiques** d'évolution péjorative :

- au niveau cérébral, inflammation neuronale et synthèse de protéines de stress, poussant les neurones soit à l'apoptose, avec des troubles **neurodégénératifs** tels que psychoses et démences précoces, soit à la multiplication, avec des maladies **tumorales** telles que glioblastomes et neurinomes (97).
- au niveau périphérique, activation d'une boucle **neuro-endocrino-immunitaire** (via l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien) responsable de production de cytokines via l'action glucocorticoïde, et d'hypertonie orthosympathique via l'action catécholaminergique.

La compréhension de ces mécanismes a permis de tester des traitements ciblés : **un sevrage électromagnétique, un traitement précoce par agents antioxydants, anti-inflammatoires, antihistaminiques H1, et vitaminothérapies (B et D)** et même **une détoxification aux métaux lourds**, auraient empêché la progression des troubles cognitifs et permis la rémission clinique pour plusieurs patients, alors que d'autres cas non traités ont évolué vers une démence installée (57). Ce sont des constatations fragiles basées sur un petit nombre de patients, mais prometteuses.

RÉSUMÉ DE LA THÈSE

La pollution électromagnétique fait partie des dangers émergents et la prolifération des lignes THT (très haute tension) est une source notable de CEM EBF (champs électromagnétiques très basse fréquence) 50-60 Hertz.

Nous avons analysé sous forme d'une revue systématique de littérature les études épidémiologiques observationnelles concernant les symptômes, la perception, la qualité de vie et la santé générale des populations humaines saines (non électrohypersensibles à priori), soumises à une exposition chronique (< 6 mois) résidentielle ou scolaire aux lignes THT (<500 mètres).

Nous avons obtenu 18 études dont 12 de bonne qualité. Il ressort un lien très probable avec les céphalées, dépressions sévères et suicides, et les troubles du sommeil, un lien probable avec les troubles cognitifs. Ces troubles sont organiques et non psychosomatiques, bien que les mécanismes physiopathologiques et liens de causalité restent à approfondir. Selon de récents travaux (ARTAC), ils constitueraient un SICEM (syndrome d'intolérance aux CEM) avec comme risques évolutifs : maladie d'Alzheimer et électrohypersensibilité, et représenteraient un problème de santé public majeur.

Le jugement des résidents sur la ligne THT est indépendant du niveau d'exposition, et influencé par le statut de propriétaire, les préoccupations écologistes, la désinformation et le déni de démocratie.

La qualité de vie sous une ligne THT paraît franchement altérée.

Les hémopathies malignes et la maladie d'Alzheimer semblent augmentées, liées au champ magnétique, les cancers du poumon et peut être l'asthme seraient augmentés par le champ électrique.

Pour de nombreux auteurs, les seuils d'expositions devraient être abaissés de 0,1 à 0,4 μT (microteslas) en prévention des leucémies, et pour certains auteurs, les risques évolutifs du SICEM justifieraient à eux seuls ces mesures, alors que la réglementation limite l'exposition du public à 100 μT .

Il existe dans ce domaine de réels besoins de recherche scientifique et de formation médicale sur fonds publics, de réseaux de soins spécialisés, et surtout d'une expertise indépendante, pluridisciplinaire et contradictoire, débarrassée de l'influence du lobby du nucléaire qui ne peut se passer des lignes THT.

TITRE EN ANGLAIS

SYMPTOMS, QUALITY OF LIFE AND RISK PERCEPTION LINKED TO RESIDENTIAL EXPOSURE TO VERY HIGH VOLTAGE POWER LINES : Review

THÈSE : Thèse de Médecine Générale

ANNEE : 2014

MOTS CLES :

Santé publique et environnementale, médecine générale, ligne très haute tension, champs électromagnétiques très basse fréquence, exposition résidentielle, symptômes, revue de littérature

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE, Faculté de Médecine de Nancy
9, avenue de la Forêt de Haye, 54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex