

Les Conséquences Génétiques des Essais Nucléaires français dans le Pacifique, chez les petits-enfants des Vétérans du CEP, et des habitants des Tuamotu Gambiers.

Janvier 2018

Docteur Christian SUEUR,
Psychiatre, Praticien Hospitalier,

- Ancien Responsable de l'Unité de Pédopsychiatrie du Département de Psychiatrie du Centre Hospitalier de Polynésie française (C.H.P.F.)
- Membre de l'A.M.F.P.G.N. (Association des Médecins Français pour la Prévention de la Guerre Nucléaire)

Travail réalisé en collaboration avec les membres de l'A.S.P.P.F. (Association des Soignants de Pédopsychiatrie de Polynésie française).

« en Hommage à Bruno Barrillot (1940-2017) »

Introduction

Contexte général de l'étude

Ce rapport est une « conclusion d'étape » d'un Projet de recherche élaboré à Tahiti dans notre Service de Pédopsychiatrie¹ entre 2012 et 2016, intitulé **Conséquences transgénérationnelles des Essais Nucléaires réalisés au CEP² de Polynésie Française durant la période 1966-1974, sur la descendance (F2) des « vétérans » (F0).**

Ce projet a été « conçu », dès son origine, avec Bruno Barrillot³, et l'Association Moruroa e tatou.

Deux constats présupposaient l'intérêt de ce projet de recherche :

1. Le nombre considérable de situations cliniques associant un ***Trouble Envahissant du Développement, avec des anomalies morphologiques, et/ou un retard mental***, constatées dans les CMP⁴ et les différentes Antennes de Consultations Médico-Psychologiques du Service de Pédopsychiatrie du Centre Hospitalier de Polynésie française (CHPF) ; ces CMP et Antennes sont à ce jour au nombre de 27 dans les 5 archipels composant la Polynésie française⁵.

¹ Unité de Pédopsychiatrie, Département de Psychiatrie, Centre Hospitalier de la Polynésie Française (CHPF).

² CEP = Centre d'Expérimentation du Pacifique.

La France a effectué 193 essais nucléaires dans le Pacifique entre juillet 1966 et 1996 : 41 essais atmosphériques au dessus de Moruroa, 5 essais atmosphériques au dessus de Fangataufa, 137 essais souterrain à Moruroa, et 10 essais souterrains à Fangataufa.

REGNAULT J.-M. : La bombe française dans le pacifique : l'implantation, 1957 – 1964, Tahiti, Scoop Editions, 1993.

DANIELSSON B. et M.-T. : Moruroa mon amour, Paris, Stock, 1974.

DANIELSSON B. et M.-T. : Moruroa, notre bombe coloniale. Histoire de la colonisation nucléaire de la Polynésie Française, Paris, L'Harmattan, 1993.

BARRILLOT B. : Les irradiés de la République, Editions Complexe, 2003.

MAZELLIER P. : Tahiti. De l'atome à l'autonomie, Hibiscus Editions, 1979.

De VRIES P. et SEUR H. : Moruroa et nous, Ed Observatoire des armements, 2010.

³ Bruno BARRILLOT a été responsable du Comité de Suivi des Conséquences des Essais Nucléaires de 2005 à 2013, (il avait été nommé à ce poste lors de la présidence d'Oscar Temaru en 2005), puis licencié sous le gouvernement de Gaston Flosse en 2013, et renommé responsable de la Délégation au Suivi des Conséquences des Essais Nucléaires par l'actuel président de Polynésie française, Edouard Fritch, en 2015, jusqu'à son décès en mars 2017. Il a reçu le « *Nuclear Free Futur Award* » en 2010.

⁴ CMP = Centre Médico-Psychologique.

⁵ CMP de Papeete, CMP de Pirae, CMP de Moorea, Antennes médico-psychologiques d'Hi'itia et Papara, à **Tahiti**, Antennes de Raiatea, Bora Bora, Huahine, Tahaa, Maupiti aux **Iles Sous Le Vent**, de Taiohe, Atuona, Ua Pou, Huauka, Fatu Hiva aux **Marquises**, de Rikitea aux **Gambier**, CMP de Rangiroa et Antennes de Makemo, Hao, Tikehau, Fakarava, Manihi, Amanu aux **Tuamotu**, Antennes de Rurutu et Tubuai aux **Australes**.

Sans que l'on puisse quantifier, à l'heure actuelle, de façon épidémiologique la fréquence de ce type de situation, il semble bien, que cette fréquence soit supérieure au taux habituel de ce type de problématique reçue dans les Consultations de Pédopsychiatrie publique métropolitaines.

La deuxième occurrence troublante était constituée par le fait que la majorité de ces situations cliniques se retrouvent, dans notre patientèle, chez des « petits-enfants », tout autant dans la descendance de « vétérans » civils ou militaires du CEP, que chez populations résidants dans les atolls du sud des Tuamotu ou des Gambier, c'est-à-dire sur les atolls où une fraction très importante de la population a aussi bien travaillé au CEP de Moruroa et Fangataufa, qu'elle a été exposées à des retombées radioactives lors de essais atmosphériques (1966-1974)⁶.

2. L'existence de travaux et de publications scientifiques réalisés depuis la fin des années 1990, concernant le concept biologique « d'*instabilité génétique* »⁷, et mettant en évidence « l'aggravation » de ce phénomène, en cas d'irradiation des cellules germinales (cellules souches des gamètes) d'organismes vivants (mammifères, animaux, insectes et plantes) ; ce phénomène, *affectant la descendance de sujets irradiés*⁸, semble survenir dans différents contextes dans le cadre du « fait nucléaire », et pourrait constituer une pathologie épigénétique transgénérationnelle induite, possiblement à l'origine de nos tableaux cliniques de TED avec « signature étiologique génétique » (présence de dysmorphies, d'anomalies morphologiques et/ou retards mentaux).

⁶ Il est désormais établi, après des décennies de mensonges et de dissimulation par les autorités militaires françaises, que toutes les îles et atolls des 5 archipels de Polynésie française ont été concernés, de façon variable selon ces îles, par des retombées des nuages radioactifs issus des 45 essais nucléaires atmosphériques, entre 1966 et 1974.

⁷ Cf Bibliographie.

⁸ NIWA O. : Induced genomic instability in irradiated germ cells and in the offspring; reconciling discrepancies among the human and animal studies, *Oncogene*, 2003, 22, 7078-7086.
BOREHAM D.R., DOLLING J.-A., SOMERS C., QUINN J., MITCHEL R.E. : The adaptative response and protection against heritable mutations and foetal malformation, *Dose-Response*, 2006, 4, (4), 317-326.

Les « **faits nucléaires** » concernés par ces observations sont les suivants :

- **Essais nucléaires militaires anglais** (21 au dessus de l'île de Montebello, à l'ouest de l'Australie, de Maralinga et Emu Field en Australie méridionale, et Christmas aux Kiribati) **et américains**⁹ (106, au dessus des atolls de Bikini, Enewetak, Johnston, et Christmas) dans le Pacifique à la fin des années 1950 (Etudes néo-zélandaises¹⁰, australiennes¹¹ et Green Audit¹²).
- **Explosions nucléaires d'Hiroshima et Nagasaki** (1945)¹³

⁹ BUSBY C. : The health effects of exposures to radioactivity from the US Pacific Nuclear Tests in the Marshall Is. - Criticisms of the analysis of Simon et al 2010 : Radiation doses and cancer risks in the Marshall Islands associated with exposure to radioactive fallout from Bikini and Enewetak Nuclear Weapons Tests and supporting documentation, Occasional Paper 2012/6, Aberystwyth UK: Green Audit, May 2012.

¹⁰ AL ROWLAND R.E. et all. : Elevated chromosome translocation frequencies in New Zealand nuclear test veterans, *Institute of Bioscience*, Palmerston North, 2008.

ROFF S.R. : Mortality and morbidity of members of the British Nuclear Veterans Association and the New Zealand Nuclear Tests Veterans Association and their families, *Med Confl Surviv*, 1999, 15 suppl I:i-ix, I-51.

ROFF R.S. : Mortalité et morbidité parmi les enfants et petits-enfants des membres de l'association des vétérans des essais nucléaires britanniques, *Damoclès Hors-Série*, n°1/2000.

¹¹ CARTER M., ROBOTHAM F., WISE K., WILLIAMS G., CROUCH P. : Australian participants in British nuclear tests in Australia, May 2006, *Departement of Veterans'Affairs*, Canberra. Vol 1 : Dosimetry.

GUN R., PARSONS J., RYAN P., CROUCH P., HILLER J. : Australian participants in British nuclear tests in Australia, May 2006, *Departement of Veterans'Affairs*, Canberra. Vol 2 : Mortality and cancer incidence.

¹² BUSBY C., de MESSIERES M. : Child Health Study 2007, *British Nuclear Test Veteran's Association / Green Audit, ..Preliminary Analysis*, Report 2007/5,

<http://www.llrc.org/epidemiology/subtopic/testvetrept.pdf>
http://www.greenaudit.org/new_page_6.htm

BUSBY C., de MESSIERES M. : Miscarriages and congenital conditions in offspring of the British Nuclear Atmospheric test Program. *Epidemiology* (Sunnyvale), 2014, 4:4 .
<http://dx.doi.org/10.4172/2161-1165.1000172>

¹³ Radiation Effects Research Foundation : a brief description. Téléchargeable à :
http://www.rerf.jp/shared/briefdescript/briefdescript_e.pdf

KODAMA K. et al : Long term health consequences of atomic bomb radiation, RERF, Life Span Study, *Int Congress Ser*, 2007, 1299, 73-80.

COLOGNE J.B., PRESTON D.L. : Longevity of atomic-bomb survivors, *Lancet*, 2000, 356, 303-307.

OZASA K., SHIMIZU Y., SUYAMA A., KASAGI F., KODAMA K. : Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003 : an overview of cancer and noncancer diseases, *Radiat Research*, 2012, 177, 229-43.

NEEL J.V., SCHULL W.J., AWA A.A. et al : The children of parents exposed to atomic bombs : estimates of the genetic doubling dose of radiations for humans, *American Journal of Human Genetic*, 1990, 46, 1053-1041.

SATO C., KODAIRA M., NEEL J.V. et al : Genetic analysis of children of atomic bomb survivors, *Environmental Health Perspectives*, 1996, 104, 511-519.

OSAKA K., SHIMIZU Y., SUYAMA A et al. : Studies of the mortality of atomic bomb survivors, report 14, 1950-2003 : an overview of cancer and non cancer diseases, *Radiation Research*, 2012, 177, (3), 229-243.

LITTLE M.P. : Risks associated with ionizing radiation, *British Medical Bulletin*, 2003, 68, 259-75.

LITTLE M.P. : Cancer and non-cancer effects in Japanese atomic bomb survivors, *Journal of Radiological Protection*, 2009, 29 (2A), 43-59.

- **Utilisation militaire de munitions à l'« Uranium appauvri »** : Kosovo et Serbie¹⁴ (1999), Irak (1ere (1991) et 2e Guerre du Golfe (2004, Fallujah)¹⁵), Bande de Gaza (Opération « Plomb durci », 2008-2009), Guerre en Lybie (2011, Bombardement de Tripoli), Guerre contre Daesh¹⁶ ...).¹⁷
- **Accidents nucléaires industriels** (Three Mile Island (1979)¹⁸ , Windscale/Sellafield (1957 - 2005)¹⁹, Tchernobyl (1986)²⁰, Fukushima (2011)²¹ ...).

FURITSU K. : Témoignage « L'expérience japonaise d'Hiroshima et de Nagasaki » in: *Tribunal permanent des peuples, Commission Internationale de Tchernobyl, Conséquences sur l'environnement, la santé et les droits de la personne, Ecodif, 107 av. Parmentier 75011 Paris* (publié en anglais, français, russe, ukrainien et allemand), Vienne, p.158-161, 12-15 avril 1996.

¹⁴ BUSBY C. : Depleted Uranium in Kosovo – Green Audit, www.greenaudit.org, 2001.

<http://www.sortirdunucleaire.org/Serbie-les-consequences-des>
<https://francais.rt.com/international/39714-serbie-uranium-appauvri-plainte-avocats-otan>

¹⁵ BUSBY C., HAMDAN M., ARIABI E. : Cancer, Infant mortality and birth sex-ratio in Fallujah, Iraq 2005-2009, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2010, 7, 7, 2828-2837. (Pubmed PMC2922729).

<https://blogs.mediapart.fr/kakadoundiaye/blog/150613/uranium-appauvri-un-vrai-scandale-une-vraie-horreur>

<http://regardsurlafrique.com/le-rapport-cache-de-loms-sur-les-crimes-us-en-irak/>

¹⁶ <http://lesoufflecestmavie.e.l.f.unblog.fr/files/2013/11/rapports-militaires-sur-luranium-appauvri.pdf>

¹⁷ BARRILLOT B. : Uranium appauvri. Un dossier explosif, éd. *Observatoire des Armements*, 2001, 125 p.

¹⁸ American Nuclear Association : What happened and what didn't in the TMI-2 Accident, 2008.

HATCH M.C. et al. : Cancer near the Three Mile Island Nuclear Plant : Radiation Emissions, *American Journal of Epidemiology*, 1990, 132, (3), 397-412.

HATCH M.C. et al. : Cancer rates after the Three Mile Island nuclear accident and proximity of residence to the plant, *American Journal of Public Health*, 1991, 81, 6, 719-724.

HOLZMAN : Cancer and Three Mile Island, *Environmental Health Perspectives*, 2003, 111, 3, 166-167.

WING S., RICHARDSON D., ARMSTRONG D., CRAWFORD D. : A reevaluation of cancer incidence near the Three Mile Island nuclear plant : the collision of evidence and assumptions, *Environmental Health Perspectives*, 1997, 105, 1, 52-57.

WING S., RICHARDSON D. : Collision of Evidence and Assumptions : TMI Déjà View, *Environmental Health Perspectives*, 2000, 108, 12.

NEWMAN A. : In Baby Teeth, a Test of Fallout ; A Long-shot Search for Nuclear Peril in Molars and Cuspids, *The New York Times*, 11 novembre 2003.

MANGANO J. : Three Mile Island : Health study meltdown, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 2004, 60 (5), 31-35.

FIELD R.W. : Three Mile Island epidemiologic radiation dose assessment revisited : 25 years after the accident, *Radiation Protection Dosimetry*, 2005, 113, 2, 214-217.

¹⁹ GARDNER M.J. et al : Follow up of children born to mothers resident in Seascale West Cumbria (birth cohort), *BMJ*, 1987, 295, 822-827.

GARDNER M.J. et al : Results of a case-control study of leukemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear processing plant in West Cumbria, *BMJ*, 1990, 300, 423-429.

GARDNER M.J. et al : Father's occupational exposure to radiation and the raised level of childhood leukemia near the Sellafield nuclear plant, *Environ Health Perspect*, 1991, 94, 5-7.

²⁰ YABLOKOV A.V., NESTERENKO V.B., NESTERENKO A.V. : Chernobyl. Consequences of the Catastrophe for People and the Environment, *The New York Academy of Sciences (NYAS)*, 2009.

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Chernobyl_Consequences_of_the_catastrophe_for_people_and_the_environment.pdf

Ces phénomènes sont également étudiés *in vitro*²² : la survenue d'une cancérogénèse sur des cellules irradiées, dans des expérimentations en laboratoire, ainsi que la transmission d'anomalies génétiques secondairement à l'irradiation de cellules souches a été maintes fois démontrée, et l'illustration la plus évidente de ce phénomène, (particulièrement concernant la cancérogénèse) consiste en l'apparition de tumeurs « à distance » par effet « by-stander », secondairement à des radiothérapies.

Aujourd'hui, il est plus que probable, comme dans les situations énumérées ci-dessus, que l'on a pu rencontrer, dans les services de santé de Polynésie Française (dont le Service de Pédiopsychiatrie du CHPF), des cas d'enfants de la 3^o génération présentant des **Troubles Envahissants du**

DUBROVA Y.E., NESTEROV V.N. et al : Human minisatellite mutation rate after the Chernobyl accident, *Nature*, 1996, 380, 683-686.

DUBROVA Y.E. : Further evidence for the elevated human minisatellite mutation rate in Belarus, eight years after the Chernobyl accident, *Mutation Research*, 1997, 381, 267-278.

DUBROVA Y.E. et al : Radiation-induced germline instability at minisatellite loci, *Int J Radiat Biol*, 1998, 74, 689-696.

DUBROVA Y.E. et al : Elevated minisatellite mutation rate in post-Chernobyl families from Ukraine, *American Journal of Human Genetic*, 2002, 71, 801-809.

DUBROVA Y.E. : Genomic Instability in the Offspring of Irradiated Parents. Facts and Interpretations, *Russian Journal of Genetics*, 2006, 42, 10, 1116-1126.

AGHAJANYAN A., SUSKOV I.I. : Transgenerational genomic instability in children of irradiated parents as a result of the Chernobyl Nuclear accident, *Mutation Research*, 2009, 671, 52-57.

AGHAJANYAN A., SUSKOV I.I. : Genomic instability in children born after the Chernobyl nuclear accident (in vivo and in vitro studies), *Russian Journal of Genetics*, 2010, Vol 46, 6, 740-749.

AGHAJANYAN A. et al : Analysis of genomic instability in the offspring of fathers exposed to low doses of ionizing radiation, *Environmental Mol. Mutagen*, 2011.

GRES N., SLOBOZHANINA E.I., BASYLCHICK S.V., LAPTENOK S.A. : Health problems in children of liquidators, in IPPNW : Health of Liquidators (Clean-Up Workers), 20 Years after the Chernobyl Explosion, 2005, November 12, Bern, Switzerland.

CARDIS E. et coll : Cancer consequences of the Chernobyl accident : 20 years on, *Journal of Radiological Protection*, 2006, 26, 2.

CARDIS E. : Current status and epidemiological research needs for achieving a better understanding of the consequences of the Chernobyl accident, *Health Phys*, 2007, 93, 5, 542-546.

BAVERSTOCK K., WILLIAMS D. : The Chernobyl accident 20 years on : an assessment of the health consequences and the international response, *Environmental Health Perspectives*, 2006, 114, 9, 1312-1317.

BALEVA L.S., SUKHORUKOV V.S., SIPYAGINA A.E., KARAKHAN N.M., VORONKOVA A.S., SADYKOV A.R. : The role of instability and expression of the P53 protein gen network in the processes of oncogenesis in first and second generation children living in radioactively contaminated areas, *Rost Vestn Perinatol I Pediatr*, 2017, 62, 1, 81-86.

²¹ FAIRLIE I. : Fukushima : the crisis continues, www.ianfairlie.com
www.strahlentelex.de/Infant_mortality_in_Japan_after_Fukushima.pdf

TSUBOKURA M., GILMOUR S., TAKAHASHI K. et coll : Internal radiation exposure after the Fukushima nuclear power plant disaster, *JAMA*, 2012, 308, 669-70.

²² KO M., LAO Y., KAPADIA R., ELMORE E., REDPATH J.L. : Neoplastic transformation *in vitro* by low doses of ionizing radiation : Role of adaptive response and bystander effects, *Mutation Research / Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2006, 597, 1-2, 11-17.

BARBER R., PLUMB M.A., DUBROVA Y.E. et al : Elevated mutation rates in the germ line of first and second generation offspring in irradiated male mice, *PNAS Proc Natl Acad Sci*, 2002, 99, 6877-6882.

BAULCH J.E., MORGAN W.F. et al : Genetic and epigenetic changes in chromosomally stable and unstable progeny of irradiated cells, *PLOS One*, 2014, 9, 9, 13p.

Développement²³, des **Retards mentaux** et des **anomalies génétiques**, qui sont probablement en lien avec l'irradiation de leurs grands parents ayant travaillé pour le CEP lors des essais nucléaires atmosphériques des années 60-70²⁴.

L'objectif de cette étude consiste donc à permettre la caractérisation d'effets génétiques délétères (en lien avec l'augmentation de l'instabilité génétique), chez les descendants, sur plusieurs générations, des « vétérans » du Centre d'Expérimentation du Pacifique, à l'instar des études conduites en Russie²⁵, sur la descendance des vétérans des Essais nucléaires anglais et américains²⁶, ou chez les enfants des survivants d'Hiroshima²⁷, lorsque ces enfants et petits enfants présentent un Trouble Envahissant du Développement, éventuellement associé à des anomalies morphologiques.

Deux questions connexes peuvent alors s'énoncer :

- *d'une part, comment faire la « preuve scientifique » de la relation de causalité toxique épigénétique entre les altérations du développement neuropsychique des enfants, et l'exposition des grands-parents de ces enfants à des radiations ionisantes, soit dans le cadre de l'activité du CEP, soit à l'occasion d'une contamination par des retombées nucléaires des essais atmosphériques des années 1966-1974 (350 retombées sur les îles et atolls des 5 archipels, identifiées sur les documents militaires déclassifiés en 2016).*
- *et d'autre part, comment est-il possible de comprendre ou d'expliquer l'absence d'études médicales sur ce sujet en Polynésie française, qu'il s'agissent d'études épidémiologiques, statistiques, ou d'études génétiques ciblées (à l'inverse de ce qui se passe dans les exemples cités plus haut), ainsi que les difficultés et les obstacles qui ont été mis sur le chemin des différents projets d'études proposés jusqu'ici, dont la notre ; cette question fait d'objet d'un travail d'enquête psycho-sociologique mené en parallèle par des psychologues de notre service.*

²³ Ces troubles sont définis par la *Classification internationale des maladies (CIM-10)*. Les catégories diagnostiques retenues incluent : autisme (autisme infantile, autisme atypique), syndrome de Rett, trouble désintégratif de l'enfance, syndrome d'Asperger, trouble envahissant du développement non spécifié, dysharmonies dévolutives. Le terme de trouble envahissant du développement fait référence à différents troubles : c'est pourquoi il correspond plutôt à une catégorie de diagnostic et non à un diagnostic spécifique.

²⁴ CEP = 193 Essais nucléaires : de 1966 à 1974, 41 +5 explosions atmosphériques, et de 1974 à 1996 : 152 essais souterrains.

²⁵ DUBROVA Y.E, BERSIMBAEV R.I. et al : Nuclear weapons tests and human germline mutation rate, *Science*, 2002, 295, 1037.

²⁶ BUSBY C., de MESSIERES M. : Child Health Study 2007, *British Nuclear Test Veteran's Association / Green Audit, ..Preliminary Analysis, Report 2007/5*, <http://www.llrc.org/epidemiology/subtopic/testvetrept.pdf>
http://www.greenaudit.org/new_page_6.htm

BUSBY C., de MESSIERES M. : Miscarriages and congenital conditions in offspring of the British Nuclear Atmospheric test Program. *Epidemiology (Sunnyvale)*, 2014, 4:4 .

²⁷ SATOH C., KODAIRA M., NEEL J.V. et al : Genetic analysis of children of atomic bomb survivors, *Environmental Health Perspectives*, 1996, 104, 511-519.

L'absence de constitution, en Polynésie française, d'un « **registre des malformations** », par exemple, est particulièrement étonnant, au même titre que le fait qu'il aura fallu attendre la fin des années 1985, pour qu'un « **registre des cancers** »²⁸ soit constitué (par des médecins polynésiens soutenus par des cancérologues de Nouvelle-Zélande, compte tenu de l'absence de collaboration avec le Service de Santé de L'Armée, qui gérait la Santé en Polynésie française jusqu'à « l'Autonomie » en 1984)²⁹, et que des dossiers de reconnaissance de pathologies radio-induites, pouvant donner lieu à indemnisation, soient enfin constitués³⁰, et pris en compte par les tribunaux, au fur et à mesure des lentes et progressives « ouvertures » permises par les versions successives de la loi Morin d'indemnisation.

²⁸ RIO B., HEUBERGER L., SOUBIRAN G., ZITTOUN R., MARIE J.P. : Incidence rates of leukemia in French Polynesia, *International Journal of Cancer*, 2011, 10.

²⁹ <http://www.moruroa.org/Texte.aspx?t=153>

³⁰ Pour mémoire, alors que plusieurs dizaines de milliers de personnels civils et militaires ont été impliqués de près ou de loin dans les activités du CEP (plus de 100 000 personnes entre 1966-1996), seuls une trentaine vétérans ont obtenu à ce jour, par voie judiciaire, une reconnaissance de leur préjudice de santé radio-induit, et un droit à indemnisation.

Méthodologie de l'étude :

Notre travail prend pour base des observations cliniques, issues de notre activité de consultation de pédopsychiatrie de secteur, en précisant, au travers d'une recherche anamnétique³¹ individuelle et familiale, et d'un certain nombre d'examen complémentaires (IRM, EEG, bilans génétiques standards...), le ou les diagnostics associés, et en essayant d'envisager cliniquement, la part respective des étiologies physiologiques (organiques ou « lésionnelles »), et des agents causaux psycho-affectifs « familiaux », contextuels de ces troubles du développement (dans ses différentes dimensions psycho-affectives, psychomotrices, cognitives, relationnelles, comportementales et des apprentissages), lorsque ces dimensions peuvent être analysées de façon précise, probable ou plausible.

C'est en lien avec nos expériences cliniques précédentes, avec une patientèle variée, que nous avons été amené à interroger une possible étiologie génétique particulière vis à vis d'un certain nombre de nos jeunes patients. Ces expériences cliniques se sont déroulées en métropole, aux Antilles françaises, et dans le Nord Caucase, où, dans le cadre d'une mission d'Assistance humanitaire pédopsychiatrique (MDM) en Tchétchénie et Ingouchie, durant les années 1995-1998 (« 1ere Guerre de Tchétchénie »), il nous a été possible de rencontrer, dans les orphelinats de cette région, des enfants présentant des troubles sévères du développement, qui nous ont été « présentés », par nos collègues russes, comme des « enfants de Tchernobyl ».

Dès 2008, un nombre de plus en plus important de jeunes patients, nous ont d'abord été adressés, à l'Etablissement d'Hospitalisation de Jour de Pédopsychiatrie du Centre de la Mère et de l'Enfant de la Direction de la Santé, à Pirae - Tahiti ; puis depuis 2013, c'est aux décours de nos consultations de secteur dans les CMP et les 20 Antennes Médico-Psychologiques que nous avons ouvertes dans les 5 Archipels de Polynésie française, que nous avons rencontré fréquemment des enfants et des adolescents qui présentaient des Troubles Envahissants du Développement, avec une symptomatologie « mixtes » pouvant faire évoquer :

- d'une part des *autismes*, des *psychoses* infantiles, ou des *dysharmonies* de développement cognitives,

³¹ Définition anamnèse : « Reconstitution de l'histoire pathologique d'un malade, au moyen de ses souvenirs et de ceux de son entourage, en vue d'orienter le diagnostic; les données de cette reconstitution ». Ici, la recherche anamnétique, au-delà du sujet patient désigné, remonte aux antécédents familiaux parentaux, et jusqu'au GP (ceux qui ont potentiellement été exposés aux rayonnements ionisants et/ou aux radionucléides inhalés ou ingérés lors des essais nucléaires atmosphériques).

- mais aussi des pathologies de l'ordre du *retard mental* (trouble neurophysiologique du développement, le plus souvent congénital, avec ou sans microdélétion, ou pathologie liée à l'X retrouvées),
- et/ou des *anomalies morphologiques* externes (polydactylies et syndactylies, « faciès étranges », fentes labial ou velo-palatines, anomalies du squelette ou des membres, cryptorchidies, difformités congénitales...) ou internes (communications intracardiaques, sténoses du pylore, ectopies, duplicité ou atrophies des voies urétérales, atrésies ano-rectales ou oesophagiennes, anencéphalies/schizencéphalies³², spina bifida³³...).

Les « diagnostics » habituels « d'élimination », tels *la consanguinité ou l'alcoolisme fœtal*, jusque là appliqués « à tort et à travers » par certains pédiatres polynésiens (et les acteurs médicaux des Services de Santé de l'Armée) ne pouvaient être retenus comme plausibles dans toutes les situations que nous avons rencontrées.

Les deux premières fillettes que nous avons ainsi accueillies à l'Hôpital de Jour, nous avaient été adressées pour « autisme » :

- l'une présentait un retard mental sévère, avec troubles psychomoteurs et trouble majeur de développement du langage (cris et grognements), mais sans aucun trouble de la relation de type autistique, ainsi que des troubles de l'équilibre de type cérébelleux, des troubles urinaires (énurésie) d'origine neuro-physiologiques, et des anomalies morphologies au niveau du faciès. Ses grands parents paternels avaient travaillé au CEP à l'époque des essais atmosphériques, et son père avait présenté, avant l'âge de 40 ans, 2 cancers des os, traités et « guéris ».
Cet enfant, à qui nous avons fait pratiquer un bilan biologique standard, a été la première à montrer parallèlement à son tableau clinique « atypique », des anomalies chromosomiques patentes : « *présence d'1 chromosome 10 remanié porteur (niveau bras long) de l'insertion d'un petit segment chromosomique en excès dont l'origine n'est pas encore précisée ; Formule chromosomique : 46, XX, add (10) (q24.2q25.1) . ishder (10) (wcp10-)* ».
- l'autre enfant présentait une agitation psychomotrice permanente, avec des éléments symptomatiques de type « *syndrome frontal* » (puérité, instabilité psychoaffective et relationnelle, déficit cognitif), un comportement moteur hyperactif et stéréotypé et un retard mental, mais sans élément en faveur d'une dissociation psychotique. Sa mère présentait

³² La *schizencéphalie* est une malformation cérébrale congénitale rare caractérisée par la présence de fentes linéaires dans l'un ou les deux hémisphère(s) du cerveau, s'étendant des ventricules latéraux à la surface externe du cortex et pouvant conduire à une variété de troubles neurologiques tels qu'une épilepsie, des déficits moteurs et un retard psychomoteur.

³³ Le *spina-bifida* est le développement incomplet de la colonne vertébrale. Il s'agit d'une malformation qui survient avant la naissance, causant la paralysie et la perte de sensibilité des membres inférieurs. Le spina-bifida cause également des problèmes de fonctionnement de la vessie et des autres fonctions d'élimination.

une arriération mentale profonde, une microcéphalie et des anomalies morphologiques multiples caractéristiques du « syndrome des filles de Tchernobyl ». Les grands parents maternels ont toujours vécu sur des atolls du sud des Tuamotu. Le « père biologique » était inconnu (probable habitant des Tuamotu ?, ou vétéran du CEP ?).

Pour cette enfant, le bilan génétique standard est revenu dans anomalie, et nous n'avons pas réussi, techniquement, à mettre en place un prélèvement sanguin pour la mère, malgré l'accord de la famille, qui vit dans un petit atoll très peu peuplé et très éloigné de Tahiti, et faute de collaboration satisfaisante avec les services médicaux connaissant cette femme.

- Un troisième enfant, lui aussi adressé par le CAMSP³⁴ pour « autisme », s'est vite avéré, au décours du bilan clinique effectué dans notre Hôpital de Jour, comme présentant un *syndrome de West* « atypique » (spasmes en extension, quelques rares cas évoqués dans la littérature neuropédiatrique). Les deux grands pères avaient travaillé au CEP. Le bilan génétique est revenu avec un résultat « étonnant » : une délétion rarissime (3 cas décrit dans les bases de données à l'échelon mondial) : « présence d'une délétion d'environ 2,74Mb en 9q21.13Q21.2 ».

Nous nous sommes donc très vite retrouvés face à la nécessité d'établir une hypothèse étiologique conséquente, à la fois de la clinique des troubles du développement, et du contexte anamnestique, afin de favoriser au mieux la prise en charge psycho-éducative à mettre en œuvre pour accompagner le développement de ces enfants dans le sens de l'acquisition d'une relative autonomie, et de certaines praxis du quotidien, et de permettre une orientation dans une structure de prise en charge adéquate (Institut Médico-Educatif).

La réponse à la question étiologique qui s'est alors posée à nous, compte tenu de l'absence totale de documentation et de publications médicales sur cette situation de co-occurrence entre les troubles du développement neuropsychiatriques, et une étiologie en lien avec la possible irradiation des grands parents (situation concernant manifestement un nombre conséquent d'enfants polynésiens), consistait donc à lancer une recherche spécifique permettant d'évaluer les risques de transmission héréditaire de caractéristiques génétiques altérées par l'irradiation d'un ou des ascendants, du fait des essais nucléaires.

Depuis 2002, après le colloque « *Essais nucléaires et santé* » où l'étude néo-zélandaise du Professeur Al Rowland³⁵ avait été présentée, l'association Moruroa e Tatou avait déjà tenté de faire réaliser une étude similaire (recherche d'altérations génétiques radio-induites) sur ses adhérents, anciens travailleurs de Moruroa.

Mais le contexte politique polynésien n'avait pas permis jusqu'ici de mener à bien un tel projet et l'instabilité politique de la Polynésie française a constitué,

³⁴ CAMSP = Centre d'Accueil Médico-Social Précoce.

³⁵ AL ROWLAND R.E. et all. : Elevated chromosome translocation frequencies in New Zealand nuclear test veterans, *Institute of Bioscience*, Palmerston North, 2008.

durant une dizaine d'années, un réel handicap pour engager un travail de fond, et à long terme, sur ce sujet.

Au décours du retour en Polynésie de Bruno Barillot, renommé par le Président Edouard Fritsch, responsable de la Délégation au Suivi des Conséquences des Essais Nucléaires (DSCEN), nous avons donc construit, et proposé aux autorités de la Polynésie française, un projet de recherche (janvier 2017) qui avait pour objet la mise en évidence d'une *composante étiologique d'origine génétique radio-induite transgénérationnelle* intéressant notre pratique clinique et thérapeutique, vis à vis de nos patients, enfants et adolescents, présentant un « *Trouble Envahissant du Développement* » (éventuellement associé à des anomalies morphologiques), reçus au sein du Service de Pédopsychiatrie du Centre Hospitalier de Polynésie Française.

La mise en perspective des incidences psychologiques et sociétales des essais nucléaires, dans une perspective « transgénérationnelle », en lien avec les secrets, mensonges, non-dits, rumeurs, croyances, dénis... liés à la dangerosité du fait nucléaire (dialectique « social-collectif/psychisme-individuel »), dans un contexte de « censure » de la pensée et de la parole imposée aux travailleurs du nucléaire et plus largement aux habitants des atolls proche du CEP, ayant une descendance vivant dans les archipels de Polynésie, a constitué le **Volet Psycho-social** de notre travail de recherche (cf Convention N° 00607/ PR /DSCEN du 31 janvier 2017).

Cette étude, qui avait fait l'objet d'une convention officielle avec la Délégation au Suivi des Conséquences des Essais Nucléaires, avant le décès de Bruno Barrillot, et qui a été réalisé au sein de notre service, a été remis à la DSCEN, mais aucune « suite » ne lui a été donnée depuis.

Notre travail a donc tenté, non pas de relever les conséquences des essais nucléaires sur la santé des enfants, en ce qui concerne les pathologies tumorales (leucémie, et cancers thyroïdiens, osseux, etc ...) et les autres pathologies radio-induites « primaires » (cataractes, dégénérescences cutanées secondaires à des brûlures radiologiques, troubles cardio vasculaires, pathologies immunitaires, troubles métaboliques...), mais de cerner la question des anomalies du développement neuro-physiologiques, à l'origine de troubles du développement psychomoteur, affectif, relationnel et cognitif, du fait de *possibles altérations de la construction du système nerveux central au cours de l'embryogénèse* (altération de la synthèse des protéines neuronales, altération du développement synaptique et de la plasticité neuronale, altération de la physiologie du neurone, des structures mitochondriales, des structures membranaires, en lien avec la transmission transmembranaire des informations, par les échanges ioniques et le fonctionnement des récepteurs aux neuromédiateurs, altération de la physiologie des neuro-hormones...)

Les deux axes de recherche en lien avec notre travail clinique et thérapeutique, devaient être :

- D'une part la mise en évidence, au travers « d'interview » familiales, de la présence des grands parents biologiques (F0) sur le territoire polynésien,

sur certaines îles et atolls particulièrement concernés par des retombées identifiées de nuages radioactifs lors de des explosions atmosphériques, ou de la participation de ces grands parents aux activités civiles ou militaires du CEP entre 1966 et 1974. En outre, il s'agissait également de spécifier l'âge de naissance des parents (antérieure, ou postérieure à la date de fin des essais atmosphériques en 1974), ainsi que les antécédents médicaux des GP, et des parents au regard de la liste des maladies possiblement radio-induites.

- D'autre part, la collaboration avec une équipe de chercheurs en génétique médicale, à même de pouvoir, *pour chacun de nos patients, des membres de leurs fratries (F2) et de leurs ascendants biologiques, (F1) - parents et (F0) - grands-parents, étudier et comparer les mutations des (micro et) minisatellites*, considérées comme de possibles « témoins » de la question de l'instabilité génétique aggravée par le contact des cellules souches grand-parentales avec des rayonnements ou des radionucléides inhalés et/ou ingéré à l'époque des essais atmosphériques.

En effet, même dans les cas les plus « plausibles » d'anomalies génétiques, pouvant être à l'origine du développement altéré de nos petits patients, du fait de l'observation d'anomalies morphologiques, d'anomalies organiques, ou de retard mentaux plus ou moins massifs objectivés par des tests psychotechniques, relativement rares sont les cas où les **tests génétiques standards** (caryotype, observation morphologiques des chromosomes, et recherches de microdélétions (méthode Fish en CGH-Array)...) révèlent la réalité d'une mutation génétique, ou d'une anomalie de transmission chromosomique massive (cf plus loin, tableau des 69 cas).

Notre questionnement porte donc sur cette dimension congénitale, actuellement « mystérieuse » qui, dans certaines de nos situations cliniques, serait éventuellement « fautive », et à même d'expliquer des anomalies de développement, manifestement et cliniquement d'origine « génétique », mais qui ne seraient pas de l'ordre de la mutation telle qu'elle est articulée dans la « génétique mendélienne »³⁶.

³⁶ La génétique mendélienne a pour but d'étudier la transmission des caractères héréditaires de génération en génération.

L'hérédité mendélienne classique ou monogénique est basée sur la transmission d'un seul gène sous un mode dominant, récessif ou lié au chromosome sexuel X (ou Y). Les découvertes sur la structure de l'ADN, le code génétique, le génome et l'observation de caractères et maladies génétiques ne répondant pas aux lois de la génétique formelle (hérédité mendélienne) ont orienté les chercheurs vers la définition d'autres modes de transmission dont ceux reliés à l'hérédité multifactorielle et mitochondriale. Par contre l'hérédité multifactorielle fait appel à la synergie de gènes et facteurs environnementaux. L'hérédité mitochondriale extra nucléaire ne peut-être transmise que par la mère dont les cellules contiennent un nombre variable de mitochondries. Plusieurs facteurs peuvent modifier le phénotype attendu chez un individu. Il est d'ores et déjà acquis que nos connaissances sur le mode de transmission des caractères normaux et des maladies seront décuplées dans un avenir plus ou moins rapproché avec une meilleure compréhension de la structure des gènes, leur rôle et l'interaction des gènes entre eux et avec l'environnement. Par convention, la génération initiale ou génération parentale est dénommée P (F0), les générations suivantes ou générations filiales désignées F1, F2, F3...selon leur ordre d'apparition.

Ce travail de recherche clinique s'est donc élaboré progressivement, au fil des observations médico-psychologiques concernant les enfants pris en charge à l'Hôpital de Jour de Pédopsychiatrie de la Direction de la Santé (2007-2012), puis lors de nos consultations ambulatoires du service de pédopsychiatrie du CHPF (2012-2017), ainsi qu'au travers de la constitution d'un groupe de travail, puis de recherche, soutenu par l'Association Moruroa e Tatou³⁷, et Bruno Barrillot³⁸, expert français du nucléaire³⁹.

Bruno Barrillot a été, en 2005-2006, l'animateur et le rapporteur de la Commission d'Enquête sur les Conséquences des essais nucléaires (CESCEN), qui a pu réaliser un rapport, intitulé « *Les Polynésiens et les essais nucléaires - Indépendance nationale et dépendance polynésienne* », à la demande de l'Assemblée Territoriale de Polynésie française⁴⁰, dirigée à l'époque par le parti Tavini d'Oscar Manutahi Temaru.

Bruno Barrillot avait déjà, durant les années 1990, avec Green Peace, participé à la récolte de témoignages sur les conséquences sanitaires des essais nucléaires en Polynésie. Après son premier séjour de longue durée en Polynésie de 2005 à 2013, comme secrétaire de la Commission de Suivi des Conséquences des Essais Nucléaires mise en place par Oscar Temaru, il a été « débarqué » en juin 2013 par le Président Gaston Flosse ⁴¹; il a alors pu travailler avec le sénateur Ricard Tuheiava, sur des motions déposées à l'ONU par le Parti Tavini Huiraaatira « indépendantiste » (le seul parti politique qui, aujourd'hui, défend clairement le besoin de faire la lumière sur les conséquences sanitaires des essais nucléaires français dans le Pacifique,) puis il est revenu en Polynésie, en 2015, à son poste de responsable de la DSCEN, Délégation Gouvernementale au Suivi des Conséquences des Essais Nucléaires, à la demande du nouveau Président, Edouard Fritsch, jusqu'à son décès survenu le 25 mars 2017⁴².

³⁷ John DOOM (décédé en décembre 2016), et Roland OLDHAM, que nous remercions pour leurs conseils, et leurs témoignages.

³⁸ BARRILLOT B. : *Quelle Justice pour les victimes des essais nucléaires ?*, éd. AVEN, Observatoire des Armements, Moruroa e Tatou, 2001, 142 p.

BARRILLOT B. : *Les irradiés de la République*, Editions Complexe, 2003.

BARRILLOT B. : *Victimes des essais nucléaires français, histoire d'un combat*, éd. Observatoire des Armements, 2010, 200 p.

BARRILLOT B. : *Essais nucléaires français : l'héritage empoisonné*, éd. Observatoire des Armements, 2012, 320 p.

BARRILLOT B. : *Essais nucléaires : les atteintes aux enfants*, *Les notes de l'Observatoire, Revue de l'Observatoire des Armements*, 2016, 4, 1-13.

³⁹ Bruno Barrillot : directeur de recherche au Centre de Documentation et de Recherche sur la Paix et les Conflits, créé en 1984, et devenu, en 2008, l'ONG « Observatoire des armements », à Lyon, <http://www.obsarm.org>

⁴⁰ *Les Polynésiens et les essais nucléaires*, CESCEN, 2006, *Délibération N°2005-072/APF du 15 juillet 2005, JOPF du 28 juillet 2005*.

⁴¹ <http://www.obsarm.org/spip.php?article205>

⁴² <http://www.obsarm.org/spip.php?article288>

Bruno Barrillot étant de longue date en rapport avec le docteur Katsumi Furitsu⁴³, célèbre généticienne et activiste japonaise, connue pour ses travaux sur les survivants des explosions nucléaires de Hiroshima et Nagasaki, et fondatrice du *Chernobyl Relief Group of Kansai*, nous avons donc tenté de coupler notre recherche avec celle de son équipe, un premier contact a été établi en 2016, à Papeete, à l'époque de la Commémoration du 50) anniversaire du premier essai nucléaire français dans le Pacifique.

Nous pensions donc que le fait d'être en lien avec une équipe ayant déjà travaillé sur la questions de la transmission des mutations des minisatellites (cf plus loin), au travers de recherche concernant la descendance des « liquidateurs » de Tchernobyl⁴⁴, allait nous permettre d'explicitier un certain nombre de « *dimensions génétiques possiblement radio-induites* », dans certaines de nos situations cliniques, à même de « signer » l'origine toxique épigénétique induite des troubles du développement, par une autre approche que celle de la génétique standard.

Il était donc tentant de faire une « alliance » entre deux recherches aux méthodologies différentes, par des équipes de cultures scientifiques différentes, mais pouvant définir une « intersection » d'objectifs communs.

Nous reviendrons à la fin de ce rapport sur le « controverse » qui est apparu entre nos deux équipes, quant à la définition du « groupe témoin », à la prégnance de cet aspect technique dans le cadre de l'étude proposée par nos collègues japonais, et notre propre appréciation de la faisabilité de ce type d'étude (« *Case control study* ») dans le contexte particulier de la Polynésie française.

Nous reviendrons également, sur cette question plus générale de la constitution d'un « groupe contrôle », dimension « scientifique » nécessaire aux actuelles enquêtes « médicales » qui ont pour objectif de produire des « preuves » (qu'il s'agisse de l'efficacité d'une substance pharmacologique, ou des études quant à l'étiologie de différents facteurs de risque, ou causalistes vis à vis de pathologies).

⁴³ FURITSU K. : Nuclear Free Future, 2012.

<http://www.nuclear-free-future.com/en/laureates/laureates/katsumi-furitsu/>

FURITSU K. : Chernobyl Congress, 2013.

http://www.chernobylcongress.org/fileadmin/user_upload/Arnoldshain_Doku/IPPNW_Germany_2014_final_K.Furitsu.pdf

FURITSU K. : Témoignage « L'expérience japonaise d'Hiroshima et de Nagasaki » in: *Tribunal permanent des peuples, Commission Internationale de Tchernobyl, Conséquences sur l'environnement, la santé et les droits de la personne, Ecodif, 107 av. Parmentier 75011 Paris* (publié en anglais, français, russe, ukrainien et allemand), Vienne, p.158-161 ,12-15 avril 1996.

⁴⁴ NOMURA T. : Transgenerational carcinogenesis: induction and transmission of genetic alterations and mechanisms of carcinogenesis, *Mutation Research*, 2003, 544, 425-432.

NOMURA T., NAKAJIMA H., RYO H., LI L.Y., FUKUDOME Y., ADACHI S., GOTOH H., TANAKA H. : Transgenerational transmission of radiation- and chemically induced tumors and congenital anomalies in mice: studies of their possible relationship to induced chromosomal and molecular changes, *Cytogenet Genome Res*, 2004, 104, 252-260.

FURITSU K., RYO H., YELISEEVA K. et al : Microsatellite mutations show no increases in the children of the Chernobyl liquidators, *Mutation Research*, 2005, 581, 69-82.

Mais, selon nous, dans le contexte spécifique lié aux pathologies génétiques, et à la population concernée, cette « nécessité scientifique » reste non seulement problématique à constituer, mais aussi tout à fait « discutable » : cette dimension « d'obligation scientifique » qui s'imposerait sans que soit pris en compte le contexte, et la temporalité de réalisations d'études spécifiques en Polynésie française, est totalement discutable sur un plan épistémologique ; en effet, dans le contexte de résistance, de réticence, voir même de déni, qui caractérise la question des pathologies transgénérationnelles « radio-induites » en Polynésie (que se soit sur le plan des institutions sanitaires, des discours politiques, et de l'absence totale d'intérêt et de connaissances sur le sujet dans la majeure partie de la communauté médicale, et de la population locale), la possibilité *in situ*, quant à la faisabilité d'études scientifiques inspirées des « conditions de laboratoire », est encore très loin de pouvoir être réalisée en Polynésie française.

Cette « différence d'appréciation », qui devait être travaillée pour pouvoir être « dépassée », au décours d'une rencontre entre nos deux équipes, avec Bruno Barrillot, en mai 2017, n'a pas pu être, en l'état, surmontée, du fait du « coup d'arrêt » instauré par le Gouvernement polynésien vis de cette recherche, au travers de la mise en place d'une nouvelle responsable de la DSCEN, qui a clairement instrumentalisé cette « controverse scientifique », concomitamment du décès de Bruno Barrillot, pour empêcher la poursuite de cette recherche.

Ce travail de recherche avait été pensé, organisé et conduit en étroite collaboration avec Bruno Barrillot⁴⁵, mais il n'avait pas encore été « formalisée » sur un plan conventionnel et financier, puisqu'il se développait jusque là au sein du Service de pédopsychiatrie du CHPF, et au travers de l'activité personnelle de Bruno Barrillot, es qualité de « responsable de la DSCEN ».

Ce « coup d'arrêt » a donc été acté par les autorités polynésiennes, dès le décès de cet expert renommé et indiscutable de cette question des conséquences sanitaires des essais nucléaires français du CEP, décès qui a suivi de quelques mois celui d'un autre remarquable militant engagé depuis plus de 50 contre les essais nucléaires, le diacre John Doom, fondateur de Moruroa et Tatou⁴⁶.

Les psychiatres et psychologues du Service de pédopsychiatrie de Polynésie française, ne peuvent s'empêcher « d'interpréter » cette situation comme un stigmate du « refoulement » et de « l'interdit » toujours à l'œuvre en Polynésie, chez les acteurs politiques et sanitaire locaux, manifestement toujours englués dans une position infantile de soumission et de dépendance au « pouvoir nucléaire colonial d'état ».

⁴⁵ http://www.obsarm.org/IMG/pdf/notes_no_4-2016_ge_ne_ration_bombe.pdf

⁴⁶ <http://www.obsarm.org/spip.php?article284>

Données radiobiologiques sur la toxicité du « fait nucléaire »

« Au lendemain de la première guerre mondiale, c'est-à-dire vingt ans à peine après la découverte de la radioactivité naturelle, la communauté scientifique et médicale disposait d'éléments suffisants pour considérer la nocivité de l'accumulation des doses de rayonnement comme un fait solidement établi. »⁴⁷

« Un **rayonnement ionisant** est un rayonnement électromagnétique ou corpusculaire capable de produire directement ou indirectement des ions (une ionisation, consiste à créer des atomes ou des molécules de charge électrique positive ou négative) lors de son passage à travers la matière.

Pour les organismes vivants, les rayonnements ionisants sont nocifs, et même mortels en cas de dose élevée. Les rayons ionisants sont de natures et de sources variées, leurs propriétés dépendent de la nature des particules constitutives du rayonnement (« radionucléides ») et de leur énergie. »⁴⁸

« Les principaux rayonnements ionisants sont :

- *Particules alpha* : noyaux d'hélium ; Pénétration faible. Les particules α sont émises à une vitesse avoisinant les 16 000 km/h. Cependant étant lourdes et chargées électriquement, elles sont arrêtées très facilement et rapidement par les champs électromagnétiques et les atomes composant la matière environnante. Une simple feuille de papier suffit à arrêter ces particules. Pour se protéger, il importe avant tout que le corps émetteur du rayonnement alpha ne soit pas ingurgité.
- *Particules bêta* :
 - *Particules β^- : électrons* ; Pénétration moyenne. Les particules β^- sont des électrons. Ces derniers sont émis avec des énergies allant de quelques keV à quelques MeV. Ils peuvent donc atteindre des vitesses élevées souvent relativistes. Cependant, chargés électriquement, ils vont être arrêtés par la matière et les champs électromagnétiques environnants. Une feuille d'aluminium de quelques millimètres peut arrêter les électrons. Un écran d'un centimètre de plexiglas arrête toutes les particules bêta d'énergie inférieure à 2 MeV. Pour se protéger, il importe avant tout que le corps émetteur du rayonnement bêta ne soit pas ingurgité.
 - *Particules β^+ : positrons* ; la pénétration est semblable à celle des électrons. Mais à la fin de son parcours, un positron s'annihile avec un électron rencontré sur son passage en formant deux photons gamma de 511 keV chacun, émis à 180° l'un de l'autre, ce qui ramène le problème au cas du rayonnement gamma.
- *Rayonnements X et gamma* : Pénétration très grande, fonction de l'énergie du rayonnement et de la nature du milieu traversé. Chaque matériau est ainsi caractérisé par une couche de demi-atténuation qui dépend de sa nature, du type de rayonnement et de l'énergie du rayonnement. La couche de demi-atténuation (ou épaisseur moitié) est l'épaisseur nécessaire pour réduire de moitié la valeur du débit de dose de rayonnements X ou γ . On définit selon le même principe une épaisseur dixième, qui ne laisse passer que 10 % du débit de dose ; par exemple, en radioprotection, un écran dixième en plomb (matière très utilisée car très efficace) a une épaisseur de 50 mm.
- *Neutrons* : Le neutron n'étant pas chargé, il ne produit pas d'ionisations en traversant la matière. Les neutrons libres ne forment donc pas un rayonnement ionisant, mais en provoquant des fissions nucléaires, ils peuvent générer des rayonnements ionisants. Les neutrons libres sont surtout présents dans les réacteurs nucléaires ; ils sont émis, par

⁴⁷ DESBORDES J.P. : Atomic Park, Actes Sud, 2006.

⁴⁸ https://fr.wikipedia.org/wiki/Rayonnement_ionisant

exemple, lors de la fission d'atomes d'uranium 235. Ils sont indirectement ionisants car c'est leur capture par les noyaux ou leur interaction avec ceux-ci qui génère des rayonnements gamma et/ou diverses particules. Les neutrons sont aussi présents aux altitudes de vol des avions long-courrier et subsoniques : ils participent à 30 % de la dose reçue par le personnel navigant. »

« Les interactions des radionucléides et éléments traces avec les organismes vivant, résultent du couplage de processus chimiques, biochimiques, biologiques et physiques, aucun d'entre eux ne pouvant être négligés. »⁴⁹

La pathologie liée au contact entre un organisme vivant et ces radionucléides découle des interactions au niveau moléculaire (impact sur l'homéostasie redox (réducteur/oxydant) et sur l'ADN) et cellulaire, puis tissulaire sur les grandes fonctions métaboliques.

Les organismes sont en contact avec ces éléments traces via leurs parois cellulaires et leurs membranes plasmiques. La biodisponibilité et la toxicité sont donc gouvernées par les réactions sur les sites de surface et le transport à travers la membrane, via les transporteurs membranaires.

Les différents types de contaminations radioactives en cause dans les conséquences des essais nucléaires français menés au CEP sont de différents types :

1. *L'inhalation* de particules diffusées dans l'air, et *l'ingestion* d'eau ou d'aliments contaminés, à l'époque des essais atmosphériques, par l'iode 131, puis, par la suite, par l'ingestion d'aliments animaux ou végétaux ayant absorbé, ou « stocké » des radionucléides déposés par les retombées radioactives des explosions atmosphériques, ou exsudées des puits de tir sous terrains.

*Il s'agit de **l'exposition interne** (contamination interne) qui est possible lorsque des substances radioactives se trouvent à l'intérieur de l'organisme. Elles ont pu pénétrer par inhalation, par ingestion, par une plaie ou par voie transcutanée, et se distribuent ensuite dans l'organisme. Celles-ci provoquent une irradiation interne. Celle-ci ne cesse que lorsque les substances radioactives ont disparu de l'organisme après un temps plus ou moins long par élimination naturelle, décroissance radioactive, et/ou traitement.*

2. ***L'irradiation externe*** a lieu lorsque le sujet se trouve exposé à des sources de rayonnements qui lui sont extérieures (substances radioactives sous forme de nuage ou de dépôt sur le sol, sources à usage industriel ou médical...). *L'exposition externe peut concerner tout l'organisme ou une partie seulement de celui-ci. Elle cesse dès que l'on n'est plus sur la trajectoire des rayonnements (cas par exemple d'une radiographie du thorax).*

⁴⁹ MENAGER M.-T., GARNIER-LAPLACE J., GOYFFON M. : Toxicologie nucléaire environnementale et humaine, éd. Lavoisier / Editions Médicales Internationales, 748 p.

En Polynésie, elle peut être causée par les dépôts au sol, dans les réserves d'eau, et dans les fonds lagunaires, de césium 137, de strontium, de cobalt, de cadmium de thorium et de radionucléides émettant des rayonnements alpha et gamma ⁵⁰ (américium241 ⁵¹, uranium235, plutonium...) normalement non présents dans la nature.

- a. pour l'iode 131 (émetteur beta et gamma) et le Césium 137, l'impact cellulaire, et sur le génome, est clairement dosimétrique (la toxicité augmente en fonction de la dose absorbée).
- b. pour les radionucléides alpha, les plus récentes recherches montre que, dans ce cas, le « *modèle linéaire sans seuil* »⁵² est clairement inadapté, et que les conséquences génomiques sont constituées par les effets biomoléculaires de l'impact spécifique lié aux « faibles doses »⁵³, infra-délectable, sous forme d'une relation étroite entre une particule de radionucléide, et un système cellulaire et chromosomique précis, entraînant trois types de conséquences

⁵¹ http://www.irsn.fr/EN/Research/publications-documentation/radionuclides-sheets/Documents/Americium_Am241_v1.pdf

⁵² « Le modèle **linéaire sans seuil (LSS**, ou **LNT** Linear No-Threshold en anglais) est un modèle utilisé en *radioprotection* pour fixer la limite réglementaire des expositions admissibles. Le modèle se fonde sur le principe que toutes les doses reçues sont équivalentes, indépendamment du *débit de dose* ou de leur fractionnement. De ce fait, les doses successives reçues dans une année ou au cours d'une vie peuvent être additionnées. » Wikipedia.

Ce modèle conduit naturellement au principe *ALARA* (*As Low As Reasonably Achievable*, aussi faible que raisonnablement atteignable), minimisant les doses reçues par un individu. Il conduit également aux applications très contestées de *dose collective*, où l'effet de très *faibles doses d'irradiation* sur une grande population est calculé de manière linéaire. »

https://fr.wikipedia.org/wiki/Lin%C3%A9aire_sans_seuil

Voir les écrits d'Abraham BEHAR dans la Bibliographie.

⁵³ Cf Wikipedia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Faibles_doses_d'irradiation?wprov=sfti1

Les **faibles doses d'irradiation** désignent en radiobiologie et en physique médicale des expositions à des rayonnements ionisants qui se situent à un niveau faible, de l'ordre du centigray. Ce niveau est très largement inférieur à celui où apparaît un effet déterministe (brûlures, voire syndrome d'irradiation aiguë pour des expositions supérieures au gray). Il est sous les limites actuelles de détection des effets stochastiques (leucémies ou autres formes de cancers, voire peut-être mutations génétiques).

Ce domaine de doses, inférieures à une dizaine de millisieverts par an, correspond à ce que reçoit la plus grande partie de la population, principalement à cause de la radioactivité naturelle (notamment due au radon) et suite aux examens radiologiques, activités de l'industrie nucléaire sur ses travailleurs (et le cas échéant sur les populations en cas d'accident nucléaire). Ceci en fait un sujet polémique, et qui a une incidence sur l'optimisation des politiques de radioprotection et de santé publique.

Globalement, l'effet exact de ces faibles doses d'irradiations, ainsi que la relation dose-effet associée, sont encore des questions ouvertes :

- L'effet macroscopique, pour des expositions inférieures au centigray reste difficile à évaluer. Si elles ont un effet, il ne peut pas être étudié statistiquement par des études épidémiologiques classiques. L'estimation des risques pour ces faibles doses d'irradiation est donc basée sur l'extrapolation des effets cancérogènes observés entre 0,2 et 3 sieverts¹. En outre, cet effet dépend à la fois de la dose reçue et du débit de dose radioactive, d'une manière encore mal comprise.

Quelques exemples d'irradiation de cohorte statistique existent toutefois comme le cas des 10 000 habitants des immeubles contaminés de Taïwan qui constitue un exemple exceptionnel du point de vue de l'étude des faibles doses.

- Au niveau microscopique, pour un rayonnement traversant un tissu biologique, l'effet physique et chimique élémentaire dépend de la nature du rayonnement. Le gray, la grandeur de dose absorbée est l'une des grandeurs physiques en cause (énergie du rayonnement) ; l'effet dépend aussi du type de rayonnement et de contamination (externe, interne ou mixte) ainsi que du nombre et de la vulnérabilité des tissus et cellules traversés et dans une certaine mesure, du hasard. La traduction biologique de cet effet au niveau macroscopique (mesurée en Sievert) est un processus complexe, que l'on commence à peine à découvrir.

(c'est tout autant le rayonnement, et sa nature isotopique, qui va entraîner la toxicité chromosomique ou cellulaires, que la cinétique de sa biodisponibilité et de son élimination) :

- d'une part, des lésions chromosomiques responsables, lors d'altération massives, d'une mort cellulaire de type apoptotique;
- d'autre part, dans le cas de lésions « viables » du génome, à des mutations transmissibles par voie méiose/mitose aux générations suivantes (mutations silencieuses ou ponctuelles, translocations, microdélétions, trisomies, altérations télomériques...)
- et enfin, des altérations biomoléculaires (altération de la synthèse des protéines (transport, stockage et chélation ...), anomalies de la méthylation de l'ADN⁵⁴, altération de la synthèse de protéines (des méthyl-transférases par exemple), de la structure des microsatellites...)

Toutes ces anomalies radio-induites vont être responsables du phénomène **d'instabilité génétique** ⁵⁵, conduisant à une augmentation persistante de la vitesse à laquelle les changements génétiques surviennent dans les descendants des cellules irradiées après de nombreuses générations de réplication.

Ce phénomène est transmissible sur de très nombreuses générations (22, dans le modèle animal étudié par Rosa Goncharova ⁵⁶, concernant différents types d'animaux après l'accident nucléaire de Tchernobyl).

Il a été démontré que même si la vie animale a repris dans les forêts autour de Tchernobyl, le taux de mutation a augmenté dans la plupart des espèces animales, le taux d'anomalies génétiques responsables de morts accélérées ou de maladies létales aussi, et que certaines espèces ont diminuées en termes quantitatifs, ou ont complètement disparues⁵⁷.

⁵⁴ SINGHAL S.K., KOVALCHUK O. et coll. : Toward understanding the breast cancer epigenome : a comparison of genome-wide DNA methylation and gene expression data, *Oncotarget*, 2016, jan19, 7, (3), 3002-3017.

GITSCHER J. : On the track of DNA methylation : an interview with Adrian Bird, *PLoS Genetics*, 2009, 5, 10.

⁵⁵ Cf les travaux de J.B. LITTLE et A.R. KENNEDY, K. BAVERSTOCK, W.F. MORGAN... dans la bibliographie.

OBE B.B., OBE D.G., LITTLE M.P., BOUFFLER S.D. : Evidence for Transgenerational Effects Following Exposure to Ionizing Radiation, *Health Protection Agency, Oxfordshire*, June 2013.

MAVRAGANI I.V., NIKITAKI Z., GEORGAKILAS A.G. et coll : Complex DNA Damage : a Route to Radiation-Induced Genomic Instability and Carcinogenesis, *Cancers*, 2017, 9, 91, 21 pp.

⁵⁶ RYABOKOV N.I., GONCHAROVA R.I. : Transgenerational accumulation of radiation damage in small mammals chronically exposed to Chernobyl fallout, *Radiation and Environmental Biophysics*, 2006, 45, 3, 167-177.

GONCHAROVA R.I. : L'instabilité génétique après Tchernobyl. Pronostic pour les générations futures, *Colloque « Health of Liquidators, 20 Years after the Chernobyl Explosion », PSR/IPPNW Suisse, Bern, 12/11/2005, Abstracts.*

⁵⁷ cf les travaux de Anders MOLLER, Timothy MOUSSEAU et coll. dans la Bibliographie :

MOLLER A.P., KARADA T.A., MOUSSEAU T. : Antioxidants in eggs of great tit, *Parus major*, of Chernobyl and hatching success, *Journal of Comparative Physiology*, 2008, B178, 735-743.

Ces « indicateurs biologiques » recueillis par les biologistes sur la faune vivante, semblent constituer des « éléments de preuve » vis-à-vis de la contamination prolongée par de faibles doses de radioactivité.

L'irradiation à très faibles doses⁵⁸ des cellules germinales des pères exposés en direct à des radionucléides émetteurs alpha, beta et gamma, dans le cadre de leur travail, est de ce registre, et c'est vis-à-vis de ce type de situation, que se situe notre interrogation, face à certaines pathologies développementales infanto-juvéniles qui nous ont amenés en consultation, et particulièrement, lorsque s'associent à des troubles développementaux, des anomalies morphologiques clairement d'origine génétiques...

Notre recherche consiste donc à tenter de mettre en évidence, chez nos jeunes patients, la présence de ce phénomène d'instabilité génétique, pouvant constituer une dimension étiologique causale, à l'origine de dysfonctionnements métaboliques intra-utero, intéressant la « **construction** » **du système nerveux central**, et conduisant à des formes « d'immaturité » de la constitution de certaines fonctions neurophysiologiques, et neurodéveloppementales, entraînant des anomalies du développement psychoaffectif, relationnel et cognitif, à l'origine de ces *Troubles Envahissants du Développement*, (ou *dysharmonies d'évolution neuro-développementales*), par anomalie d'expression du génome, et de la synthèse des protéines cellulaires neuronales, en s'appuyant sur des hypothèses déjà proposées lors d'accidents nucléaires⁵⁹ ou chez la population vivant à proximité des sites d'essais nucléaires.

⁵⁸ LE GUEN B., MASSE R. : Effets des faibles doses, *EMC – Toxicologie – Pathologie professionnelle*, 16-510-A-10.

⁵⁹ CHERCHENKO, A.P. NAGORNY Y.A. & VELICHKO O.N. : Functional disorders of the central nervous system among the 1st and 2nd generation posterity of rats irradiated with Cs137, *Intern. J. Radiation Med.*, 2001, Vol 3 : 1-2, p 26-27.

Evolution de la Radiobiologie et Pathologies génétiques radio-induites ⁶⁰

Différents types de situation peuvent concourir à la production d'anomalie de développement du Système Nerveux Central, eux-mêmes à l'origine de troubles envahissants du développement.

1. Les expositions in Utero:

« L'irradiation in utero pendant la période de développement du SNC est responsable d'altérations doses-dépendantes avec notamment une incidence élevée de retards mentaux sévères comme cela a été observé chez les enfants exposés (au stade fœtal) in utero lors des bombardements atomiques d'Hiroshima et Nagasaki » (...)⁶¹.

Après l'accident de Chernobyl, bien que le niveau de dose d'exposition des mères vivants dans les régions contaminées par de fortes doses de radionucléides « soit nettement plus faible que celui des japonaises en 1945, les études suggèrent l'émergence de désordres cognitifs infantiles, comme l'hyperactivité, les difficultés d'apprentissage scolaire et même une faible diminution du quotient intellectuel. »⁶²

Selon le Pr Michel Fernex⁶³ : « Les mutations ciblées, c'est à dire des altérations des chromosomes ou de leurs gènes, directement touchés par les rayonnements ionisants ou les radicaux libres ou peroxydes qu'ils induisent, augmentent dans les populations irradiées. Les mutations à caractère dominant s'expriment dès la première génération. Elles sont le plus souvent incompatibles avec la survie du fœtus, souvent non décelées, étant à l'origine d'avortements »⁶⁴.

⁶⁰ NAKAMURA N., SUYAMA A., NODA A., KODAMA Y. : Radiation Effects on Human Heredity, *Annual Review of Genetics*, 2013, 47, 33-50.

⁶¹ FLURY-HERARD Anne : Tchernobyl : 25 ans après, quels impacts sanitaires ?, *Prosinfo, Lettre d'Information de l'Unité Prositon, CEA, DSV*, n°8, juin 2011.

NEEL J. : A study of major congenital defects in japanese infants, *American Journal of Human Genetic*, 1958, 10, 398-445.

NEEL J.V., SCHULL W.J. : The children of atomic bomb survivors – a genetic study, *Washington DC, National Academy Press*, 1991, 511 p.

⁶² FLURY-HERARD Anne : Tchernobyl : 25 ans après, quels impacts sanitaires ?, *Prosinfo, Lettre d'Information de l'Unité Prositon, CEA, DSV*, n°8, juin 2011.

⁶³ Michel Fernex, né le 2 avril 1929 à Genève, est professeur émérite de la faculté de médecine de l'université de Bâle.

⁶⁴http://www.lesenfantsdetchernobyl.fr/Telechargements/06_En_savoir_plus/B1_Publications_scientifiques/Malades_irradies_de_Tchernobyl.pdf

BUSBY C., de MESSIERES M. : Miscarriages and congenital conditions in offspring of the British Nuclear Atmospheric test Program. *Epidemiology* (Sunnyvale), 2014, 4:4 .

<http://dx.doi.org/10.4172/2161-1165.1000172>

Les désordres « tératogènes » liés à l'irradiation in utero, ainsi qu'à l'intoxication par ingestion de faibles doses de radionucléides par des mères vivants dans des zones contaminées par des retombées radioactives, ou des pollutions industrielles commencent à être documentés dans différents endroits du monde, mais les seules études épidémiologiques complètes restent actuellement cantonnées à celles effectuées en Russie⁶⁵, Biélorussie⁶⁶, et sur les basses terres de Polésie à Rivne en Ukraine⁶⁷.

Les malformations relevées par le Dr Wladimir Wertelecki à Rivne, sont similaires à celles décrites à Falluja en Irak : ce sont des blastopathies (se produisant avant l'implantation de l'œuf fertilisé ou au début de l'embryogénèse) : jumeaux siamois, tératome sacral, anencéphalie, association anencéphalie⁶⁸-inencéphalie⁶⁹-omphalocèle⁷⁰... Le taux de malformations du SNC (DTN défauts du tube neural, M/M microcéphalie et/ou microphthalmie) dépassait de 58 % le taux de ces pathologies hors Polésie ; pour ce qui est du district d'Ostroh, le taux de DTN-M/M dépassait de 82% celui du reste des zones témoins

⁶⁵ LITTLE J.B. : The Chernobyl accident, congenital anomalies and other reproductive outcomes, *Paediatric Perinat Epidemiology*, 1993, 7, 121-151.

BUSBY C., LENGFELDER E., PFLUGBEIL S., SCHMITZ-FEUERHAKE I.: The evidence of radiation effects in embryos and fetuses exposed to Chernobyl fallout and the question of dose response, *Medicine, Conflict and Survival*, 2009, 25, 1, 20-40.

⁶⁶ LAZJUK G.I., KIRILLOVA I.A., DUBROVA I.E., NOVIKOV A. : Incidence of developmental defects in human embryos in the territory of Belarus after the accident of Chernobyl nuclear power station, *Genetika*, 1994, 30, 9, 1268-1273.

LAZJUK G.I. et al. : Changements dans l'incidence des anomalies héréditaires en République de Belarus après l'accident de Tchernobyl, *Radiation Protection Dosimetry*, 1995, 1/2, 71-74.

LAZJUK G.I., NIKOLAEV, D.L., NOVIKOVA, I.V. : Changes in registered Congenital Anomalies in the Republic of Belarus after the Chernobyl Accident, *Radiation Injury and the Chernobyl Catastrophe, STEM CELLS*, 1997, 15, (2), 255-260.

⁶⁷ DANCAUSE K.N., YEVTUSHOK L., LAPCHENKO S. et al : Chronic radiation exposure in the Rivne-Polissia region of Ukraine : implication for birth defects, *American Journal Hum Biol*, 2010, 22, 5, 667-674.

WERTELECKI W. : Malformations in a Chernobyl-impacted region, *Pediatrics*, 2010, 125, 4, 836-843.

WERTELECKI W. : femmes enceintes ayant reçu de hauts niveaux de Cs-137 et présentant des taux élevés d'anomalies congénitales près de Tchernobyl, in *Actes du Forum Scientifique et Citoyen sur les Effets Génétiques des Rayonnements Ionisants, Collectif Independent WHO – Santé et Nucléaire, Genève, 29 novembre 2014.*

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_novembre2014_French_01.pdf

WERTELECKI W. et al : Blastopathies and microcephaly in a Chernobyl impacted region of Ukraine, *Congenit Anom (Kyoto)*, 2014, 54, 3, 125_149.

⁶⁸ L'anencéphalie est une malformation congénitale du système nerveux central qui découle de l'absence de la fermeture normale du tube neural à l'extrémité antérieure (neuropore céphalique), généralement entre le 23^e et le 26^e jour de la grossesse.

⁶⁹ L'inencéphalie est une malformation rare de la charnière cervico-occipitale qui appartient au spectre des anomalies de fermeture du tube neural.

⁷⁰ L'omphalocèle est une absence de fermeture de la paroi abdominale antérieure du fœtus. Elle se présente comme une hernie plus ou moins large de la paroi ventrale centrée sur le cordon ombilical, où les viscères.

hors Polésie (EUROCAT⁷¹ – Registre de surveillance épidémiologique Européen des Anomalies congénitales)⁷².

Nous avons rencontré en Polynésie française des pathologies similaires : la plupart sont anciennes et rares sont les enfants qui ont survécu avec de telles anomalies ; par contre il existe encore actuellement des cas similaires, généralement dépistés à l'échographie, et donnant lieu à des interruptions médicales de grossesse (fœtus à 5 membres sur une échographie réalisée il y a quelques années à Moorea), anencéphalies, omphalocèles...

Cette situation signe probablement la persistance de contaminations chroniques à de très faibles doses, et/ou les effets de l'instabilité génétique radio-induite ; mais aucun Registre des Malformations in utero et autres « birth defects » n'est tenu en Polynésie française, et on est en droit de se demander quelle est la responsabilité des pédiatres de ce Territoire, et des autorités sanitaires du Pays, dans cette volonté manifeste « de ne pas savoir ».

Deux études indépendantes menées sur les enfants des régions du centre de la Norvège et de la Suède ont montré que ceux qui avaient été exposés in utero aux retombées de Tchernobyl, avaient des facultés mentales amoindries à l'adolescence.

Ces observations concordent avec les recherches financées par la CDBA⁷³ qui démontraient une association des expositions aux rayonnements ionisants à la microcéphalie⁷⁴, ce qui est en accord avec les observations de Wertelecki.⁷⁵

Pour le Pr Yuri Dubrova⁷⁶ en ce qui concerne les populations clairement exposées aux retombées de l'explosion de Tchernobyl, la fréquence des fausses-

⁷¹ ZATSEPIN I. : Current Research on Environmental Pollution and Congenital Anomalies in Belarus, in « *Methodological Approaches to the Assessment of Risk of Congenital Anomaly due to Environmental Pollution* », *Environmental Pollution Workshop*, Eurocat, Budapest, 2007.

⁷² WERTELECKI W. : femmes enceintes ayant reçu de hauts niveaux de Cs-137 et présentant des taux élevés d'anomalies congénitales près de Tchernobyl, in *Actes du Forum Scientifique et Citoyen sur les Effets Génétiques des Rayonnements Ionisants, Collectif Independent WHO – Santé et Nucléaire, Genève, 29 novembre 2014.*
http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_novembre2014_French_01.pdf

⁷³ CDBA = Commission sur les Dommages de la Bombe Atomique, établie par le gouvernement américain pour mener des études sur les impacts des explosions des bombes atomiques d'Hiroshima et Nagasaki.

⁷⁴ ALMOND D. et al : Chernobyl's subclinical legacy : prenatal exposure to radioactive fallout and school outcome in Sweden, *Quart J Econ*, 2009, 124, 1729-1722.
HEIERVANG K. et al : Effects of low dose ionizing radiation exposure in utero on cognitive function in adolescence, *Scandinavian Journal of Psychology*, 2010, 51, 210-215.
SCHULL W.J., OTAKE M. : Cognitive function and prenatal exposure to ionizing radiation, *Teratology*, 1999, 59, 222-226.

⁷⁵ ALMOND D. et al : Chernobyl's subclinical legacy : prenatal exposure to radioactive fallout and school outcome in Sweden, *Quart J Econ*, 2009, 124, 1729-1722.
HEIERVANG K. et al : Effects of low dose ionizing radiation exposure in utero on cognitive function in adolescence, *Scandinavian Journal of Psychology*, 2010, 51, 210-215.
SCHULL W.J., OTAKE M. : Cognitive function and prenatal exposure to ionizing radiation, *Teratology*, 1999, 59, 222-226.

⁷⁶ DUBROVA Y.E. : Résumé des études précédentes et actuelles sur les effets génétiques des rayonnements ionisants, in *Actes du Forum Scientifique et Citoyen sur les Effets Génétiques des*

couches est augmentée en Finlande, mais pas en Suède, en Hongrie et en Autriche. La mortalité périnatale est élevée en Allemagne, mais pas au Belarus, en Hongrie et en Suède. Les malformations embryonnaires à la naissance sont élevées au Belarus, mais pas en Hongrie, en Norvège en Autriche et en Suède. Les trisomies 21 sont plus fréquentes à Berlin-Ouest, en Ecosse et au Belarus, mais pas en Norvège ou en Finlande.

2. L'instabilité génétique⁷⁷ :

Les molécules d'ADN qui sont présentes dans le noyau des cellules portent l'information génétique permettant à nos cellules d'effectuer les différentes tâches nécessaires à notre organisme. Ces cellules sont en perpétuel renouvellement et pour assurer la transmission de l'information génétique aux deux cellules filles, la cellule mère, avant de se diviser, doit répliquer son matériel génétique à l'identique.

Des ADN-polymérases sont impliquées dans cette tâche ; ces enzymes ont une fidélité de recopie imparfaite et des erreurs sont commises tout au long de la molécule d'ADN.

Il existe cependant une variation, dans ce taux d'erreur, qui dépend de la structure de la molécule d'ADN et de l'enchaînement des 4 bases élémentaires qui composent la chaîne d'ADN.

En particulier les séquences répétées, composée d'un, de deux ou de trois nucléotides répétés n fois, sont le siège d'erreurs plus fréquentes lors de la duplication de la molécule d'ADN⁷⁸ ; le nombre de ces répétitions varie alors d'une ou plusieurs répétitions. Ces erreurs sont corrigées par différents systèmes enzymatiques de réparation qui permettent à la cellule mère de transmettre le matériel génétique le plus intact possible aux deux cellules filles afin d'éviter la survenue de mutations qui pourraient entraîner un dysfonctionnement de la cellule.

Un certain nombre de maladies humaines trouvent leur origine dans un dysfonctionnement de ces systèmes de réparation. « *L'instabilité génétique d'une cellule est causée par son incapacité à maintenir son information génétique stable. Cette information est modifiée par des mutations ponctuelles, ou par des gains ou des pertes de portions entières du génome, qui peuvent être des chromosomes entiers* ».

Rayonnements Ionisants, Collectif Independent WHO – Santé et Nucléaire, Genève, 29 novembre 2014.

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_november2014_French_01.pdf

⁷⁷ AVERBECK D. : Effets non ciblés et retardés après exposition aux rayonnements ionisants, Rencontres Nucléaire et Santé, vendredi 30 janvier 2009.

OBE B.B., OBE D.G., LITTLE M.P., BOUFFLER S.D. : Evidence for Transgenerational Effects Following Exposure to Ionizing Radiation, *Health Protection Agency, Oxfordshire*, June 2013.

⁷⁸ il s'agit essentiellement des séquences composant la quasi intégralité des microsatellites, et une partie des minisatellites.

Les *mécanismes de maintenance du génome* permettent d'avoir une fréquence de mutations extrêmement faible dans une cellule normale.

Les mutations constituant un évènement essentiel de l'oncogenèse, une faible fréquence de mutation constitue un facteur limitant la progression de l'oncogenèse.⁷⁹

Les cellules tumorales qui inactivent des mécanismes de maintenance du génome sont avantagées puisque leur fréquence de mutation est augmentée et elles peuvent ainsi évoluer plus rapidement. Par conséquent, une des caractéristiques des cellules cancéreuses est d'avoir une fréquence de mutation anormalement élevée par rapport à une cellule normale.

La signalisation des dommages à l'ADN est souvent défaillante dans les cellules cancéreuses. Cela veut dire que les nouvelles mutations échappent à cette signalisation, elles ne peuvent donc pas être réparées et elles sont conservées dans le génome.

Les mutations ainsi conservées augmentent la probabilité d'activation d'oncogènes et d'inactivation de gènes suppresseurs de tumeurs, ce qui favorise l'oncogenèse.⁸⁰

Les systèmes de réparation de l'ADN sont souvent inefficaces dans les cellules cancéreuses. Ils fonctionnent mal et laissent des mutations derrière eux, augmentant la fréquence de mutation dans la cellule cancéreuse ».⁸¹

Il semble bien que, outre la question de la carcinogénèse, cette instabilité génétique peut, dès la constitution du fœtus, produire des anomalies dans le développement des différents organes du corps humains (anomalies morphologiques et des organes internes, dont le système nerveux central)⁸².

La transmission transgénérationnelle de l'instabilité génétique est clairement établie⁸³.

⁷⁹ UNSCEAR : Biological mechanisms of radiation actions at low doses, *United Nations*, 2012.

⁸⁰ CAZAUX C. : L'instabilité génétique, moteur de l'oncogénèse, *Bulletin du Cancer*, 2010, 97, 11, 1241-1251.

TOYOKUNI H., MARUO A., SUZUKI K, WATANABE M. : The contribution of radiation-induced large deletion of the genome to chromosomal instability, *Radiation Research*, 2009, 171, 2, 198-203.

KOTURBASH I. et al. : Epigenetic dysregulation underlies radiation induced transgénérationnal genome instability in vivo, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006, 1, 66, 327, 330.

KOVALCHUK A. et coll. : Liver irradiation causes distal bystander effects in the rat brain and affects animal behavior, *Oncotarget*, 2016, 7, 4, 4385-4398.

KOVALCHUK A. et coll. : High and low dose radiation effects on mammary adenocarcinoma cells – an epigenetic connection, *Oncoscience*, 2016, 3, (3-4), 88-97.

⁸¹ <http://www.futura-sciences.com/sante/dossiers/medecine-cancer-mecanismes-biologiques-1453/page/9/>

⁸² KOVALCHUK A. et coll : Profound and Sexually Dismorphic Effects of Clinically-Relevant Low Dose Scatter Irradiation on the Brain and Behavior, *Front Behav Neuroscience*, 2016, 10, 84.

⁸³ OBE B.B., OBE D.G., LITTLE M.P., BOUFFLER S.D. : Evidence for Transgenerational Effects Following Exposure to Ionizing Radiation, *Health Protection Agency, Oxfordshire*, June 2013.

DUBROVA Y.E. : Genomic Instability in the Offspring of Irradiated Parents. Facts and Interpretations, *Russian Journal of Genetics*, 2006, 42, 10, 1116-1126.

AGHAJANYAN A., SUSKOV I.I. : Transgenerational genomic instability in children of irradiated parents as a result of the Chernobyl Nuclear accident, *Mutation Research*, 2009, 671, 52-57.

3. Les syndromes d'altération des télomères :

Les télomères sont des structures « *DNA-protéines* » qui protègent les extrémités des chromosomes⁸⁴. Les Télomères consistent des répétitions séquentielles d'acides aminés TTAGGG, qui sont produites par un complexe protéinique appelé *shelterin*⁸⁵.

Lorsque se produisent des problèmes de réplication de ces extrémités⁸⁶, les télomères se raccourcissent progressivement à chaque division cellulaire, et ces extrémités raccourcies activent des « *checkpoint P 53 dépendants* » qui conduisent à l'apoptose, ou à la sénescence dans la plupart des cas⁸⁷.

Mais certains font l'hypothèse que certains phénomènes « fautifs » ne conduisent pas automatiquement à l'apoptose, et participent à la constitution du phénomène d'instabilité génétique⁸⁸.

Les *télomerase* résolvent en effet ces problèmes de réplication des extrémités chromosomiques en synthétisant de nouveaux télomères⁸⁹ ; les *télomerase* sont constituées de deux parties : la *telomerase reverse transcriptase* (hTERT), la partie catalytique, et l'*ARN telomerase* (hTR) qui produit le « template » pour la reconstruction télomérique ; ces enzymes peuvent elle-même

AGHAJANYAN A., SUSKOV I.I. : Genomic instability in children born after the Chernobyl nuclear accident (in vivo and in vitro studies), *Russian Journal of Genetics*, 2010, 46, 6, 740-749.

AGHAJANYAN A. et al : Analysis of genomic instability in the offspring of fathers exposed to low doses of ionizing radiation, *Environmental Mol. Mutagen*, 2011.

MUGHAL S.K., MYAZIN A.E., ZHAVORONKOV L.P., RUBANOVICH A.V., DUBROVA Y. : The Dose and Dose-Rate Effects of Paternal Irradiation on Transgenerational Instability in Mice: A Radiotherapy Connection, *PLoS ONE*, 2012, 7(7).

NIWA O. : Induced genomic instability in irradiated germ cells and in the offspring ; reconciling discrepancies among the human and animal studies, *Oncogene*, 2003, 22, 7078-7086.

NIWA O., KOMINAMI R. : Untargeted mutation of the maternally derived mouse hypervariable minisatellite allele in F1 mice born to irradiated spermatozoa, *PNAS*, 2001, 98, 4, 1705-1710.

LOMAEVA M.G. et coll : Increased Genomic Instability in Somatic Cells of the Progeny of Female Mice Exposed to Acute X-Radiation in the Preconceptional Period, *Russian Journal of Genetics*, 2011, 47, 10, 1221-1226.

⁸⁴ ARMANIOS M. : Syndromes of Telomere Shortening, *Annu Rev Genomics Hum Genet.*, 2009, 10, 45, 21 p.

⁸⁵ PALM W., de LANGE T. : How shelterin protects mammalian telomeres, *Annu Rev Genet*, 2008, 42, 301-304.

⁸⁶ GREIDER C.W. : Telomeres etand senescence : the history, the experiment, the future, *Current Biology*, 1998, 8, 178-181. (PubMed 9501064).

OLOVNIKOV A.M. : Telomeres, telomerase, and aging : origin of the theory, *Exp Gerontol*, 1996, 31, 443-448. (PubMed 9415101).

⁸⁷ CHEUNG A.L., DENG W. : Telomere dysfunction, genome instability and cancer, *Frontiers in Bioscience*, 2008, 1, 13, 2075-2090.

CIFUENTES-ROJAS C., SHIPPEN D.E. : Telomerase regulation, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2012, 730, 1-2, 20-27.

⁸⁸ MURMANE J.P. : Telomere dysfunction and chromosome instability, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2012, 730, 1-2, 28-36.

⁸⁹ BLACKBURN E.H., GREIDER C.W., SZOSTAK J.W. : Telomeres and telomerase : the path from maize, Tetrahymena and yeast to human cancer and aging, *Nat Med*, 2006, 1133-1138. (PubMed 17024208).

GREIDER C.W., BLACKBURN E.H. : Tracking telomerase, *Cell*, 2004, 116, 83-86. (PubMed 15055591).

être soumise à des modifications post-radiologiques, ainsi que les phénomènes biochimiques qui accompagnent localement cette reconstruction moléculaire (phénomène de méthylation, d'acétylation...).

La première maladie découverte, associée à une mutation des composants télomériques a été la Dyskératose Congénitale (DC)⁹⁰. La triade de troubles cutanéomuqueux (leucoplakia, hyperpigmentation cutanée et dystrophies unguilaires, est souvent associée à une anémie aplasique. Le gène codant pour la *dyskerin* (DKC1) est muté, et entraîne des modifications dans l'ARN télomérase.

Les mutations affectant hTERT et hTR sont également à l'origine d'autres syndromes génétiques : par exemple, l'aplastic anemia, la fibrose pulmonaire idiopathique...

Les phénotypes troublés semblent se manifester de façon de plus en plus précoce et de plus en plus sévère de génération en génération⁹¹.

On a par la suite identifié chez les enfants différents syndromes de « raccourcissement télomérique » : le plus sévère est le syndrome de Hoyer-Hreiderasson (qui se révèle généralement dans les 5 premiers mois de la vie par une association syndromique : hypoplasie cérébelleuse, anémie aplasique, trouble de croissance et immunodéficiência sévère). On a retrouvé chez certains de ces patients des mutations des gènes DKC1 et TINF2. Des mutants des allèles de hTERT ont également été retrouvés dans des familles consanguines, avec ce qui apparaît comme une transmission autosomique récessive.

Dans nombre de ces syndromes de télomères raccourcis en particulier dans les cas de DC, on observe également une prédisposition cancéreuse.

4. Les mutations des minisatellites :

Les **minisatellites** (ou VNTR pour *variable number tandem repeat*) sont des séquences du génome répétées en tandem dont la taille du motif unitaire est comprise entre 10 à 60 nucléotides. Elles sont présentes chez toutes les espèces vivantes et sont particulièrement étudiées chez l'homme et les bactéries.

On les retrouve dans plus de 1000 localisations différentes du génome humain, mais elles sont principalement situées au niveau des Télomères, où elles vont avoir une fonction de protection de l'Acide Désoxy-ribo-Nucléique.

Ils ne doivent pas être confondus avec les microsatellites, ou STR, dont la taille ne dépasse pas 13 nucléotides.

Il est fréquent d'observer des erreurs de réplication dans ces minisatellites, notamment par glissement de réplication, qui sont à l'origine de variations interindividuelles quant au nombre de répétitions (Cette variabilité trouve de nombreuses applications pour l'identification de personnes par la

⁹⁰ NELSON N.D., BERTUCH A.A. : Dyskeratosis Congenita as a disorder of telomere maintenance, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2012, 730, 1-2, 43-51.

⁹¹ ARMANIOS M. et coll : Haploinsufficiency of telomerase reverse transcriptase leads to anticipation in autosomal dominant dyskeratosis congenita, *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102, 15960-64. (Pub Med 16247010).

police scientifique, pour les tests de paternité et pour la création d'empreintes génétiques).

On a découvert une association entre les minisatellites et d'importantes caractéristiques de la biologie du génome humain, comme la régulation génomique des sites « fragiles » du génome, et la réplication. Notre connaissance du rôle des minisatellites s'est précisé de manière très importante depuis une dizaine d'années, parallèlement à l'identification et l'analyse minutieuse des mutations de ces minisatellites, par des modèle expérimentaux chez les levures, et, plus récemment, par des études in vitro des propriétés de recombinaison du génome.

Certaines des séquences de nucléotides peuvent être stables d'une génération à l'autre sur des milliers d'années, et d'autres séquences peuvent être affectées d'une haute fréquence de mutations, sans que l'on identifie clairement ce qui en est la cause ; plus que la longueur de l'allèle du micro ou du minisatellite concerné, cette potentialité aux taux élevé de mutation semble être intrinsèque à la composition de la séquence elle-même.⁹²

Les mutations des microsatellites produisent des processus mutagènes différents, selon qu'elles se produisent dans des cellules « somatiques », ou dans les cellules souches. Dans les spermatozoïdes l'instabilité génétique (« tandem repeat ») se produit plus facilement au cours de la méiose, comme un « sous produit » de la recombinaison à haute fréquence se produisant à l'intérieur et à proximité immédiate des minisatellites⁹³. Les mutations seront alors beaucoup plus « lourdes de conséquences » sur la « fiabilité » des différentes différenciations cellulaires par la suite.

Une accumulation de répétition de séquences de nucléotide, particulièrement au niveau des microsatellites, implique un risque majeur quant à la recombinaison homologue entre différentes répétitions « dispersées », causant ainsi des translocations chromosomiques ou d'autres types d'aberrations chromosomiques.

Parallèlement, les minisatellites ont été appréhendés comme de potentiel bio-marqueurs pour la surveillance d'agents génotoxiques, dont les radiations ionisantes⁹⁴. Par des mécanismes qui restent encore inconnus, il existe une augmentation transgénérationnelle de l'instabilité génétique des minisatellites

⁹² RAMEL L. : Mini and microsatellites, *Environmental Health Perspectives*, 1997, 105, 4, 781-789.

⁹³ JEFFREYS A.J. : Spontaneous and induced minisatellite instability in the human genome, *Clinical Science*, 1997, 93, 383-390.

⁹⁴ VERGNAUD G, DENOEUDE F. : Minisatellites : Mutability and Genome Architecture, *Genome Research*, 2000, 10, 899-907.

lors de l'exposition princeps à des radiations ionisantes⁹⁵ (ce qui est d'ailleurs démontré par R.I. Goncharova, sur les animaux de Chernobyl⁹⁶).

Ainsi, de courtes séquences répétitives d'ADN — « *termed microsatellite and minisatellite repeats* » — sont instables dans tout le génome, mais au niveau de certains loci, cette instabilité est associée avec l'apparition de certaines maladies⁹⁷. La multiplication des « triplet » (trinucleotides CAG-CTG) va être à l'origine de plusieurs maladies neurologiques chez l'homme, dont les dystrophies myocloniques, la Maladie de Huntington, quelques ataxies spino-cerebelleuses⁹⁸, et les pathologies développementales liées au syndrome du X fragile⁹⁹.

Plus généralement, il semble que l'augmentation des mutations au niveau des micro et minisatellites a une action délétère directe sur les mécanismes de réparation du génome (« *Mismatch DNA repair* »), donc un potentiel important de cancérogénèse.

5. Les anomalies de méthylation de l'ADN :

L'identification d'anomalies induites par des processus de mutation génétiques (particulièrement radioinduites), conduisant à des désordres dans le processus de méthylation de l'ADN, apparaît, depuis quelques années, comme un des processus pouvant conduire à une constitution fautive des processus de « construction » du système nerveux central.

C'est dans cette direction que les chercheurs en biologie moléculaire se dirigent actuellement pour tenter de mettre en évidence des « bio-marqueurs » de l'effet des radiations ionisantes sur l'épigénétique.¹⁰⁰

⁹⁵ BOIS P.R. : Hypermutable minisatellites, a human affair, *Genomics*, 2003, 81, 4, 349-355.

BOIS P.R., GRANT G.R., JEFFREYS A.J. : Minisatellites show rare and simple intra-allelic instability in the mouse germ line, *Genomics*, 2002, 80, 1, 2-4.

BOUFFLER S.D., BRIDGES B.A., COOPER D.N. et al : Assessing radiation-associated mutational risk to the germline : repetitive DNA sequences as mutational targets and biomarkers, *Radiation Research*, 2006, 165, 3, 249-268.

⁹⁶ GONCHAROVA R.I. : Genetic processes in chronically irradiated populations of small mammals, *Environmental Management and Health*, 2000, 5, 443-446.

GONCHAROVA R.I., SLOUVKINE A.M. : Study on mutations and modification variability in young fish of *Cyprinus carpio* from region contaminated by the Chernobyl radioactive fallout, in *Russian-Norwegian Satellite Symposium on Nuclear Accidents, Radioecology and health*, 27-28 october 1994.

⁹⁷ JEFFREYS A. et al : Hypervariable « minisatellite » regions in human DNA, *Nature*, 1985, 314, 67-73.

JEFFREYS A. et al : Spontaneous mutation rates to new allele at tandem-repetitive hypervariable loci in human DNA, *Nature*, 1988, 332, 278-291.

JEFFREYS A. et al : Spontaneous and induced minisatellite instability, *Electrophoresis*, 1997, 18, 1501-1511.

⁹⁸ LIN Y., DION V., WILSON J.H. : Transcription and Triplet Repeat Instability, *Genetic Instabilities and Neurological Diseases*, chapter 44, 2006, p.691.

⁹⁹ RAMEL L. : Mini and microsatellites, *Environmental Health Perspectives*, 1997, 105, 4, 781-789.

¹⁰⁰ PERNOT E. et coll : Ionizing radiation biomarkers for potential use in epidemiological studies, *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 2012.

« La méthylation de l'acide désoxyribonucléique (ADN) est un processus épigénétique dans lequel certaines bases nucléotidiques peuvent être modifiées par l'addition d'un groupement méthyle. Cette modification de l'ADN est effectuée par des enzymes particulières appelées DNMTs pour « DNA methyl-transferase ».

Chez l'humain il en existe 4, DNMT1 qui est une méthyl-transferase de maintien dont le rôle principal est de maintenir la méthylation sur les deux brins d'ADN lors de la réplication, DNMT2 dont le rôle est encore incertain et DNMT3A et 3b qui partagent une forte homologie et dont le rôle principal est d'ajouter de nouvelles marques de méthylation sur l'ADN (on parle de « *de novo* DNA methyl-transferase »¹⁰¹). »¹⁰²

« Les phénomènes de méthylation/déméthylation de l'ADN sont des pièces maîtresses du maintien et de la régulation du génome. Ces modifications chimiques, qui n'altèrent en rien la séquence génomique propre, vont être médiées par de nombreux acteurs. Les cytosines au sein de dinucléotides CpG sont en règle générale la cible de ces modifications.

La méthylation de l'ADN (par ajout d'un groupement CH₃ en position 5 du cycle pyrimidique) fait intervenir des DNA méthyltransférases (DNMTs) qui n'auront pas toutes le même rôle. Cette méthylation n'est pas aléatoire et va faire intervenir plusieurs paramètres. Les propriétés intrinsèques des DNMTs, les partenaires d'interactions de ces dernières (ARNs, facteur de transcription...) et l'environnement direct de l'ADN (état chromatinien...) vont donc influencer les mécanismes de méthylation. »¹⁰³

« La méthylation joue un rôle sur divers processus cellulaires : la synchronisation de la réplication du chromosome chez les bactéries ainsi que le marquage du soi, la réparation des mésappariements dans l'ADN (*mismatch repair*) et aussi sur le niveau d'expression du gène. La relation méthylation/expression peut être complexe : selon les lignées, une faible méthylation favorise la transcription mais une forte méthylation va au contraire l'inhiber. Chez les eucaryotes, lorsque le promoteur d'un gène est méthylé, le gène en aval est en général réprimé et n'est donc plus transcrit en ARNm.

La méthylation de l'ADN agit comme un « patron » qui conditionne l'expression des gènes dans chaque cellule. Ce patron épigénétique est largement programmé et imprimé dans les différentes cellules au cours du développement embryonnaire. Chez les mammifères, le processus de méthylation de l'ADN est de plus influencé ensuite par des facteurs environnementaux : sociaux, nutritionnels et toxicologiques¹⁰⁴. La méthylation de l'ADN est reconnue comme étant un

¹⁰¹ SEISENBERGER S., PEAT J.R., REIK W., : Conceptual links between DNA methylation reprogramming in the early embryo and primordial germ cells, *Curr Opin Cell Biol*, 2013, 25, 3, 281-288.

¹⁰² <https://fr.wikipedia.org/wiki/Méthylation>

¹⁰³ CARTRON P-F., PACAUD R., SALBERT G. : Méthylation/Déméthylation de l'ADN et expression du Genome, *Revue Francophone des Laboratoires*, 2015, 473, 37-48.

¹⁰⁴ SZYF M. : The implications of DNA methylation for toxicology: toward toxicomethylomics, the toxicology of DNA methylation, *Toxicol Sci*, 2011, 120, 2, 235-55.

processus réversible mais les mécanismes exacts de déméthylation sont encore incertains. »¹⁰⁵

Tout cela va avoir un impact aussi bien sur des régions non codantes de l'ADN, que sur des régions codantes.

Adrian Bird a pu montrer que l'une des protéines qui permet la production de l'ADN méthylé, la MeCP2, a été découverte comme étant « *déficiente* » dans le syndrome de Rett (un Trouble envahissant du développement plutôt rare, lié au syndrome du X fragile, longtemps classé parmi les autismes (désintégratifs) avant que l'on découvre son origine totalement génétique).

Ainsi, il a été démontré qu'il s'agissait d'un déficit génétique qui conduisait, par l'intermédiaire de la constitution d'une protéine « *fautive* » (methyl-CP2 binding protein), à un défaut de la méthylation de l'ADN (un trouble de la « maintenance » du système nerveux central), et non d'une anomalie de la constitution des récepteurs de la membrane du neurone (comme par exemple, s'il s'agissait d'un gène « *voisin* » comme celui qui code pour les récepteurs GABAergique). Il s'agit donc, dans le syndrome de Rett, d'une anomalie génétique à l'origine d'un défaut de croissance des neurones, qui, en l'absence d'une protéine MeCP2, se produit au stade embryonnaire.¹⁰⁶

Il semble que d'autres maladies, en particulier certains cancers¹⁰⁷, soient également liées à des défauts de codage des protéines participant au phénomène de méthylation de l'ADN.¹⁰⁸

6. La question des faibles doses¹⁰⁹ :

« *En effet, la distribution spatiale de la dose peut être très hétérogène pour certains rayonnements* », et particulièrement dans le cas des expositions internes, dans lesquels des nanoparticules « émettrices alpha » et « beta mousses », les photons de faible énergie, et les électrons Auger, « *sont déposés dans des régions spécifiques de la cellule ou de l'organe. Dans ces cas, la dose moyennée à l'organe ne peut être représentative du dommage potentiel et sous estime clairement le risque réel* »¹¹⁰.

¹⁰⁵ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Méthylation>

¹⁰⁶ GITSCHER J. : On the track of DNA methylation : an interview with Adrian Bird, *PLoS Genetics*, 2009, 5, 10.

¹⁰⁷ TORRISANI J., LOPEZ F. : Méthylation de l'ADN et régulation épigénétique des cancers, 2003, 10, 6, 6 p.

¹⁰⁸ SALAM T., DEVI S.P., LYNGDO, R.H.D. : Molecular criteria for mutagenesis by DNA methylation: Some computational elucidations, *Mutat Res Fund Mol Mech Mutagen*, 2018, 807, 10-20.

¹⁰⁹ BEHAR A. : Faibles doses de radioactivités, *AMFPGM, Newsletter 82*, 2003, 19-24.

LE GUEN B., MASSE R. : Effets des faibles doses, *EMC – Toxicologie – Pathologie professionnelle*, 16-510-A-10.

Et <http://www.cea.fr/drf/prosition/Documents/Prosinfo22.pdf>

Et https://fr.wikipedia.org/wiki/Faibles_doses_d'irradiation?wprov=sfti1 :

¹¹⁰ SUGIER A., NENOT J-C., LECOMTE J-F. : Les recommandations de la CIPR : les raisons d'un changement, *Radioprotection*, 2005, 40, 3, 327-344.

La découverte depuis la fin du siècle dernier que, aux faibles doses (doses inférieures à 100 mGy ou 100 mSv par personne et par an), l'exposition aux rayonnements ionisants se caractérise par des effets « *stochastiques* »¹¹¹, a fait évoluer la radiobiologie.

Contrairement aux effets déterministes, observés systématiquement lorsque la dose radiologique reçue dépasse un certain seuil, *les effets stochastiques apparaissent de manière inconstante, aléatoire et différée (apparition de tumeurs et de maladies héréditaires)*¹¹².

En outre, le transfert d'énergie des rayonnements ionisants vers les tissus vivants ne s'avère pas être toujours homogène : ainsi, la relation dose /effet n'est pas le seul à intervenir dans le processus des lésions radio-induites.

On s'est également aperçu, ces effets stochastiques n'étant pas en rapport avec le niveau d'énergie sur le noyau de la cellule, qu'il y avait des cellules « à risque » et des tissus « à risque » (Thyroïde pour l'Iode, Tissu Osseux pour le Strontium, ...) mais que, aussi bien que les tissus, les cellules ne réagissent pas toutes de la même manière.

Ainsi, la contamination chronique par des radionucléides à vie longue, tels que le césium 137 et le strontium 90, et les alpha émetteurs (Plutonium, Uranium, Thorium...), a des effets différents de ceux observés après une irradiation unique externe : elle affecte la santé des enfants par l'atteinte de tous les systèmes fonctionnels¹¹³, elle change la fertilité, elle s'attaque au patrimoine génétique¹¹⁴.

BEIR VI (Committee on Biological Effects of Ionizing Radiation), 1999, The Health Effects of Exposure to Radon, *National Academy of Sciences, National Research Council, Washington DC*, National Academy Press.

CERRIE : Report of the Committee Examining Radiation Risk from Internal Emitters, Chilton UK, National Radiological Protection Board, 2004.

ECRR 2003 : 2003 Recommendations of The European Committee on Radiation Risk. The Health Effects of ionizing radiation exposure at low doses for radiation protection purposes. Edition Chris Busby, Rosalie Bertell, Inge Schmitz-Feuerhake, Molly Scott, Cato Brussels, 2003.

¹¹¹ Un effet stochastique est un effet soumettant le corps à un stress physiologique, mais qui se produit de manière aléatoire. En cas d'irradiation ou de toxiques, il se caractérise par un changement des cellules touchées par une mutation de l'ADN, sans pour autant que cette dernière soit létale. *S'étalant sur le long terme, l'effet stochastique fait l'objet d'études statistiques permettant par exemple d'estimer un risque moyen d'apparition. Un effet stochastique est le contraire d'un effet déterministe.*

« Par opposition aux effets dits *déterministes*, les **effets stochastiques** n'apparaissent pas selon le principe d'une *cause* qui induit toujours le même *effet*. Ils concernent par exemple les effets de faibles doses de toxiques, ou les effets des *rayonnements ionisants* néfastes à la *santé*. Le *cancer* est un exemple de maladie, souvent multi-factorielle, résultant d'effets stochastiques.

Contrairement à un effet déterministe, un effet stochastique n'est pas lié à un *effet de seuil* (typiquement, une limite d'exposition à un rayonnement ionisant qui, si elle était dépassée, induirait des effets connus et d'ampleur prévisible). On ne peut lui adjoindre qu'une estimation *statistique* du « risque » de voir l'effet se manifester chez un patient. Il existe néanmoins un seuil de significativité (une limite au-delà de laquelle le risque est considéré comme significatif). Par ailleurs, il n'est pas possible de quantifier une *dose* pour laquelle un effet donné serait certain de se manifester - par contre, sa probabilité d'apparition (et donc la fréquence d'apparition de ce risque) augmente selon la dose reçue. » https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_stochastique

¹¹² Cf les écrits d'Abraham BEHAR dans la Bibliographie.

¹¹³ BUSBY C. , FUCIC A. : Ionizing radiation and children's health : Conclusions, *Acta Paediatrica*, 2006, 95, 453, 81-85.

Depuis les années 40, les radio-biologistes avaient privilégié les « effets ciblés », les lésions du noyau cellulaire et singulièrement les lésions des chromosomes.

Mais, très vite, ils ont compris que la réparation des dommages créés par le dépôt d'énergie des rayons ionisants n'était pas complète, et que, dans le cas inverse, la non-réparation n'induisait pas forcément la mort programmée de la cellule (l'apoptose) : les cellules « fautives », mal réparées peuvent se diviser et transmettre des aberrations chromosomiques.

Et c'est particulièrement le cas des cellules germinales (les cellules souches des gamètes, ovules et spermatozoïdes), qui peuvent transmettre ces aberrations d'une génération à l'autre¹¹⁵.

Les éléments qui « obligent » à une révision de la « toxicité » des très faibles doses sont donc les suivants :¹¹⁶

- le risque de cancer aux faibles doses, attestés par les récentes enquêtes épidémiologiques, et l'expérimentation animale
- la confirmation du risque de maladies non cancéreuses induites par les rayonnements sans effet de seuil « dose-effet » (extrêmement bien documentée après Tchernobyl), affectants les systèmes cardio-vasculaires, pulmonaires, digestifs, ophtalmologiques...
- le réexamen des effets à fortes doses en fonction des différents types de rayonnement (dont la nocivité en fonction de la diminution du débit de dose)
- les effets des expositions internes (α et β)

Cette évolution récente de la radiobiologie est désormais considérée comme bien documentée, et partie prenante du « State of the Art » en matière de

¹¹⁴ BUSBY C. : Aspects of DNA Damage from Internal Radionuclides, New Research Directions in DNA Repair, 2013, Prof. Clark Chen(Ed.), ISBN: 978-953-51-1114-6, InTech, DOI: 10.5772/53942. Available from:

<http://www.intechopen.com/books/new-research-directions-in-dna-repair/aspects-of-dna-damage-from-internal-radionuclides>

¹¹⁵ BARBER R., PLUMB M.A., DUBROVA Y.E. et al : Elevated mutation rates in the germ line of first- and second-generation offspring of irradiated male mice, *Proc Natl Academy of Sciences*, 2002, 99, 6877-6882.

BARBER R.C. et al : Radiation induced transgenerational alterations in genome stability and DNA damage, *Oncogene*, 2006, 25, 7333-7342.

BOREHAM D.R., DOLLING J.-A., SOMERS C., QUINN J., MITCHEL R.E. : The adaptive response and protection against heritable mutations and fetal malformation, *Dose-Response*, 2006, 4, (4), 317-326.

SCHMITZ-FEUERHAKE I. : Heritable Effects of Ionizing Radiations in the Low Dose Range, *Arnoldshain*, 2014, *German Society for Radiation Protection*.

MUGHAL S.K., MYAZIN A.E., ZHAVORONKOV L.P., RUBANOVICH A.V., DUBROVA Y. : The Dose and Dose-Rate Effects of Paternal Irradiation on Transgenerational Instability in Mice: A Radiotherapy Connection, *PLoS ONE*, 2012, 7(7).

DUBROVA Y.E., BERSIMBAEV R.I. et al : Nuclear weapons tests and human germline mutation rate, *Science*, 2002, 295, 1037.

¹¹⁶ SUGIER A., NENOT J.-C., LECOMTE J.-F. : Les recommandations de la CIPR : les raisons d'un changement, *Radioprotection*, 2005, 40, 3, 327-344.

radioprotection, par la majeure partie de la communauté scientifique ; mais, durant de nombreuses années, les pionniers dans ce domaine, comme Yuri Dubrova en URSS, (qui fut le premier à analyser les pathologies liées aux faibles doses de radioactivité intéressant la population vivant à proximité du réacteur Nucléaire de Tchernobyl au moment de son explosion, et plus tard), et James Neel (1915-2000) (qui fut, lui, le premier à critiquer les études menées sur les survivants des deux explosions nucléaires de Hiroshima et Nagasaki, qui durant plusieurs décennies s'avéraient incapable d'objectiver la transmission de pathologies génétiques, aussi bien chez les survivants, que, dans leur descendance), subirent les attaques de la communauté scientifique inféodée aux lobby nucléaires civils et militaires de leurs pays respectifs¹¹⁷.

Aujourd'hui encore, la plupart des scientifiques « responsables » des institutions nucléaires minimisent toujours ces données issues de la recherche sur les faibles doses :

« Les faibles doses sont sans effet décelable :

De nombreuses études épidémiologiques ainsi que les études expérimentales sur l'animal n'ont pas mis en évidence d'effets cancérigènes pour des doses de radiations inférieures à 100 millisieverts (mSv) par an¹¹⁸. Cette dose représente pourtant 40 fois la radioactivité naturelle moyenne en France qui est de 2,4 mSv par an.

À Taïwan, des habitants d'un immeuble ont été accidentellement exposés à une dose en continu de 400 mSv par an pendant plusieurs années. Leur taux de cancer s'est révélé inférieur à celui de la population locale.

En Inde, dans la province du Kérala, des populations vivent avec une radioactivité naturelle de 50 mSv et jusqu'à 75 mSv par an sans aucun effet indésirable, y compris chez les enfants et les femmes enceintes.

À Ramsar, dans le nord de l'Iran, des personnes vivent normalement avec une radioactivité ambiante qui atteint 260 mSv par an ! Soit treize fois celle que la norme européenne fixe pour les travailleurs du nucléaire.

En France, la limite d'exposition des personnels d'intervention est de 100 mSv sur un an en cas d'urgence radiologique, voire 300 mSv pour des interventions destinées à sauver des vies humaines (Article R1333-86, Code de la santé publique).

Cependant, il est impossible d'observer les effets de la radioactivité en-dessous de ces seuils, probablement parce qu'il n'y en a pas, ou alors, ses effets sont si ténus qu'ils sont noyés dans le bruit de fond de tous les autres risques faibles : alimentation, médicaments, qualité de l'air, parfums, cosmétiques... Et cette absence de constatation permet des manipulations politiques en suscitant des peurs fantasmatiques. »¹¹⁹

En, ce qui concerne la descendance des survivants, là encore nos scientifiques ne regardent pas tant la réalité, que le résultat de leurs études « scientifiques », épidémiologiques ou de laboratoire, avec bien trop peu

¹¹⁷ GOLDSTEIN D.M., STAWKOVSKI M.E. : James V. Neel and Yuri E. Dubrova : Cold War Debates and the Genetic Effects of Low-Dose Radiation, *Journal of History of Biology*, 2015, 48, 1, 67-98.

¹¹⁸ TUBIANA M., AURENGO A. : Dose-effect relationship and estimation of the carcinogenic effects of low doses of ionising radiation : the Joint Report of the Academie des Sciences (Paris) and of the Academie Nationale de Medecine, *Int. J. Low Radiation*, 2006, 2, 3/4. En Français : « La relation dose-effet et l'estimation des effets cancérigènes des faibles doses de rayonnements ionisants » sur le Site de l'Académie des Sciences.

¹¹⁹ GAY Michel : Accidents nucléaires : faut-il toujours évacuer ?, *Science... et pseudo sciences*, avril 2016, 316, 5 p. http://www.pseudo-sciences.org/spip.php?page=imprimer&id_article=2630

d'appréhension épistémologique critique quant à la relativité des méthodes utilisées, et des résultats obtenus : ainsi, en 2016, la position de Bertrand Jordan¹²⁰, biologiste moléculaire, directeur de recherche émérite au CNRS, qui est pourtant un scientifique critique avisé des « dérapages » des approximations journalistiques concernant les découvertes récentes sur la génétique humaine, mais probablement un inconscient soutien des prosélytes du nucléaire (lorsqu'il ne fait pas la différence en termes de nocivité environnementale, entre les effets « aigus » des explosions nucléaires, et les effets environnementaux et épigénétiques « prolongés » dans le cas des travailleurs du nucléaire (CEP - réacteurs) et des populations exposées à de faibles, mais multiples et variés rayonnements ionisants (comme dans le cas des populations voisines des sites d'essais... ou des centrales nucléaires) :

« Le danger le plus fréquemment évoqué de l'exposition aux radiations est celui d'une descendance anormale en raison des mutations induites par cette exposition via l'irradiation des cellules germinales de leurs parents, et les campagnes antinucléaires associent souvent centrales nucléaires et enfants malformés. D'ailleurs, au Japon, un des motifs de la discrimination qui a régné envers les Hibakucha (les survivants d'Hiroshima et Nagasaki) était la croyance que leurs enfants seraient nécessairement anormaux.

Il est donc particulièrement intéressant que les études épidémiologiques aient porté sur un grand nombre d'enfants (plus de 76 000) nés après 1946 et dont les parents avaient été exposés à différentes doses d'irradiation lors de l'explosion des bombes. Dès le début de ces études, il apparaissait que d'éventuelles anomalies seraient difficiles à déceler : pas d'augmentation décelable du nombre de naissances anormales pour des parents tous deux fortement irradiés, pas de modification de l'instabilité de régions de l'ADN appelées « microsattellites », particulièrement instables et donc très sensibles à d'éventuels effets génétiques. Il serait sans doute possible aujourd'hui de procéder au séquençage systématique de l'ADN des parents et des enfants, afin de mesurer directement le taux de mutations, mais cela n'a pas encore été réalisé.

Par contre, une étude épidémiologique très complète qui analyse la mortalité au sein de cette cohorte vient d'être publiée¹²¹. Un peu plus de 6 000 membres de ce groupe (qui inclut les enfants nés entre 1946 et 1984 de parents irradiés à différents degrés) sont aujourd'hui décédés, dont un peu plus d'un millier en raison d'un cancer, quatre mille en raison d'autres maladies, et un millier du fait de causes accidentelles, comme les accidents de voiture (ces derniers sont exclus de l'analyse afin de se limiter à la mortalité liée aux maladies). L'étude consiste alors à relever le nombre de décès en fonction du niveau d'irradiation du père et de la mère, afin d'examiner si la mortalité est plus importante pour les enfants issus de parents fortement irradiés.

Toutes les analyses aboutissent à la même conclusion : aucun effet de l'irradiation des parents n'est décelable. Autrement dit, les enfants de parents fortement irradiés n'ont ni plus ni moins de problèmes de santé (cancer et autres) que les témoins. Soulignons que, là encore, il s'agit d'une étude à grande échelle, pour laquelle la dose reçue par les parents est assez bien connue, et dont la durée de suivi dépasse 60 ans pour certains des membres de la cohorte : il s'agit donc de résultats particulièrement solides. Il est par contre trop tôt pour établir l'espérance de vie des membres de ce groupe, puisque plus de 90 % d'entre eux étaient encore vivants à la fin de la période considérée (2009). L'étude des petits-enfants pour déceler d'éventuels effets non génétiques ne semble pas avoir été engagée.

¹²⁰ JORDAN B. : Effets pathogènes des radiations : les leçons d'Hiroshima, *Science ... et pseudo-sciences*, avril 2016, 316, 7 P.

¹²¹ GRANT E.J., FURUKAWA K., SAKATA R., et coll : Risk of death among children of atomic bomb survivors after 62 years of follow-up : a cohort study, *Lancet Oncol*, 2015, 16, 1316-23.

Bien entendu, ces résultats ne signifient pas que l'irradiation des parents n'a aucun effet génétique, cela montre simplement que cet effet est si faible qu'il est indétectable, même dans des études de grande ampleur. Au vu de ces résultats portant sur les descendants de parents fortement irradiés, la crainte d'engendrer un enfant anormal parce que l'on vit à proximité d'une centrale nucléaire est de l'ordre du fantasme (en tout cas tant que cette centrale fonctionne normalement). »

Les découvertes récentes de la radiobiologie, l'effet des faibles doses¹²², le syndrome d'instabilité génomique¹²³ (et les effets de proximité ou « bystander effect »)¹²⁴ impliquent que la descendance de personnes irradiées va être dotée de matériel génétique « fautif »¹²⁵, qui risque de se manifester par des pathologies génétiquement induites de manière plus importante que la normale.¹²⁶

¹²² NCRP SC 1-24 : Health Effects of Low Doses of Radiation : Perspectives on Integrating Radiation Biology and Epidemiology, *National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, Maryland*, 27 October 2015.

¹²³ MORGAN W.F., MARDER B.A. et al : Delayed chromosomal instability induced by DNA damage, *Molecular Cell Biol*, 1993, 13, 6667-6677.

MORGAN W.F., et al : Review : genomic instability induced by ionizing radiation, 1996, 146, 247-258.

MORGAN W.F., et al : Non-targeted and delayed effects of exposure to ionizing radiation: II. Radiation-induced genomic instability and bystander effects in vivo, clastogenic factors and transgenerational effects, *Radiation Research*, 2003, 159, 567-580 et 581-596.

MORGAN W.F., BAIR W.J. : Issues in Low Dose radiation Biology : The Controversy Continues. A Perspective, *Radiation Research*, 2013, 179, 501-510.

¹²⁴ BURTT J.J., THOMPSON P.A., LAFRENIE R.M. : Non-targeted effects and radiation-induced carcinogenesis: a review, *Journal of Radiological Protection, IOP Publishing*, 2016, 36, R23-R35.

SEYMOUR C.B., MOTHERSILL C. : Radiation-induced bystander effects – Implications for cancer, *Nature Reviews Cancer*, 2004, 4, 158-164.

MOTHERSILL C. : Radiation-induced by-stander effects : past history and future directions, *Radiation Research*, 2001, 155, 759-767.

MOTHERSILL C. , SEYMOUR C. : Radiation-induced by-stander effects, carcinogenesis and models, *Oncogene*, 2003, 22, 7028-7033.

LITTLE J.B. : Radiation-induced genetic instability and bystander effects; implications for radiation protection, *Radioprotection*, 2002, 37, 3, 261-282.

¹²⁵ DUBROVA Y.E., NESTEROV V.N. et al : Human minisatellite mutation rate after the Chernobyl accident, *Nature*, 1996, 380, 683-686.

DUBROVA Y.E. : Further evidence for the elevated human minisatellite mutation rate in Belarus, eight years after the Chernobyl accident, *Mutation Research*, 1997, 381, 267-278.

DUBROVA Y.E. et al : Radiation-induced germline instability at minisatellites loci, *Int J Radiat Biol*, 1998, 74, 689-696.

DUBROVA Y.E. et al : Elevated minisatellite mutation rate in post-Chernobyl families from Ukraine, *American Journal of Human Genetic*, 2002, 71, 801-809.

DUBROVA Y.E., BERSIMBAEV R.I. et al : Nuclear weapons tests and human germline mutation rate, *Science*, 2002, 295, 1037.

DUBROVA Y.E. : Radiation-induced transgénérationnal instability, *Oncogene*, 2003, 22, 7087-93.

DUBROVA Y.E. : Long-term genetic effects of radiation exposure, *Mutation Research*, 2003, 544, (2-3), 433-439.

DUBROVA Y.E. et al : Minisatellite germline mutation rate in the Techa River population, *Mutation Research*, 2006, 602, 74-82.

DUBROVA Y.E. : Genomic Instability in the Offspring of Irradiated Parents. Facts and Interpretations, *Russian Journal of Genetics*, 2006, 42, 10, 1116-1126.

¹²⁶ UNSCEAR : Biological mechanisms of radiation actions at low doses, United nations, 2012.

L'instabilité génétique est un phénomène aujourd'hui bien connu, comme étant une des caractéristiques des cellules cancéreuses. Elle peut être aussi bien un événement initiateur de la tumorigénèse¹²⁷, qu'une conséquence de l'initiation tumorale, participant alors à la progression tumorale et aggravant ainsi la sévérité du développement cancéreux.

Un défaut dans une des voies métaboliques évoquées plus haut, confère donc une instabilité génétique et une mutagénèse accrue, associée à une prédisposition au cancer¹²⁸.

Rappelons à cette occasion que la Polynésie française est un des pays ayant la plus forte incidence mondiale du taux de cancers de la Thyroïde, comme l'ont démontré les travaux de l'équipe de Florent De Vathaire, de l'Institut Gustave Roussy –INSERM Unité 605 Villejuif.¹²⁹

« La mutagénèse ponctuelle, pouvant être induite par ce phénomène d'instabilité génétique, substitue une base de la molécule d'ADN par une autre. Cette substitution de base peut n'avoir aucune conséquence si elle se produit dans une région « non codante » de l'ADN (mutation silencieuse).

Par contre, la base mutée peut :

- *générer un codon stop qui conduira à la synthèse d'une protéine tronquée.* Celle-ci sera alors inactive. De plus il peut arriver que le fragment tronqué produit ait lui-même un effet délétère ;
- *modifier l'acide aminé incorporé dans la protéine produite.* La protéine mutée peut être moins active jusqu'à totalement inactive. La protéine mutée peut être moins stable et être rapidement détruite.
- *Affecter des séquences de régulation* (promoteurs de gènes, sites d'épissage ...), la protéine n'est alors plus exprimée.

¹²⁷ BALEVA L.S., SUKHORUKOV V.S., SIPYAGINA A.E., KARAKHAN N.M., VORONKOVA A.S., SADYKOV A.R. : The role of instability and expression of the P53 protein gen network in the processes of oncogenesis in first and second generation children living in radioactively contaminated areas, *Rost Vestn Perinatol I Peditr*, 2017, 62, 1, 81-86

¹²⁸ MENAGER M.-T., GARNIER-LAPLACE J., GOYFFON M. : Toxicologie nucléaire environnementale et humaine, éd. Lavoisier / Editions Médicales Internationales, 748 p, p 266.

¹²⁹ BRINDEL P., DOYON F., RACHEDI F., de VATHAIRE F. et al : Menstrual and reproductive factors in the risk of differentiated thyroid cancer in native women in French Polynesia : a population-based case-control study, *American Journal of Epidemiology*, 2008, 167, 2, 219-229.

DE VATHAIRE F., LE VU B. : Cancer mortality in French Polynesia between 1984 and 1992, *Br J Cancer*, 1996, 74 1680-1681.

DE VATHAIRE F. et al : Thyroid cancer in French Polynesia between 1985 and 1995 influence of atmospheric nuclear bomb tests performed at Moruroa and Fangataufa between 1966 and 1974, *Cancer Causes Control*, 2000, 11, 59-63.

DE VATHAIRE F. et al : Childhood malignancies in French Polynesia during the 1985-1995 period, *Trop Med Int Health*, 2004, 9, 1005-1011.

DE VATHAIRE F., DROZDOVITCH V., et al : Thyroid cancer following nuclear tests in French Polynesia, *British J Cancer*, 2010, 103, 1115-1121.

BOUCHARDY C., BENHAMOU S., de VATHAIRE F., SCHAFFAR R., RAPITI E. : Incidence rates of thyroid cancer and myeloid leukemia in Franch Polynesia (Geneva cancer Registry, Institute for Social and preventive medicine), *International Journal of Cancer*, 2010, 7.

Un autre type de mutation de petite échelle est l'insertion ou la perte d'un nucléotide (ou d'un nombre différent d'un multiple de trois) provoquant un décalage de la trame de lecture (codon de trois nucléotides) du gène. La protéine n'est alors pas produite.

Des insertions ou des pertes de taille variable peuvent ainsi inactiver des gènes.

L'instabilité génétique peut également se manifester par des réarrangements de régions plus ou moins grandes du génome. L'étendue de ces réarrangement peut aller de quelques paires de base jusqu'à l'échelle des chromosomes (on parle alors de réarrangements profonds).

Ces réarrangements peuvent aboutir à :

- *la délétion* (c'est à dire la perte) d'une région voire même d'un bras entier d'un chromosome
- *l'inversion d'une région chromosomique*
- *la translocation* : le transfert d'un fragment ou d'un bras de chromosome sur un autre chromosome. Les translocations peuvent être réciproques (échanges de bras d'entre-deux chromosomes) ou non.
- En cas de perte du centromère, le chromosome est dit acentrique. D'autres anomalies peuvent provoquer l'apparition d'un chromosome possédant deux centromères nommé *chromosome dicentrique* (relativement spécifique d'une exposition à des radiations ionisantes)¹³⁰.

L'instabilité génétique peut également être à l'origine :

- *d'aneuploidie* (un ou plusieurs chromosomes en plus ou en moins) ou de polyploidie (plusieurs copies des chromosomes dans la même cellule).

Les conséquences vont être, l'inactivation phénotypique lors de la perte d'expression d'un allèle (cas des réarrangements ou de mutations des deux chromosomes ou de la perte d'un chromosome entier), ou l'absence d'expression phénotypique après inactivation des deux allèles.

- *la création de fusion de gènes codant pour des protéines chimériques* qui n'existaient pas mais qui s'avèrent pathologiques.
- *Le placement de gènes silencieux dans un environnement qui les active* ; leur expression peut alors s'avérer délétère pour l'organisme. »¹³¹

Notre hypothèse de travail, concernant les altérations génétiques qui seraient sous-jacentes aux troubles du développement affectant les petits patients de notre étude consiste donc à faire le lien étiologique entre :

- La contamination, par l'inhalation de particules diffusées dans l'air, et l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés, à l'époque des essais atmosphériques, par l'iode 131, par les vétérans du CEP, et les populations locales exposées aux retombées de radionucléides entre 1966 et 1974.

¹³⁰ HOFFMANN W., SCHMITZ-FEUERHAKEN I. : How radiation specific is the dicentric assay ?, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 1999, 2, 113-133.

¹³¹ MENAGER M.-T., GARNIER-LAPLACE J., GOYFFON M. : Toxicologie nucléaire environnementale et humaine, éd. Lavoisier / Editions Médicales Internationales, 748 p, pp 266-269.

- L'irradiation externe causée, toujours à l'époque des essais par les dépôts au sol, dans les réserves d'eau, et dans les fonds lagunaires, de césium 137, de strontium, de cobalt, de cadmium... qui se retrouvaient à des doses importantes dans l'alimentation à l'époque des essais.

Aussi bien dans le cadre de la contamination, que dans l'exposition à de fortes doses, les particules ionisantes continuent d'agir « in vivo », et elles sont à l'origine des effets « déterministes » toxiques et pathogènes bien connus.

Mais il s'agit aussi de comprendre l'interaction de ces deux phénomènes, avec celui de la contamination chronique potentielle par des radionucléides à demi vie longue et très longues, qui stagnent dans l'environnement polynésien, et qui n'ont pas été « lessivés » par les pluies, mais arrêté dans leur migration au travers de la couche superficielle des sols, aussi bien au niveau du sol basaltique des îles hautes, que dans les fonds des lagons, là où se développent la faune et la flore ingérée quotidiennement par les habitants de Polynésie ; ces radionucléides « isolés », d'origine artificielle, présents dans l'environnement, émetteurs alpha et gamma sont infra-déTECTABLES par les appareils de mesure utilisés dans la surveillance radiologique du « panier de la ménagère »¹³², mais producteur de « faibles doses de radioactivité », à l'origine, d'une part, d'une source permanente d'effets stochastiques, et d'autre part, au travers de l'irradiation des cellules germinales, de la production accélérée d'une instabilité génétique transmettant le matériel génétique « fautif » d'une génération à l'autre, avec une augmentation exponentielle sur l'espèce humaine, à l'instar de ce que Goncharova et collègues ont montré chez les petits mammifères de « l'après Tchernobyl ».

Le credo, porté par les scientifiques du siècle dernier, et repris à l'envie par les propagandistes de l'industrie nucléaire civile et militaire, et les instances politiques nationales ou internationales, consiste à définir un seuil de « toxicité » des irradiations : depuis le début de ce siècle, les preuves scientifiques s'accumulent montrant que ces phénomènes génétiques pathologiques peuvent être induit par de très faibles doses de radioactivité, bien inférieur au seuils habituellement définis.

Ainsi, le laboratoire local de l'IRSN, le LESE (Laboratoire d'Etude et de Suivi de l'Environnement de Vairao à Tahiti Iti), examine régulièrement des prélèvements issus du milieu biologique, essentiellement représenté par des denrées et portant sur les parties comestible ; il cherche, outre la quantification de l'iode radioactif (quasiment disparu) et du Césium 137, à doser le Cobalt 60 (émetteur gamma), et le Plutonium 238 et 239+240 (émetteur alpha)¹³³.

Dans ses rapports, soit les mesures n'ont pu être faites en raison de « panne des appareils de spectrométrie » (page 17) ou « d'aléas techniques » (page 19), soit les résultats sont « inférieurs aux mesures de détection ». On

¹³² Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française en 2009. Résultat du réseau de surveillance de l'IRSN, *Rapport DEI/SESURE n°2010-24*.

¹³³ Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie française en 2009. Résultat du réseau de surveillance de l'IRSN, *Rapport DEI/SESURE n°2010-24*.

conçoit le « sérieux » de ce type de surveillance, qui rassure à peu de frais sur la question de la toxicité génomique des radionucléides artificiels à très faibles doses présents pour des milliers d'années dans l'environnement polynésien; en outre, il convient de considérer que les quantités de ces radionucléides « produits localement » par le CEP, sont infiniment plus importantes que les quantités diffusées dans l'atmosphère, depuis un siècle, par l'activité nucléaire humaine.

Il est totalement « illogique », intellectuellement, d'affirmer qu'il n'y a pas, en Polynésie, un taux de radioactivité artificielle supérieure à celui de l'hémisphère nord, découlant des 520 explosions atomiques réalisées dans l'atmosphère entre 1945 et 1998, à partir des taux de détection fonctionnant sur une logique de « seuil », et de débit de dose.

La situation en Polynésie est certainement plutôt comparable, quant à la quantité globale de radionucléides alpha présents dans l'environnement, à celle des sites d'expérimentation russes (Semipalatinsk), où les autorités n'ont pu que reconnaître les dégâts sanitaires importants sur les populations locales vivant dans un écosystème durablement pollué par des radionucléides répandus localement du fait d'essais nucléaires atmosphérique, même si le système de radio surveillance ne met pas en évidence ces radionucléides, car cette surveillance est indicée sur des normes qui ne concerne pas la question des très faibles doses de radioactivité.

C'est par Kg que du plutonium a été répandu sur les motus de Moruroa et Fangataufa, lors des « essais de sécurité », et diffusé par les retombées sur l'ensemble des terres émergées des 5 archipels de Polynésie ; à Moruroa, les dalles de bétons coulées au dessus des kg de dépôts des « explosions de sécurité », pour faire sarcophage, sont fendues ; on sait également, par des documents militaires déclassifiés, que nombre de tirs souterrains n'ont pas produit, au fond des puits de tirs, l'effet de vitrification des roches attendu pour contenir les particules produisant des rayonnements ionisants ; de la même manière, une grande partie du matériel métallique contaminé à l'époque des essais (câbles, fils électriques, poutrelles...) ainsi que les blockhaus de béton, sont également devenus « radioactifs », et ont été disséminés dans la région, et particulièrement à Hao ; c'est donc des quantités importantes d'émetteurs ionisants à très faibles doses qui sont toujours présents localement, et qui continuent d'intégrer la chaîne alimentaire, que ce soit au niveau des poissons et des crustacés de lagon, qu'au niveau des poissons pélagiques « voyageurs », qui fréquentent la « zone démersale » des atolls de Moruroa et Fangataufa, qui comprend l'eau proche des côtes ou du fond marin, où ont migré, par densité, les radionucléides les plus lourds, à partir des failles inéluctablement produites dans les sols coralliens et basaltiques de ses motus, qui s'enfonçaient dans la mer, à l'époque des tirs souterrains, à la vitesse de 2 cm par an.

Il importe de noter que la perméabilité des roches composant les formations volcaniques immergées de Moruroa et Fangataufa sont estimées comme étant « faibles à très faibles » sur le plan de la perméabilité¹³⁴, mais bien supérieure à celle des roches considérées comme imperméables (comme les sols argileux repérés comme étant ceux pouvant « accueillir » à moindre risque des enfouissements de déchets nucléaires). De plus, ces perméabilités sont « très

¹³⁴ La dimension radiologique des Essais nucléaires français en Polynésie. A l'épreuve des faits, Ministère de la Défense, 2006, p 27.

contrastées » sur l'épaisseur du massif basaltique, et ne garantissent en rien des échanges entre les puits de tirs sous terrains, avec le milieu maritime extérieur (mer), ou intérieur (lagon).

Pourtant, pour les autorités françaises du Ministère de la Défense¹³⁵, « *par l'action conjointe du lessivage par les eaux de pluie des radionucléides déposés sur les sols et leur migration vers des horizons plus profonds, l'activité massique des radionucléides présents dans les sols a décliné plus rapidement au cours du temps que par le simple fait de la décroissance radioactive de ces radionucléides. En conséquence, la contribution de la composante tellurique des sols, en particulier des sols coralliens, au débit de dose ambiant des îles est généralement faible et inférieur à celle de la majorité des sols métropolitains et ce, en raison des niveaux d'activité très bas de certains radionucléides appartenant aux séries naturelles de l'uranium et du thorium* ».

On constate ici, que l'activité des radionucléides émettant en alpha et Beta, activité qui ne s'exerce qu'au contact direct des cellules vivantes en cas d'ingestion ou d'inhalation, est ignorée, au service d'un « plaidoyer » en faveur d'une « faible radioactivité des sols », alors que :

- les dérivés des explosions nucléaires (plutonium, uranium, thorium...) sont obligatoirement en plus grande importance que dans les régions qui n'ont été contaminées que par des retombées beaucoup moins « denses » car beaucoup plus éloignées des lieux de tir.
- la vraie question est celle de la capacité de ces radionucléides à produire une toxicité à « très faibles doses », lorsque ces radionucléides sont ingérés.
- il est maintenant connu, pour Moruroa et Fangataufa, que les militaires utilisaient les sommets des 25 puits souterrains pour entasser des tonnes de déchets radioactifs, mélangeant d'ailleurs, ce qui est interdit par les lois françaises, les déchets radioactifs à longue durée de vie (uranium, plutonium ...) avec les autres, et que la seule protection consistait dans le coulage d'une couche de béton (dont certaines photos montrent clairement que ce béton est aujourd'hui fracturé à certains endroits, méthode qui ignore totalement les contacts profonds entre le corail et le basalte fissuré et le milieu ambiant, intra et extra lagunaire.

A ce propos, la CRIIRAD demandait déjà, dans un communiqué du 4 mars 1999¹³⁶, le classement des atolls comme sites de stockage de déchets radioactifs :

« Sur la base du terme source tel que l'a évalué l'expertise AIEA, l'activité totale des déchets accumulés dans les sous-sols des atolls atteint 13 729 TBq à Moruroa et 3 482 TBq à Fangataufa. Ces valeurs sont respectivement 371 fois et 94 fois supérieures au seuil de classement comme installations nucléaires de base (INB), catégorie qui regroupe les installations les plus importantes : centrales nucléaires, usines de retraitement et principaux centres de stockage de substances radioactives. »

¹³⁵ La dimension radiologique des Essais nucléaires français en Polynésie. A l'épreuve des faits, Ministère de la Défense, 2006, p 241.

¹³⁶ <http://www.criirad.org/actualites/communiqués/moruroa.html>

Par ailleurs, cette question du « lessivage » complet des sols coralliens constitue également une contrevérité... qui est d'ailleurs contredite dans le chapitre suivant : « *pour les radionucléides comme le Césium137, de période de 30 ans, le sol a joué le rôle d'un réservoir à partir duquel, par transfert racinaires, les végétaux ont été contaminés. Aujourd'hui, les niveaux de ces radionucléides dans les végétaux sont à l'état de traces pour l'ensemble des îles polynésiennes. Les radionucléides à vie courte, comme les isotopes de l'iode n'ont été mesurés (à Tahiti dans le lait), que pendant les campagnes d'essais atmosphériques, en particulier suite à l'essai Centaure. L'évolution au cours du temps des éléments comme le Cs137 a suivi une décroissance de période effective de l'ordre de 13 ans jusqu'au début des années 90 ; depuis, la persistance de ce radionucléide dans les sols de pâturage à des très faibles niveaux dans les sols et l'existence de Fc plus élevés pour les graminées fourragères dont se nourrissent les vaches explique une décroissance plus lente d'environ 30 ans proche de celle de la période radioactive* ». ¹³⁷

Voici un très bel exemple, dans l'optique d'une « lecture psychiatrique » de ce verbiage pseudo-scientifique, de ce que l'on appelle en psychopathologie, la construction étayée d'un déni, la construction d'un véritable « roman » sémantique qui vient conforter la nécessité que, devant « l'évidence », il n'y a surtout rien à voir.

Et, une fois de plus les radionucléides à demie vie longue, émetteurs alpha et bêta, qui sont toxiques à très faible dose, lorsqu'ils sont ingérés au travers d'aliments végétaux ne sont pas évoqués (ni recherchés) alors là même qu'eux aussi, peuvent contaminer les végétaux, par « **transfert racinaire** ».

Il importe par ailleurs de se souvenir que, même sur la « base arrière du CEP », à Hao, l'ensemble des personnels civils et militaires ont été contaminés par de faibles doses : pilotes et agents de maintenance des avions (et équipements aériens), qui « mesuraient » la radioactivité en traversant les nuages radioactifs, (avions qui étaient nettoyés sur la piste de l'aéroport de Hao, ou de la radioactivité alpha est encore aujourd'hui mesurable¹³⁸), personnels militaires (marins des frégates d'observation), et de transport des matières fissiles, scientifiques, météorologistes..., ouvriers de tous corps de métiers, soudeurs, plongeurs, électriciens, charpentiers, conducteurs, cuisiniers (la chambre froide des cuisines de Hao, en particulier, recevait en transit, les corps des personnels décédés d'irradiations massives, avant leur acheminements à Tahiti (Hôpital Jean Prince), où ils étaient alors confinés dans des cercueils plombés qui partaient pour la Métropole...).

Il semble également (selon les récits qui nous ont été faits par des vétérans), que de nombreux matériels « militaro-industriels » aient été, pendant des années, rapatriés en métropole, en direction des usines militaires de

¹³⁷ La dimension radiologique des Essais nucléaires français en Polynésie. A l'épreuve des faits, Ministère de la Défense, 2006, p 241.

¹³⁸ CRIIRAD : Compte rendu de la mission préliminaire de contrôles radiologiques sur l'île de Mangareva et les atolls de Tureia et Hao (Polynésie française) – Etude réalisée par le Laboratoire de la CRIIRAD à la demande de la Commission d'Enquête sur les conséquences des essais nucléaires aériens, janvier 2016.

décontamination de Métropole, dans des noria de cargos, après avoir été stockés, sans protection particulière, « à fond de cale » de ces navires.

En ce qui concerne les populations exposées, de façon plausible, aux retombées des nuages radioactifs générés par les tirs nucléaires des essais atmosphériques en altitude, on peut également suspecter un risque de contamination lors de la période 1966 -1974. Selon la CRIIRAD¹³⁹, après le tir du 2 juillet 1966, par exemple, les Iles Gambier ont été exposées à un niveau de radiation 1000 fois supérieur à celui enregistré par les capteurs de la centrale du Bugey, après le passage du nuage de Tchernobyl en mai 1986.

Selon l'AIEA, lors de son rapport de 1998, seulement 5 des 46 tirs atmosphériques avaient été reconnus comme « polluants ». Rétrospectivement, il semble pourtant que le nombre d'essais polluants ait été bien supérieur, et les derniers documents militaires déclassifiés évoquent 350 retombées sur l'ensemble des 5 archipels polynésiens.

Même s'il s'agit de faibles doses, on note de façon résiduelle aux Tuamotu et aux Gambier, la persistance de radionucléides d'origine artificielle, et en particuliers de radionucléides émetteurs de rayonnement alpha ou gamma (uranium, plutonium, américium, strontium...) et des quantités importantes de tritium et de carbone 14 radioactif, dont les conséquences à la suite d'ingestions chroniques - en termes d'exposition interne à l'organisme - ne sont certainement pas neutres.

Dans son rapport intitulé « *Compte rendu de la mission préliminaire de contrôles radiologiques sur l'île de Mangareva et les atolls de Tureia et Hao* » (janvier 2006)¹⁴⁰, la CRIIRAD dénonce les chiffres officiels concernant la radioactivité communiqués par la DIRCEN¹⁴¹, sur les atolls où se sont tenues les activités du CEP :

Des comparaisons effectuées avec les rares données militaires officielles sur les retombées de 1966 à 1974 font apparaître une irradiation importante liée au passage de masses d'air contaminées suite à certains essais atmosphériques. Le 2 juillet 1966, le niveau de radiation aux Gambier était plus de 1 000 fois supérieur à celui relevé, en France métropolitaine, après le passage du nuage de Tchernobyl (et plus de 100 fois supérieure, le 12 juin 1971, à Tureia). Le dépôt au sol des radionucléides contenus dans l'air a entraîné, à l'époque des essais, une contamination très importante des eaux, des sols et des denrées alimentaires.

¹³⁹ Commission de Recherches et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité, www.criirad.com

¹⁴⁰ CRIIRAD : Compte rendu de la mission préliminaire de contrôles radiologiques sur l'île de Mangareva et les atolls de Tureia et Hao (Polynésie française) – Etude réalisée par le Laboratoire de la CRIIRAD à la demande de la Commission d'Enquête sur les Conséquences des Essais Nucléaires Aériens de l'Assemblée de Polynésie française, janvier 2016.

¹⁴¹ Direction des centres d'expérimentations nucléaires (DIRCEN) qui avait une organisation « mixte » Armées et CEA.

- L'activité des eaux de pluie a dépassé, aux Gambier et à Tureia, le 26 septembre 1966, respectivement 850 millions de fois et 199 millions de fois le niveau de radioactivité naturelle des précipitations.
- L'activité des eaux de pluie aux Gambier, le 26 septembre 1966, a été 69 000 fois supérieure aux valeurs maximales publiées par la DIRCEN pour les eaux de captage des Gambier (essai du 2 juillet 1966).
- L'activité des eaux de pluie à Tureia, le 26 septembre 1966, a été 600 fois supérieure aux valeurs maximales publiées par la DIRCEN pour les eaux de citerne de Tureia (essai du 12 juin 1971).

« Ces évaluations montrent que les bilans officiels publiés par la DIRCEN en 1998 (quelques milliSieverts par an au maximum) sous-estiment fortement l'impact radiologique des retombées sur la population. Il convient de souligner que les évaluations de doses conduites par la DIRCEN ne prennent pas en compte toutes les retombées, ne tiennent pas compte de la radiosensibilité très élevée des enfants, négligent certains radionucléides comme les isotopes du plutonium, le tritium et le carbone 14 - pourtant présents dans les retombées comme le montrent certains des résultats de la campagne de mesure CRIIRAD (boue de citerne à Tureia et tranche du tronc d'un cocotier à Rikitea). Ces évaluations officielles ne tiennent pas compte par ailleurs des modes de vie réels des populations (ingestion directe des eaux de pluie par exemple).

La plus grande part de cette irradiation externe et de cette contamination interne a été induite par des radionucléides de relativement courte période. Trente à quarante ans après les retombées, ces radionucléides à courte période ont totalement disparu. Une partie des effets sanitaires induits sur les populations exposées à l'époque, ou sur leurs descendants, a déjà pu se manifester, d'autres pathologies sont à venir. »

Par ailleurs, sur le plan des retombées radioactives, plusieurs Matahiapo (personnes âgées), rencontrés au décours de nos consultations, pas seulement aux Gambier ou aux Tuamotu, mais particulièrement dans les Iles sous le Vent (Raiatea, Tahaa...), nous ont raconté, à l'époque des essais atmosphériques (tir Centaure du 17 juillet 1974, retombées du 19 au 20 juillet), les mêmes brûlures cutanées étendues, subies par les enfants de l'époque, du fait des « pluies acides » qui retombaient sur les atolls du sud des Tuamotu (et les 10 tirs ayant officiellement produits des retombées sur Hiva Oa par exemple)¹⁴².

Ces brûlures, chez les personnes qui ne s'abritaient pas compte tenu de l'absence totale de mesures de protection, en dehors des atolls proches de Moruroa, (et particulièrement les enfants) étaient causées par des expositions directes, transcutanées, à des radionucléides, qui pénétraient ensuite dans la terre arable des îles hautes, et qui ont contaminé par la suite toute la végétation. L'origine des palmiers « bifides », visibles sur certains atolls du sud des Tuamotu, par exemple, représente vraisemblablement une expression des effets stochastiques génétiques liés aux retombées nucléaires. De la même façon, toutes les plantes sont en capacité, par leurs racines d'être en contact avec des radionucléides à demie vie longue, donc toxiques biologiquement à très faibles doses, présents dans des « poches » coralliennes, et dans la couche de terre recouvrant les sols rocheux des îles hautes.

¹⁴² La dimension radiologique des Essais nucléaires français en Polynésie. A l'épreuve des faits, Ministère de la Défense, 2006.

Il est intéressant de comparer la situation des anciens sites d'expérimentation du CEP avec la région entourant la cité Kazaque de Kourtchatov, autrement nommée, telles ces villes qui « n'existaient pas », « *Semipalatinsk-16* », près de laquelle il y a eu 456 explosions en 40 ans¹⁴³.

Le directeur de l'Institut des Radiations Médicales du Kazakstan, Kazbeck Abasalikov, affirme que le taux de mortalité des populations proches du site d'expérimentation (plus de 350000 habitants) est de deux fois supérieur à la normale, et le risque de développer des tumeurs malignes 2,5 fois plus élevé. On note également que le pourcentage d'handicapés mentaux était trois fois plus élevé près de Kourtchatov que dans le reste du Kazakstan.

En Polynésie, est-ce que les autorités sanitaires polynésiennes ou françaises (civiles ou militaires) se sont organisées pour mener ce type de comptage épidémiologique ???

Apparemment non, à moins que, dans ce domaine comme dans les autres, des études soient menées par le Service de Santé des Armées, mais que les résultats ne soient pas publiés, peut-être car la population seraient trop « infantile », ou « non-préparées » vis-à-vis de ce type d'information (comme aiment à le penser de façon paternalistes les autorités militaires et politiques françaises depuis les années 1960). Ce type d'études pourrait par contre être mené dans tous les autres pays, mais pas dans celui qui aurait réalisé les seuls « *essais nucléaires propres* » de la planète ?

Voilà 50 ans que des associations, des individus engagés, des mouvements politiques demandent expressément à ce que des études épidémiologiques sérieuses soient menées à l'échelle du pays, et plus spécifiquement dans certaines zones proches du CEP, mais, manifestement, il est urgent d'attendre..., ou de ne rien faire..., comme s'il y avait toujours quelque chose à cacher.

Ce déni, quant à la toxicité génétique du « fait nucléaire », n'est pas uniquement l'apanage des autorités françaises.

A l'unisson, les autorités politiques et sanitaires des pays « développés » assurent qu'« *aucune analyse de la natalité, ainsi que d'éventuels effets tératogènes n'a permis de démontrer un impact significatif de la catastrophe sur la mortalité infantile ou l'émergence de malformations* »¹⁴⁴, après la catastrophe de Tchernobyl, comme après les explosions d'Hiroshima et Nagasaki, à proximité des sites d'essais nucléaires russes, chinois et américains, et autour des lieux d'accidents nucléaires industriels (Three Miles Island, Maskov....).

C'est en tout cas la thèse de la « science officielle », relayée par l'OMS¹⁴⁵, et l'UNSCEAR¹⁴⁶.

¹⁴³ VILLAIN J. : Le livre noir du nucléaire, Fayard, 2014.

¹⁴⁴ FLURY-HERARD Anne : Tchernobyl : 25 ans après, quel impacts sanitaires ?, *Prosinfo, Lettre d'Information de l'Unité Prositon, CEA, DSV*, n°8, juin 2011.

¹⁴⁵ OMS : Health effects of the Chernobyl accident and special health care programs, 2006.

¹⁴⁶ UNSCEAR 2008 : Sources and effects of ionizing radiation report to the general Assembly – Health effects due to radiation from the Chernobyl accident, volume II, annex D, 2011.

Mais, comme nous allons le voir dans le chapitre suivant, une conjonction d'études épidémiologiques et de recherches génétiques, dans un contexte scientifique spécifique de plus en plus favorable, depuis une dizaine d'années, prennent désormais en compte les éléments jusque là considérés comme « tabou » dans le domaine de la radiobiologie, et permettent, dans le cadre de larges collaborations internationales, d'interroger les liens mystérieux entre radiations ionisantes et dégâts sanitaires d'origine génétique.

« Etat des lieux » de la littérature sur les effets pathogènes des différents « faits nucléaires »

Un certain nombre de recherches ont été entreprises après la fin des essais nucléaires, après avoir été longtemps occultées par la communauté scientifique.

Déjà, dès 1957, le mouvement *Pugwash* regroupant des chercheurs des professions médicales des deux Blocs avait alerté sur les effets génétiques des retombées des essais nucléaires¹⁴⁷, alerte qui avait incité les trois puissances nucléaires de l'époque à décider un moratoire des essais aériens en octobre 1959.

La radiobiologie, jusqu'à ces dernières années, avait établi ses normes et ses hypothèses en terme de pathogénie, en grande partie à partir des résultats épidémiologiques liés à la surveillance sur plusieurs générations des survivants des deux premières bombes atomiques lancées en 1945 à Hiroshima et Nagasaki.

Dans ce cas, il s'agissait d'étudier des effets liés à une irradiation violente externe, extrêmement limitée dans le temps, et non à une contamination interne à faibles doses par des particules radioactives microscopiques ingérées ou inhalées, comme après l'incident de Tchernobyl, ou sur les sites ayant été contaminés par de multiples retombées d'essais nucléaires.

Au total, les 46 essais atmosphériques en Polynésie représentent, en matériel fissile, l'équivalent de 675 fois les explosions d'Hiroshima et Nagasaki.

Les retombées, selon les derniers documents militaires déclassifiés, se montent à 350 sur l'ensemble des îles et atolls polynésiens, entre 1966 et 1974.

Selon la CRIIRAD, le tir inaugural de juillet 1966, par exemple, a exposé les îles Gambier à un niveau de radiation 1000 fois supérieure à celui enregistré par les capteurs de la centrale du Bugey, après le passage du nuage secondaire à l'explosion du réacteur nucléaire de Tchernobyl.

Mais la pénétration de ces radionucléides produits par ces expérimentations nucléaires, dans les organismes vivants, va se faire de façon variable, beaucoup moins violente, plus lente et plus progressive, mais sur un grand nombre d'années, en comparaison des effets de l'explosion des deux bombes de la fin de la deuxième guerre mondiale.

L'étude Adult Health Study / Life Span Study¹⁴⁸, sur plusieurs milliers de survivants durant ces cinquante dernières années, et sur leur descendance, effectuée par les autorités sanitaires japonaises, sous contrôle pendant plus de

¹⁴⁷ « Une seconde conséquence principale des retombées globales, se trouve dans les mutations génétiques. Nous estimons qu'elles causeront un préjudice sérieux à autant d'individus que ceux chez qui la leucémie ou le cancer des os seront provoqués par le strontium 90. Toutefois, les effets génétiques résultant d'une quantité donnée de retombées, au contraire des effets du strontium 90, seront disséminés sur plusieurs générations. » Déclaration *Pugwash* du 11 juillet 1957.

¹⁴⁸ http://www.rerf.jp/library/archives_e/lstitle.html

SOCOL Y., DOBRZYNSKI L. : Atomic Bomb Survivors Life-Span Study: Insufficient Statistical Power to Select Radiation Carcinogenesis Model, *Dose-Response*, 2015, 13, 1, 17p.

trente ans par les autorités sanitaires américaines (!) avec le soutien de l'UNSCEAR, n'ayant pas montré de façon évidente une augmentation d'anomalies génétiques et de problèmes de développement, cette question a été « enterrée » pendant un demi siècle.

Ainsi, dans toute la littérature médicale jusqu'au début des années 2000, le dogme officiel était qu'« *on n'a retrouvé aucun effet génétique héréditaire, c'est à dire à la descendance, que l'irradiation concerne les enfants in utero, les enfants ou les adultes. C'est d'ailleurs un sujet d'étonnement, car c'est un phénomène qu'on connaît chez l'animal, chez la souris notamment, mais qu'on a jamais mis en évidence chez l'homme ; on ne connaît pas d'effet héréditaire radio-induit chez l'homme et les malformations héréditaires majeures ou mineures après irradiation ne sont pas significativement différentes des malformations spontanées* » (!).

Mais ce dogme est désormais battu en brèche par un certain nombre d'observations cliniques, et par certaines études épidémiologiques, même si l'augmentation du nombre de pathologies héréditaires est difficile à mettre en évidence, en raison d'une fréquence non négligeable, mais relativement peu élevée, et des nombreux biais des études statistiques.

Le retard d'apparition de pathologies héréditaires, voire même semble-t-il, l'apparition plusieurs générations après l'irradiation prénatale, complique l'observation.

Sur le plan radiobiologique, deux nouvelles notions viennent donc étayer la remise en question du dogme jusque là établi : *la réalité des effets génétiques imputables à l'ingestion chronique de faibles doses de radionucléides alpha d'une part, et la transmission d'une instabilité génomique à partir de l'irradiation des gamètes des sujets exposés à la radioactivité, aux générations suivantes, d'autre part*¹⁴⁹.

Cette instabilité génomique peut être « compensée » pendant plusieurs générations, puis s'exprimer par des manifestations anormales, sans que l'on comprenne aujourd'hui encore la raison du déclenchement de ces troubles, au départ « récessifs », mais qui échappent aux règles de la génétique mendélienne.

De la même manière, l'observation *d'effets stochastiques*, et de *l'effet bystander* (transmission d'une information génétique « fautive » d'une cellule irradiée à une autre cellule non irradiée), apportent des éléments de compréhension quant à l'apparition retardée de certains cancers¹⁵⁰.

Les mécanismes biochimiques qui conduiraient à ce type d'anomalies génétiques, ainsi que les structures génomiques modifiées, qui apparaissent comme des marqueurs des remaniements liés aux effets de la radioactivité, commencent à être explorées dans de multiples laboratoires de recherche en biologie moléculaire : les travaux actuels font état d'hypothèses de dysfonctionnement de la méthylation de l'ADN, et autres dysfonctionnements

¹⁴⁹ MUGHAL S.K., MYAZIN A.E., ZHAVORONKOV L.P., RUBANOVICH A.V., DUBROVA Y. : The Dose and Dose-Rate Effects of Paternal Irradiation on Transgenerational Instability in Mice: A Radiotherapy Connection, *PLoS ONE*, 2012, 7(7).

¹⁵⁰ Cf les écrits d'Abraham BEHAR dans la Bibliographie.

enzymatiques (acétylation, phosphorylation), de défaut de synthèse des protéines « *senseur* » (détectant les lésions et activant la réparation de l'ADN : complexes MRN ou RAD17, kinases ATM et ATR¹⁵¹) ou des protéines « *onco-suppressives* » (P53 « *binding protein* ») et des transporteurs membranaires, d'anomalies au niveau des télomères, de mutations au niveau des mini et microsatellites du génome¹⁵²...

On ne recherche plus seulement aujourd'hui les habituelles cassures de brins d'ADN, la création de chromosomes dicentriques ou circulaires, ou des mutations massives, qui étaient jusque là considérées comme les seuls marqueurs biologiques des effets de la radioactivité.

Les résultats des premières recherches effectuées dans ce domaine, depuis le début de ce siècle, commencent à être connus :

- L'étude du Professeur Al Rowland de l'Université Massey en Nouvelle-Zélande, publiée en 2008¹⁵³, réalisée sur 50 vétérans des essais nucléaires britanniques des années 1957 et 1958 à Christmas Island, a permis de montrer que, même cinquante ans après une irradiation due aux essais nucléaires, on peut constater des altérations de l'ADN trois fois plus importantes que pour un groupe contrôle.

- A la même époque, le Professeur Parmentier de l'Institut Gustave Roussy¹⁵⁴, soignant des patientes polynésiennes atteintes de cancers de la thyroïde, avait réalisé une étude sur l'ADN de ces patientes, et aboutissait à des conclusions identiques à celles de l'étude néo-zélandaise.

¹⁵¹ LAVIN M.F. : ATM and the Mre11 complex combine to recognize and signal DNA double-strand, *Oncogene*, 2007, 26, 7749-7758.

LEE J.H, PAUL T.T. : Activation and regulation of ATM kinase activity in response to double-strand breaks, *Oncogene*, 2007, 26, 7741-7748.

¹⁵² Les microsatellites sont présents tout au long du chromosome, selon RAMEL (1997), en partie autour du centromère, mais chez l'homme, ils sont surtout localisés aux extrémités du chromosome, et ils vont jouer un rôle important dans la constitution des télomères pendant la mitose, et donc à leur éventuelle perturbation. Il se trouve que l'instabilité des mini et microsatellites est considérable, et peut atteindre 96 %, ce qui expliquerait le polymorphisme des individus. Ce sont des séquences de bases répétées en tandem se suivant en double dans les génomes eucaryotes : des microsatellites lorsqu'ils comptent entre 100 et 500 paires de bases, et des microsatellites de 2 à 4 paires de bases ; ils se transmettent normalement de façon identiques des parents aux enfants.

BOREHAM D.R., DOLLING J.-A., SOMERS C., QUINN J., MITCHEL R.E. : The adaptative response and protection against heritable mutations and fetal malformation, *Dose-Response*, 2006, 4, (4), 317-326.

¹⁵³ WAHAB M.A., NICKLESS E.M., NAJAR-M'KACHER R., PARMENTIER C., PODD J.V., ROWLAND R.E. : Elevated chromosome translocation frequencies in New Zealand nuclear test veterans, *Cytogenetic Genome Research*, 2008, 121, 79-87.

AL ROWLAND R.E. et all. : Elevated chromosome translocation frequencies in New Zealand nuclear test veterans, *Institute of Bioscience*, Palmerston North, 2008.

AL ROWLAND R.E., PODD V., WAHAB M.A., NICKLESS E.M., PARMENTIER C., M'KACHER R. : New Zealand nuclear test veterans' study – a cytogenetic analysis, Institute of Molecular BioSciences, Massey University, Palmerston North - UPRES EA 27-10, IGR, France, 2007.

¹⁵⁴ VILOLOT D., M'KACHER R.E., ADJADJ E., DOSSOUL J., de VATHAIRE F., PARMENTIER C. : Evidence of increased chromosomal abnormalities in French Polynesian thyroid cancer patients; in *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, Vol. 32, No. 2, February 2005.

- Le rapport du Parlement australien sur les « *Participants australiens aux essais nucléaires britanniques* », publié le 6 octobre 2006, reprend les études de Sue Rabbit Roff¹⁵⁵ de l'Université de Dundee (1997, 1998 et 2003), qui démontrent une augmentation indéniable de la fréquence des cancers dans la population exposée de ces « vétérans » des essais nucléaires australiens (études de 1997 et 1998), mais pas chez les vétérans britanniques (étude de 2003).

- Une étude conduite par le Professeur Busby¹⁵⁶ (Green Audit) a pu mettre en évidence, en 2007, une augmentation d'un facteur 10 du taux de malformations congénitales dans la descendance de ces vétérans des essais nucléaires britanniques (8,5 pour les petits-enfants), et un taux de fausses couches 2,75 fois supérieur, par rapport à un groupe témoin. Il semble probable que ces effets soient liés, moins à une irradiation aiguë externe, qu'à une exposition interne chronique à de faibles doses de radionucléides.

- En 2008, le docteur Jean-Louis Valatx¹⁵⁷, à partir d'une étude sur 1800 questionnaires adressés aux vétérans métropolitains des essais de l'association AVEN¹⁵⁸, met en évidence que 18,8 % des couples ont subi une ou plusieurs fausses couches, 32,9 % de couples n'ont pas eu d'enfants, dont 25 % en raison de stérilité masculine. Parmi les 3022 enfants nés après les essais, 405 enfants (13,4 %) présentent des anomalies congénitales plus ou moins importantes. 23,5 pour mille des enfants sont décédés à la naissance ou au cours de la première année de vie, ce qui représente plus de trois fois la mortalité infantile en France¹⁵⁹.

- Antérieurement à ces travaux, une étude indépendante avait été réalisée concernant les enfants de Rongelap par Rosalie Bertell, chercheuse de l'International Institute of Concern for Public Health de Toronto (Canada). L'enquête a été publiée en juin 1989 sous le nom de « *Rapport au Congrès américain sur les problèmes de santé de la population de Rongelap* ».

Trente-quatre ans après l'essai Bravo du 1er mars 1954, Rosalie Bertell n'a pas pu obtenir de données sur les causes et le nombre des décès périnataux du Brookhaven National Laboratory.

Voici le compte rendu de cette étude publié par Bruno Barrillot dans le numéro 4 de la publication « *Les Notes de l'Observatoire* », en février 2016.

http://www.obsarm.org/IMG/pdf/notes_no_4-2016_ge_ne_ration_bombe.pdf

¹⁵⁵ RABBITT ROFF Sue : Mortalité et morbidité parmi les enfants et petits-enfants des membres de l'association des vétérans des essais nucléaires britanniques, in *Damoclès Hors-Série*, n°1/2000.

¹⁵⁶ <http://www.llrc.org/epidemiology/subtopic/testvetrept.pdf>
ou http://www.greenaudit.org/new_page_6.htm

¹⁵⁷ www.obsiven.org

¹⁵⁸ AVEN : Association des Vétérans des Essais Nucléaires.

¹⁵⁹ Les principales données de l'étude santé du Dr J.-L. Valatx se trouvent sur le site www.aven.org/aven-accueil-actions-medicales-enquete-sante.

Les enfants de Rongelap

L'essai thermonucléaire américain, dénommé Bravo, a eu lieu le 1er mars 1954 depuis l'atoll de Bikini. Les archives déclassifiées par l'administration Clinton révèlent que la population de l'atoll de Rongelap a été laissée plusieurs jours sous les retombées radioactives de l'essai Bravo... à des fins d'études. Les habitants de Rongelap ont été évacués par l'armée américaine le 3 mars 1954 sur l'atoll de Kwajalein.

En 1957, ils ont été réinstallés à Rongelap sur ordre de la Commission de l'énergie atomique américaine. Constatant l'énormité des problèmes de santé de cette population, le sénateur Jeton Enjain demanda à *Greenpeace* d'évacuer à nouveau la population de Rongelap sur les îles de Mejato et Ebeye de l'atoll de Kwajalein avec le Rainbow Warrior, en mai 1985.

De 1954 à 1985, les habitants de Rongelap ont été examinés comme des cobayes par l'Institut officiel américain *Brookhaven National Laboratory* situé dans l'état de New York.

Maladies des enfants de Rongelap

Elle a examiné, 271 enfants de Rongelap. Dans ce groupe, il y avait :

- **124 enfants dont l'un ou l'autre ou les deux parents ont été exposés aux retombées de l'essai Bravo du 1er mars 1954.** Parmi ces enfants, 50 ont développé 83 maladies (1,7 maladie par enfant)
- **147 enfants dont aucun des parents n'a été exposé aux retombées de l'essai Bravo, mais dont les grands-parents de certains d'entre eux étaient à Rongelap le 1er mars 1954.** Parmi ces enfants, 58 ont développé 87 maladies (1,5 maladie par enfant).

Parmi les 271 enfants examinés, 104 (**38,4 %**) ont montré des troubles médicaux préoccupants. Ces troubles médicaux comprennent des **maladies congénitales** telles que :

- syndrome de Turner chez les filles (petite taille et anomalie chromosomique) ; hydrocéphalie ; mongolisme ; pectum excavatum (malformation thoracique) ; asymétrie faciale ; luxation congénitale de la hanche ; grave difformité de la démarche ; problèmes auditifs. *On comptait un enfant autiste et cinq autres avec de graves problèmes médicaux tels que convulsions, épilepsie et paralysie* (pouvant provenir ou non d'une méningite non diagnostiquée).

et des maladies acquises telles que :

- impétigo ; rhinorrhée purulente ; otites fréquentes ; pneumonies ; bronchites ; parasites intestinaux ; infections rénales ; adénopathies...

Parmi ces 271 enfants, 20 (7,4 % des enfants) ont un souffle au cœur. Aux Etats-Unis, la proportion de cette maladie cardiaque chez les enfants est de 3 %.

Fausses couches des femmes de Rongelap

Le docteur Glenn H. Alcalay, professeur d'anthropologie de l'Université de New York a vécu deux ans aux Marshall, dans les années 1970, comme volontaire du Peace Corps, puis il a effectué des missions aux Marshall à sept

reprises, y compris sa participation à l'évacuation des habitants de Rongelap par Greenpeace en mai 1985. De juillet 1990 à août 1991, il a effectué ses recherches aux Marshall dans le cadre de ses études doctorales en anthropologie médicale.

Ayant contacté le *Brookhaven National Laboratory* qui avait la charge officielle du suivi médical des habitants de Rongelap à la suite de l'essai Bravo du 1er mars 1954, il lui fut répondu que le laboratoire disposait d'une bonne documentation sur les problèmes thyroïdiens et sur quelques cas de cancer, mais qu'il n'y avait aucun problème du côté des femmes.

En mars 1995, Glenn H Alcalay publie un rapport sur les effets des retombées des essais thermonucléaires américains sur la santé des femmes marshallaises avant et après 1952 (date du premier essai thermonucléaire américain à Bikini). Ce rapport qui contredit les études officielles porte sur 830 femmes des Marshall habitant ou ayant habité à Rongelap et dans les atolls situés dans un rayon de 1 000 kilomètres. Glenn H Alcalay, qui parle couramment la langue des Marshall, a relevé principalement les problèmes de fausses couches et d'enfants mort-nés rencontrés par ces femmes.

Iles concernées	Nombre de femmes	Fausses-couches avant 1952	Fausses couches après 1952	Enfants morts-nés avant 1952	Enfants morts-nés après 1952
Rongelap, Ujae, Lae, Likiep, Utirik, Ailuk, Mili, Wotje, Namorik, Jaluit.	830	38	437	14	137

Dans les *Notes de l'Observatoire*, n°4 février 2016, Bruno Barrillot a résumé ce que l'on sait sur les **Enfants des anciens travailleurs et militaires de Moruroa**¹⁶⁰ :

« Les 2464 anciens travailleurs de Moruroa inscrits sur les listes de l'association Moruroa e tatou ont déclaré avoir eu 9 608 enfants, parmi lesquels 130 sont décédés à la naissance ou avant l'âge de 1 an. On peut légitimement comparer cette mortalité infantile à celle de la métropole qui est de 3,5 décès d'enfant de moins de 1 an pour 1000 naissances vivantes.

En effet, les autorités françaises ne cessent de proclamer que la Polynésie française a atteint le niveau de vie des pays développés.

Si l'on s'en tient au taux de mortalité infantile de la métropole, les décès attendus pour les 9 608 enfants d'anciens travailleurs polynésiens, auraient dû être autour de 33,6 décès. Or avec 130 décès d'enfants, la mortalité infantile dans les familles d'anciens travailleurs est de 13,5 décès pour 1 000 naissances vivantes, soit près de 4 fois plus que dans les familles de métropole et près du double de celle de la Polynésie française en 2014.¹⁶¹

L'étude du docteur Jean-Louis Valatx, ancien président de l'Association des vétérans des essais nucléaires, datant de 2008, montre que 18,8 % des compagnes et épouses des vétérans ont eu une ou plusieurs fausses couches. Portant sur 1 800 questionnaires, 32,9 % des répondants ont déclaré n'avoir pas eu d'enfants, 25 % signalant leur stérilité. La mortalité infantile est considérable parmi les 3 022 enfants déclarés : le docteur Valatx a recensé un

¹⁶⁰ http://www.obsarm.org/IMG/pdf/notes_no_4-2016_ge_ne_ration_bombe.pdf

¹⁶¹ *Tahiti Infos*, 30 janvier 2014 : « La mortalité infantile en Polynésie française est de 7,5 décès d'enfants de moins de un an sur 1 000 naissances vivantes. »

taux de 25 décès d'enfants de moins de 1 an pour 1 000 enfants vivants¹⁶². Les conséquences des contaminations ou irradiations sur l'hérédité étaient connues des médecins militaires dès le début des essais de la France en 1960, puisque certains vétérans témoignent que les médecins militaires leur recommandaient à l'issue de leur service au Centre saharien d'expérimentation militaire (Reggane) de ne pas chercher à avoir d'enfants dans les prochaines années¹⁶³.

Les risques génétiques liés aux retombées radioactives sur les populations des îles polynésiennes des Gambier sont explicitement évoqués par le colonel Aeberhardt, médecin militaire et directeur du SMCB, lors de la réunion préparatoire aux essais en Polynésie rassemblant à Paris toute la hiérarchie civile et militaire engagée dans le programme des essais.

Le colonel Aeberhardt notait les caractéristiques propres à la population des Gambier « impliquant un risque génétique plus élevé que pour une population européenne de même importance » et que des normes très strictes devaient être observées « justifiant une interdiction de tir lorsque les prévisions de retombées menacent les Gambier, Reao ou Tureia. »¹⁶⁴

Dans d'autres contextes (explosions nucléaires civiles ou militaires), des constatations similaires ont été mises en évidence.

Dans les années qui ont suivi l'accident de Tchernobyl, G.I. Lazjuk¹⁶⁵ évoque une multiplication par 10 des anomalies génétiques dans la République Biélorusse : dans les zones rurales contaminées (région de Gomel), la fréquence de malformations a clairement augmenté depuis 1987 : elle est de 39 % dans les districts « témoins » (césium¹³⁷ < 1 Ci/km²) et elle croît avec le niveau de contamination du sol, jusqu'à 79 % pour les zones contaminées à plus de 15 Ci/km². Ces malformations consistent essentiellement en des anomalies de formation du cerveau, des becs de lièvres et fentes palatine, des polydactylies, reins doubles et urètres doubles, atrophies des membres.

On a fait le même constat en Ukraine, où les anomalies de développement cérébral ont augmenté de 63,7 % pendant les 5 ans qui ont suivi l'accident de Tchernobyl. On note en particulier une augmentation de 110,4 % des cas d'hydrocéphalie¹⁶⁶.

¹⁶² www.obsiven.org

¹⁶³ Témoignage de Jean-Paul Demange, vétéran des essais de Reggane : « *Quand j'ai quitté l'armée, le toubib m'a dit froidement : "Il vaudrait mieux que vous n'ayez pas d'enfants".* » Archives de l'Observatoire des Armements.

Voir aussi Bruno Barrillot, *Les irradiés de la République*, Éditions Complexe, 2003, p. 93 ; témoignage de G. Chesneau : « *Je suis rentré d'Algérie en juin 61 et je me suis marié en juin 62. Ma femme a fait 3 fausses couches et ce n'est qu'en 1975 que j'ai eu mon fils, prématuré de 7 mois.* » Archives de l'Observatoire des Armements.

¹⁶⁴ Procès-verbal de la réunion du 13 janvier 1966 de la commission consultative chargée d'étudier les problèmes de sécurité technique des essais nucléaires, *Ministère des Armées*, n°0129/DIR.CEN/OPS/S du 5 février 1966.

¹⁶⁵ LAZJUK G.I. et al. : Changements dans l'incidence des anomalies héréditaires en république de Belarus après l'accident de Chernobyl, *Radiation Protection Dosimetry*, 1995, 1/2, 71-74.

¹⁶⁶ BELBEOCH B. : Tchernobyl, quelques faits dérangeants, www.dissident-media.org.

En 2001, Shevchuck¹⁶⁷ représentant le Gouvernement du Bélarus, montre que dans les zones contaminées par plus de 555 kBq de Cs-137/m², les polydactylies surviennent dans 1,04 ‰ des naissances, contre dix fois moins (0,1 ‰) dans l'ensemble de la population du pays. Des absences ou des malformations des bras ou des jambes, touchent 0,53 ‰ des nouveau-nés des zones contaminées, contre 0,15 ‰ sur l'ensemble du pays. Les malformations multiples atteignent 2,32 ‰ des enfants des zones fortement contaminées, contre 1,04 ‰ pour l'ensemble de la population. Ces malformations énumérées sont le plus souvent d'origine génétique, dominantes qui s'expriment dès la première génération et sont absentes chez les géniteurs. Elles se traduisent plus souvent par une augmentation des avortements ou la stérilité, car la majorité est incompatible avec la survie du fœtus.

Voici, pour exemple, les différents travaux réalisés sur la question des malformations chez les enfants, secondaires, de façon plausible, aux irradiations liées à l'accident nucléaire de Tchernobyl, regroupés par Inge Schmitz-Feuerhaken¹⁶⁸ et Chris Busby¹⁶⁹ :

Increase of congenital malformations after exposure by the Chernobyl accident

Country	Effects	Reference
Belarus Weißrussland National Genetic Monitoring Registry	Anencephaly, spina bifida, cleft lip and/or palate, polydactyly, limb reduction defects, esophageal atresia, anorectal atresia, multiple malformations	Lazjuk et al. 1997 Feshchenko et al. 2002
Belarus Weißrussland Highly exposed region of Gomel	Congenital malformations	Bogdanovich 1999; Savchenko 1995; Petrova et al. 1997 Kulakov et al. 1993
Chechersky district (Gomel region) Mogilev region Brest region	Congenital malformations Congenital malformations Congenital malformations	Petrova et al. 1997 Shidlovskii 1992
Ukraine Polessky district (Kiev region) Lugyny region	Congenital malformations Congenital malformations	Kulakov et al. 1993 Godlevsky, Nasvit 1998
Turkey	Anencephaly, spina bifida	Akar et al. 1988/89; Caglayan et al. 90; Güvenc et al. 93; Mocan et al. 90
Bulgaria, region of Pleven	Malformations of heart and central nervous system, multiple malformations	Moumdjiev et al. 1992
Croatia	Malformations by autopsy of stillborns and cases of early death	Kruslin et al. 1998

¹⁶⁷ SHEVCHOUK V.E. & GOURACHEVSKY V.L. : 15 Years after Chernobyl catastrophe : consequences in the Republic of Belarus and their overcoming, *National Report, Minsk, Committee on the problems of the Consequences of the Accident at the Tchernobyl NPP, Biélorussie, 2001.*

¹⁶⁸ SCHMITZ-FEUERHAKE I. :

SCHMITZ-FEUERHAKE I. : Heritable Effects of Ionizing Radiations in the Low Dose Range, Arnoldshain 2014, German Society for Radiation Protection.

¹⁶⁹ BUSBY C., LENGFELDER E., PFLUGBEIL S., SCHMITZ-FEUERHAKE I.: The evidence of radiation effects in embryos and fetuses exposed to Chernobyl fallout and the question of dose response, *Med Confl Surviv*, 2009, 25, 1, 20-40.

Germany FRG, Central Registry Malformations Bavaria	Cleft lip and/or palate Cleft lip and/or palate Congenital malformations	Zieglowski, Hemprich 1999 Scherb, Weigelt 2004 Korblein 2004
---	--	--

Elevation of congenital malformations in 17 regions of highest contamination in Belarus in percent (1987-1994)¹⁷⁰

	Elevation
Anencephaly (Froschkopf)	39 %
Spina bifida (offener Rücken)	29 %
Cleft lip/palate (Lippen/Gaumenspalten)	60 %
Polydaktyly (zusätzliche Finger oder Zehen)	13 %
Limb reduction (Verkümmerung von Gliedmaßen)	910 %*
Esophageal atresia (Verschluss der Speiseröhre)	240 %*
Ano-rectal atresia (Darmverschluss)	80 %*
Multiple malformations (Mehrfachfehlbildungen)	128 %*

*) significant (p<0,05)

Il est intéressant de noter qu'il n'existe toujours pas de registre des malformations infantiles en Polynésie française ; bien que le nombre de ces malformations soit particulièrement élevé, comme le révèle la « clinique du quotidien », il semble que ni les pédiatres, ni les autorités sanitaires de Polynésie n'ai envie de « compter » ces malformations, et de mettre en évidence leur probable fréquence supérieure à la normale.

Congenital anomalies, esp. malformations in decendants (1th generation) of occupationally exposed men¹⁷¹

Cohort of fathers	Kind of defect	Dose	References
Radiologists U.S.A. 1951	Congenital malformations Elevation 20 %		Macht 1955
Workers of the Hanford Nuclear facility, USA	Neural tube defects significantly elevated by 100 %	In general < 100 mSv	Sever 1988
Radiation workers at Sella- field nuclear reprocessing plant U.K.	Stillbirths with neural-tube defects significantly elevated by 69 % per 100 mSv	Mean 30 mSv	Parker 1999
Radiographers in Jordan	Congenital anomalies significantly elevated 10-fold		Shakhatreh 2001

¹⁷⁰ LAZJUK G.I., NIKOLAEV, D.L., NOVIKOVA, I.V. : Changes in registered Congenital Anomalies in the Republic of Belarus after the Chernobyl Accident, *Radiation Injury and the Chernobyl Catastrophe, STEM CELLS*, 1997, 15, (2), 255-260.

¹⁷¹ SCHMITZ-FEUERHAKE I. : Heritable Effects of Ionizing Radiations in the Low Dose Range, Arnoldshain 2014, German Society for Radiation Protection.

Liquidators from Obninsk (Russia), 300 children	Congenital anomalies elevated 1994-2002	Mainly 10-250 mSv	Tsyb 2004
Liquidators from Russia, Bryansk region	Congenital anomalies elevated about 4-fold		Matveenko 2005
Liquidators from Russia 2379 newborns	Significantly elevated by about: Anencephaly 310 % Spina bifida 316 % Cleft lip/palate 170 % Limb reduction 155% Multiple malformations 19 % All malformations 120 %	5-250 mSv	Lyaginskaja 2009

Voici le résumé des conséquences sanitaires secondaires à l'accident de Tchernobyl, présenté par le Réseau Sortir du Nucléaire :

<http://www.sortirdunucleaire.org/Tchernobyl-la-situation-29-ans-apres>

26 avril 1986 : le début de la catastrophe

Le 26 avril 1986, le réacteur n°4 de la centrale nucléaire de Tchernobyl (Ukraine) explose en projetant dans l'atmosphère des quantités considérables de radioéléments. La première vague d'évacuation ne commencera que le lendemain ; une zone d'exclusion de 30 km de rayon sera ensuite définie. Pendant des mois, pompiers puis « liquidateurs » - de 600 000 à 900 000 personnes, essentiellement des jeunes appelés recrutés sur tous le territoire de l'URSS - se relaient dans des conditions sanitaires catastrophiques pour éteindre l'incendie, puis pour tenter à tout prix d'étouffer la fusion du cœur du réacteur. Comme celui-ci menace de s'enfoncer dans le sol, un tunnel de 167 mètres de long est creusé sous le réacteur pour y construire une dalle de béton. Une deuxième explosion catastrophique aura été évitée, mais au prix de l'irradiation de centaines de milliers de personnes.

Les radionucléides mortifères projetés par l'explosion ont touché principalement le Bélarus, l'Ukraine et l'Ouest de la Russie, mais se sont également dispersés, pour 53%, sur une grande partie de l'Europe. Des concentrations élevées se déposent notamment en Allemagne, en Autriche, en Suède et en Finlande¹⁷². La France n'est pas épargnée : les Alpes, la Corse et l'Alsace seront les régions les plus touchées.

La vie durablement contaminée

Dans les zones les plus contaminées, la catastrophe sanitaire n'a pas fini de sévir. Parmi les 600 000 à 900 000 liquidateurs, un grand nombre sont décédés ou tombés rapidement malades des suites de leur irradiation.

Plus de 3,5 millions de personnes vivent toujours dans des zones contaminées en Ukraine, 2 million au Bélarus et 2,7 en Russie.

Certains radioéléments projetés en masse lors de l'explosion, toujours présents dans les sols, sont entrés dans la chaîne alimentaire, comme le Césium 137 et le Strontium 90, dont les effets nocifs ne prendront fin que d'ici trois siècles. L'accumulation du Césium 137 dans l'organisme va de pair avec une augmentation spectaculaire du taux de cancers et de pathologies cardiovasculaires, en particulier chez les enfants, mais atteint aussi l'ensemble des systèmes des organes vitaux. Elle provoque également des malformations congénitales, cancers et leucémies, maladies neuropsychiques, endocriniennes, ophtalmologiques, infectieuses ou auto-immunes, augmentation de la mortalité périnatale.

¹⁷² Plus d'un quart de siècle après, on retrouve encore des sangliers à la chair anormalement chargée en césium en Autriche et en Allemagne :

http://www.maxisciences.com/tchernobyl/tchernobyl-les-sangliers-d-039-autriche-sont-toujours-contamines-par-les-rejets-radiocatifs_art13863.html

La désinformation est toujours à l'œuvre concernant les impacts sanitaires réels de Tchernobyl.

Devant l'élévation du taux de malformations congénitales (passé entre 2000 et 2009 de 3,5 pour 1000 à 5,5 pour 1000), la réponse du ministère de la Santé du Bélarus fut de fermer l'unique Institut de recherche sur les maladies héréditaires et congénitales¹⁷³ ainsi que l'Institut de radio-pathologie de Gomel. En 2005, le « Forum Tchernobyl », réuni à Vienne sous l'égide de l'AIEA, avait affirmé qu'à long terme, le nombre de décès attribuables à Tchernobyl atteindrait un maximum de 4000 victimes.

L'augmentation des pathologies et la dégradation de l'état de santé des populations y sont mises sur le compte du stress, de l'alcoolisme, de la radiophobie et de la détérioration des conditions économiques et sociales dans les régions concernées. Pourtant, les recherches menées par des scientifiques indépendants mettent au jour des chiffres autrement plus élevés. Selon une étude du Pr. Yuri Bandajevski, publiée dans les annales de l'Académie des Sciences de New-York en 2011, la catastrophe et ses suites seraient responsables de 985 000 morts¹⁷⁴.

Par ailleurs, depuis plusieurs années, d'étranges « ONG » comme le CEPN¹⁷⁵ mettent en place des programmes destinés à prouver que l'on peut vivre en zone contaminée. Ainsi, le programme « ETHOS », en vigueur à Tchernobyl, est maintenant exporté... à Fukushima, pour appuyer le retour de populations dans des régions où la radioactivité ambiante devrait pourtant interdire tout séjour prolongé !

Les milieux naturels aussi sont touchés.

En 2010, le reportage « Tchernobyl, une histoire naturelle » a contribué à populariser la thèse d'une nature intacte qui reprendrait ses droits. Pourtant, cette théorie va à l'encontre des observations scientifiques réalisées dans la zone contaminée (Lire l'analyse détaillée du professeur Michel Fernex : <http://www.sortirdunucleaire.org/Tchernobyl-Fernex>)

Après avoir mis en évidence l'existence de malformations importantes chez les hirondelles de Tchernobyl¹⁷⁶, Tim Mousseau, chercheur à l'Université de Caroline du Sud a récemment découvert que la croissance des arbres pouvait aussi être affectée par les radiations¹⁷⁷. Selon ce même chercheur, il apparaît également que les radiations nuisent aux micro-organismes, empêchant la décomposition des végétaux¹⁷⁸. Cette accumulation de bois mort pose un nouveau risque : les incendies se déclenchent plus facilement, relâchant dans l'atmosphère une fumée chargée de radioéléments.

En février 2015, une étude du Norwegian Institute for Air Research a ainsi confirmé que les

¹⁷³ BANDAJEVSKY Y, DUBOVAYA N.F. : Les conséquences de Tchernobyl sur la natalité. Césium radioactif et processus de reproduction, Éditions Yves Michel, 2012.

¹⁷⁴ YABLOKOV A.V., NESTERENKO V.B., NESTERENKO A.V. : Chernobyl. Consequences of the catastrophe for people and the environment, Annales de l'Académie des Sciences de New York, Volume 1181.

La traduction en français de cet ouvrage est **téléchargeable sur le site du collectif IndependentWHO.**

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Chernobyl_Consequences_of_the_catastrophe_for_people_and_the_environment.pdf

¹⁷⁵ Le « Centre d'étude sur l'Évaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire » est une association qui regroupe... EDF, Areva, le CEA et l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire !

¹⁷⁶http://cricket.biol.sc.edu/chernobyl/Chernobyl_Research_Initiative/Chernobyl_Abnormalities.html

et MOUSSEAU T. : Conséquences biologiques des rayonnements dans l'environnement pour les individus, les populations et les écosystèmes : leçons de Tchernobyl et Fukushima, in *Actes du Forum Scientifique et Citoyen sur les Effets Génétiques des Rayonnements Ionisants, Collectif Independent WHO – Santé et Nucléaire*, Genève, 29 novembre 2014, pp 79-96

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_novembre2014_French_01.pdf

¹⁷⁷ <http://www.natureworldnews.com/articles/3427/20130809/trio-new-studies-suggest-lingering-environmental-effects-chernobyl-incident.htm>

¹⁷⁸ <http://www.livescience.com/44318-chernobyl-trees-barely-decomposed.html>

feux de forêts plus fréquents contribuaient à répandre à nouveau la radioactivité¹⁷⁹.

<http://www.sortirdunucleaire.org/Commentaires-de-Michel-Fernex-sur-le-reportage>

L'arrêt du financement des recherches a obligé d'interrompre ces études qui ne convenaient ni aux autorités ni à l'AIEA, la principale source de financement de ces sujets au Belarus. Bien des publications ont été censurées, même les actes de la conférence sur les accidents nucléaires, conviée à Genève par l'OMS, du 24 au 27 novembre 1995. Ce congrès avait réuni trois ministres de la Santé et 700 médecins et experts. Les participants ont été surpris que les actes, qui rassemblaient plus de cent travaux promis pour mars 1996, ne leur parviennent jamais. Le Dr Hiroshi Nakajima, ancien Directeur Général de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qui avait organisé cette conférence, explique en direct à la Télévision Suisse Italienne, en 2001, que la non-publication des actes est due aux textes juridiques qui lient l'OMS à l'AIEA¹⁸⁰.

Les équipes du laboratoire de génétique du Prof. Rose Goncharova ont suivi les rongeurs de Tchernobyl sur 22 générations, soit de 1986 à 1996. Pour mettre en évidence une augmentation des mutations chez les foetus, il faut disséquer les femelles, pour qu'on puisse comparer le génome des foetus avec celui de l'adulte. C'est ainsi que la fragilité croissante du génome, de génération en génération, a été démontrée. Ces anomalies reposent principalement sur l'instabilité génomique produite par les rayonnements. Les animaux et leurs descendants sont ainsi génétiquement fragilisés¹⁸¹. Ce n'est qu'au bout de 20 générations, qu'une sélection naturelle des lignées de campagnols plus résistants au stress oxydatif induit par les rayonnements, débouche sur un certain équilibre dans cette population de campagnols.

Cependant après 10 à 15 générations, les généticiens constatent de plus en plus de foetus morts dans l'utérus maternel; cette augmentation est statistiquement hautement significative.

Parler de la bonne santé de ces rongeurs, après en avoir saisi un avec deux doigts, comme cela a été montré dans le film, n'apporte au spectateur qu'une information inexacte : sans autopsies des rongeurs, cette forte mortalité passe inaperçue. Goncharova montre que les zones les plus contaminées par Tchernobyl ne sont pas les seules qui constituent un danger pour la faune.

Jusqu'à 330km du réacteur, les campagnols présentent encore, mais plus progressivement pendant les dix années d'étude, une augmentation des mutations de génération en génération. Cette augmentation est due à l'instabilité génomique probablement initiée par le choc d'iode, puis entretenue et aggravée par une très faible irradiation persistante.

Transposées chez les humains, 20 générations correspondent à 3 ou 4 siècles.

À 200km de Tchernobyl, dans une zone où les retombées radioactives ont rapidement baissé à la surface des sols, Goncharova avec Sloukvine, un biologiste spécialisé dans l'élevage industriel des carpes, étudient la reproduction de ces poissons dans des étangs alimentés par une eau impeccable.

On retrouvait une activité spécifique de Cs-137 d'à peine un curie par km carré, uniquement dans la vase du fond des étangs. Pourtant 70% des oeufs fécondés des carpes donnaient naissance à des larves informes, dont les cellules présentaient beaucoup d'anomalies et le

¹⁷⁹ <http://www.newscientist.com/article/dn26933-rise-in-wildfires-may-resurrect-chernobyls-radiation.html#.VTU-x2bhVz0>

¹⁸⁰ BANDAJEVSKY Y, DUBOVAYA N.F. : Les conséquences de Tchernobyl sur la natalité. Césium radioactif et processus de reproduction, Éditions Yves Michel, 2012.

¹⁸¹ YABLOKOV A.V., NESTERENKO V.B., NESTERENKO A.V. : Chernobyl. Consequences of the catastrophe for people and the environment, Annales de l'Académie des Sciences de New York, Volume 1181.

La traduction en français de cet ouvrage est téléchargeable sur le site du collectif *IndependentWHO*.

développement cessait.

Chez les alevins qui ont survécu, Sloukvine trouve en automne de multiples malformations de la bouche, des nageoires, du squelette, les opercules peuvent manquer. Il faut aller à 400 km de Tchernobyl pour trouver des jeunes poissons normaux dans les élevages.

Nombreux sont également les travaux montrant la transmission transgénérationnelle de l'instabilité génétique dans la descendance des « Liquidateurs » de la Centrale nucléaire de Tchernobyl¹⁸².

Bien après l'accident nucléaire de Tchernobyl, les travaux du Pr Dubrova et coll.¹⁸³, en particulier, fruit de la collaboration d'une équipe de généticiens russes, anglais et biélorusses, ont montré un nombre élevé d'aberrations chromosomiques chez les habitants des zones contaminées, signe d'un effet des rayonnements qui peut se traduire par des effets somatiques et génétiques.

Cette étude a utilisé des marqueurs particuliers du génome, les « minisatellites », qui ont dans cette étude, un taux élevé de mutations « spontanées »¹⁸⁴. Il y a mutation quand le locus minisatellite est un fragment d'ADN dans l'empreinte génétique de l'enfant, qui ne peut être attribué ni au père ni à la mère ; il peut en revanche être transmis de façon « invisible », par les cellules germinales des parents, et réaliser une « instabilité génomique », qui va être à l'origine, dans la descendance, d'une tendance accrue de l'ADN à ne pas se réparer correctement.

Cette carence a pour effet d'augmenter le risque de carcinogenèse et semble poser de sérieux problèmes quant à la synthèse correcte des protéines neuronales lors de l'embryogenèse, pouvant conduire à de sévères « troubles envahissants du développement » cérébral.

Yuri Dubrova et coll.¹⁸⁵ ont ainsi mesuré, par prises de sang, la fréquence des mutations nouvelles apparues chez les enfants nés entre février et septembre 1994, de 79 familles résidant dans trois districts ruraux de la région de Moghilev où la valeur médiane de contamination du sol en césium 137 est élevée (6,8 Ci/km²). Cette fréquence est deux fois supérieure à celle d'un groupe témoins d'enfants anglais. Ces chercheurs ont également pu montrer que la fréquence des mutations nouvelles est corrélée au niveau de contamination du sol. *Cette étude pourrait fournir la première preuve expérimentale que la fréquence des mutations dans les cellules germinales des êtres humains peut être augmentée par les rayonnements ionisants.*

¹⁸² cf les travaux de : DUBROVA Y.E, SEVANKAEV V., AGHAJANYAN A., SUSKOV I.I., EMERIT I., MELNOV S.B., GARCIA O., GOLDSMITH J.R., WEINBERG H.S. et al .

¹⁸³ cf Bibliographie.

¹⁸⁴ Cf les travaux de DUBROVA et coll dans la Bibliographie.
et UNSCEAR 2001 Report : Annex - Hereditary effects of radiation, p 59.

¹⁸⁵ DUBROVA Y.E., NESTEROV V.N., et al : Human minisatellite mutation rate after the Chernobyl accident, *Nature*, 1996, 380, 683-686.

DUBROVA Y.E. : Further evidence for the elevated human minisatellite mutation rate in Belarus, eight years after the Chernobyl accident, *Mutation Research*, 1997, 381, 267-278.

La généticienne biélorusse Rosa Goncharova¹⁸⁶ avait par ailleurs démontré ce phénomène épigénétique lié aux effets des « faibles doses » de radioactivité, sur les petits mammifères chroniquement exposés aux retombées de Tchernobyl, chez qui il existe une accumulation transgénérationnelle de l'instabilité génomique, croissante sur 22 générations, pendant les dix années qui ont suivi l'accident de Tchernobyl, alors même que la radioactivité du sol décroît, et que le même phénomène se réalise pour les femelles prélevées dans la nature, puis élevées en laboratoire.

Pour Alexei V. Yablokov¹⁸⁷ (Académie des Sciences de Russie), l'un des faits épidémiologiques qui prouve la pathogénie génétique liée aux retombées radioactives de l'explosion du réacteur nucléaire de Tchernobyl, consiste en l'augmentation constatée, aussi bien en Biélorussie qu'à Berlin-Ouest, du nombre de syndromes de Down (Trisomies 21)¹⁸⁸ : on constate effectivement « d'un côté comme de l'autre, dans la seconde moitié de 1986, une brusque augmentation du nombre de nouveau-nés avec le syndrome de Down. Les données de Berlin sont les plus précises – c'est le seul endroit en Europe où il y avait une statistique hebdomadaire du nombre de ce syndrome ».

L'organisation internationale non gouvernementale Independent WHO, créée pour contrebalancer le « monopole » de l'AIEA sur les questions sanitaires liées au nucléaire civil et militaire sur la planète (et le dessaisissement de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS – WHO), au profit de l'AIEA sur ces questions), a organisé ces dernières années deux colloques internationaux à Genève mettant en avant les résultats des équipes scientifiques « non officielles », démontrant la toxicité des « faits nucléaires » sur la santé humaine.

¹⁸⁶ RYABOKOV N.I., GONCHAROVA R.I. : Transgenerational accumulation of radiation damage in small mammalian chronically exposed to Chernobyl fallout, *Radiation and Environmental Biophysics*, 2006, 45, 3, 167-177.

GONCHAROVA R.I. : L'instabilité génétique après Chernobyl. Pronostic pour les générations futures, *Colloque « Health of Liquidators, 20 Years after the Chernobyl Explosion »*, PSR/IPPNW Suisse, Bern, 12/11/2005, Abstracts.

¹⁸⁷ YABLOKOV A.V. : General Morbidity, Impairment, and Disability after the Chernobyl Catastrophe, in YABLOKOV A.V., NESTERENKO V.B., NESTERENKO A.V. : Chernobyl. Consequences of the Catastrophe for People and the Environment, The New York Academy of Sciences (NYAS), 2009, pp 42-160.

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Chernobyl_Consequences_of_the_catastrophe_for_people_and_the_environment.pdf

et

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_mai2012_French.pdf

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_november2014_French_01.pdf

¹⁸⁸ LAZJUK G.I., NIKOLAEV, D.L., NOVIKOVA, I.V. : Changes in registered Congenital Anomalies in the Republic of Belarus after the Chernobyl Accident, *Radiation Injury and the Chernobyl Catastrophe, STEM CELLS*, 1997, 15, (2), 255-260.

LAZJUK G.I., SATOW Y., NIKOLAEV D.L., NOVIKOVA I.V. : Genetic Consequences of the Chernobyl Accident for Belarus Republic, *Gijutsu-to-Ningen*, 1998, 283, 26-32.

LAZJUK G.I. et al : Cluster of Down's syndrome cases registered in January of 1987 in Republic of Belarus as a possible consequence of Chernobyl accident, *International Journal of Rad Med, Kiev*, 2003, 6, 1-4, 55-69.

LAZJUK G.I. et al : The congenital anomalies registry in Belarus : a tool for assessing the public health of the Chernobyl accident, *Reproductive Toxicology*, 2003, 17, 659-666.

Ces deux rapports sont téléchargeables sur le site d'Independent WHO, aux adresses suivantes :

- Actes du Forum Scientifique et Citoyen sur la Radioprotection : de Tchernobyl à Fukushima, Collectif Independent WHO, Genève, 12 et 13 mai 2012.
http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_mai2012_French.pdf
- Actes du Forum Scientifique et Citoyen sur les Effets Génétiques des Rayonnements Ionisants, Collectif Independent WHO – Santé et Nucléaire, Genève, 29 novembre 2014.
http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_november2014_French_01.pdf

Sur l'accident de Tchernobyl :

YABLOKOV A.V., NESTERENKO V.B., NESTERENKO A.V. : Chernobyl. Consequences of the Catastrophe for People and the Environment, , The New York Academy of Sciences (NYAS), 2009.

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Chernobyl_Consequences_of_the_catastrophe_for_people_and_the_environment.pdf

et :

BUSBY C. : On Internal Irradiation and the Health Consequences of the Chernobyl Accident, *Presented at the Sixth Conference of the British and Irish Charity organisations on Mitigating the Consequences in Belarus of the Chernobyl Catastrophe, London April 6th 2001*, Occasional Paper 2001/5, Aberystwyth: Green Audit, April 2001.

BUSBY C. and YABLOKOV A.V. : Chernobyl: 20 Years On - Health Effects of the Chernobyl Accident, *European Committee on Radiation Risk, Documents of the ECRR 2006 No1*

<http://www.greenaudit.org/product/ecrr-chernbyl-20-years-on/>

cf également :

EUROPEAN COMMISSION - RADIATION PROTECTION NO 170 : Recent scientific findings and publications on the health effects of Chernobyl, Summary Report, Directorat-General for Energy, Directorate D – Nuclear Energy Unit D.4 – Radiation protection, 2011.

<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/170.pdf>

Dans un tout autre contexte, les problématiques abordées ici, quant à la dangerosité génétique des « faits nucléaires », se retrouvent également dans tous les lieux où les forces armées américaines (1ere et 2eme guerres en Irak, Afghanistan...), l'Otan (Serbie, Kosovo), l'Armée Israélienne (« Opération plomb durci » dans la Bande de Gaza) et l'Armée française (Tripoli - Lybie) ont utilisé des munitions à « l'uranium appauvri »¹⁸⁹.

¹⁸⁹ BARRILLOT B. : Uranium appauvri. Un dossier explosif, éd. *Observatoire des Armements*, 2001, 125 p.

BUSBY C. : Depleted Science : Health Consequences and Mechanisms of Exposure to Fallout from Depleted Uranium Weapons, *Contribution to International DU Conference Hambourg October 16-*

Ainsi, en ce qui concerne la première guerre d'Irak, voici les éléments relatés sur le site d'information « *Regard sur l'Afrique* »¹⁹⁰ :

« C'est un scandale planétaire que l'on pourrait nommer l'OMS-gate. Depuis novembre 2012, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) bloque la parution de son rapport sur les effets dévastateurs des bombardements à l'uranium appauvri (UA : déchet radioactif issu de l'enrichissement de l'uranium destiné aux réacteurs civils et militaires) sur la santé de la population irakienne.

En effet, suite à la parution fin 2014 du classement Censored 2015, programme universitaire répertoriant les 25 informations les plus importantes au niveau mondial et censurées par la presse, il apparaît que l'OMS a censuré son propre rapport établi avec l'aide du Ministère irakien de la Santé concernant l'enquête sanitaire effectuée en Irak et portant sur les conséquences des bombardements américains et britanniques auprès de la population. Cette enquête a été menée auprès de 10 800 ménages dispersés dans 18 districts, à raison de 600 ménages par district.

Déjà en mars 2013, la *BBC* avait diffusé un reportage dans lequel un officiel de haut rang du ministère irakien de la Santé à Bagdad avait déclaré que « *toutes les études effectuées par le ministère de la Santé prouvent avec des faits accablants qu'il y a eu une hausse des malformations congénitales et des cancers en Irak* ».

Au cours de ce documentaire intitulé « *Born under a bad sign* », deux autres chercheurs du ministère de la Santé irakien avaient affirmé que « *les cancers et les malformations congénitales constituent une crise majeure pour la prochaine génération d'enfants* », confirmant des hausses simultanées de cancers et d'anomalies congénitales dans les trois gouvernorats de Ninive, d'Anbar et de Najaf, et reliant ce phénomène aux munitions utilisées par les armées américaine et britannique.

De nombreux médecins irakiens tentent d'alerter la communauté internationale depuis des années pour obtenir de l'aide, relayés par des personnalités de premier plan au niveau international. En vain. Suite au blocage du rapport, 58 sommités issues du monde scientifique, intellectuel, des professionnels de la santé et des défenseurs des droits humains ont écrit en mai 2013 à l'OMS et au ministère irakien de la Santé pour demander la libération immédiate dudit rapport.

Aucune réponse n'a été apportée à cette lettre signée par des universitaires du monde entier, parmi lesquels figuraient Noam Chomsky, Ken Loach, John Tirman, le Dr Mozghan Savabiasfahani, et des organisations comme Human Rights Now du Japon, Health Alliance International, et bien d'autres personnes éminentes du monde scientifique et intellectuel.

Les autorités américaines admettent avoir utilisé 320 tonnes d'UA, chiffres contestés par la fondation LAKA d'Amsterdam qui estime le nombre réel plus proche de 800 tonnes larguées en Irak pendant la guerre de 1991, et 1200 tonnes lors de son invasion de 2003. En 1991, l'armée américaine a tiré près d'un million d'obus à l'UA en trois jours sur les milliers de réfugiés et de soldats irakiens battant en retraite sur la route de Bassorah.

Très rapidement, certaines régions du sud de l'Irak ont vu une augmentation annuelle de 350 % de cas de leucémie, de déficiences immunitaires, de cataractes et de dysfonctionnements rénaux. Les statistiques officielles du gouvernement irakien montrent qu'avant le déclenchement de la première guerre du Golfe en 1991, le taux des cas de

19 2003, *Occasional paper 2003/06*; July 2003, Aberystwyth: Green Audit.

BEHAR A. : *La double toxicité de l'uranium appauvri*,

www.cot81.com/uranium/ladoubletoxicite.html

¹⁹⁰ <http://regardsurlafrique.com/le-rapport-cache-de-loms-sur-les-crimes-us-en-irak/>

cancer était de 40 sur 100 000 personnes. En 1995, il avait augmenté à 800 sur 100 000, et en 2005, il avait doublé pour atteindre au moins 1 600 individus sur 100 000.

Les estimations les plus récentes montrent la poursuite régulière de cette progression. « *Le monde doit savoir que les Irakiens ont été victimes de l'agression infligée par l'utilisation de munitions à l'uranium appauvri par les troupes américaines et britanniques au cours de ces guerres, et que cela constitue un génocide* », a déclaré le Dr Jawad al-Ali, médecin oncologue expert au Centre de traitement du cancer de Bassorah.

Il estime qu'il existe 300 sites à travers l'Irak qui sont contaminés par le rayonnement des munitions à l'UA. « *Avant la guerre du Golfe, nous avons deux ou trois patients atteints du cancer par mois, maintenant, 30 à 35 personnes meurent chaque mois. Nos études indiquent que 40 à 48 % de la population aura un cancer dans un délai de cinq ans* ». Sachant que l'OMS chiffrait la population irakienne à 33 765 000 habitants en 2013, nous pouvons évaluer qu'environ 15 000 000 de personnes seront atteintes d'un cancer dans les prochaines années.

En outre, jamais auparavant un taux aussi élevé de malformations du tube neural (spina bifida) n'avait été constaté chez les bébés comme à Bassorah et ce taux continue d'augmenter. Le nombre d'hydrocéphalies (eau dans le cerveau) chez les nouveau-nés est six fois plus élevé à Bassorah qu'aux États-Unis et certaines malformations sont pratiquement inconnues en dehors des manuels de médecine montrant les enfants nés à proximité des sites d'essais nucléaires dans le Pacifique : des bébés avec des moignons à la place des membres, ou les intestins hors de l'abdomen, présentant d'énormes tumeurs, les yeux exorbités ou avec un seul œil comme des cyclopes, ou sans yeux, sans membres, des enfants anencéphales (absence d'une grande partie du cerveau et du crâne), ou connaissant de graves problèmes respiratoires, avec des tumeurs malignes très agressives dans les membres qui aboutissent à l'amputation.

Ce ne sont que quelques exemples parmi tant d'autres. Une spécialiste en pédiatrie à l'Hôpital général de Falloujah, le Dr Samira Alani, a réalisé une enquête suite à la prolifération des anomalies congénitales qui ont suivi les bombardements américains depuis 2005. Ses recherches l'ont conduite au Japon où elle a rencontré des médecins japonais qui étudient le taux de malformations chez les bébés dû au rayonnement des bombardements nucléaires américains d'Hiroshima et de Nagasaki. Le taux d'incidence des malformations à Hiroshima et Nagasaki s'élève actuellement entre 1 et 2 %.

Le Dr Alani a noté que les cas de malformation congénitale s'élèvent à 14,7 % de tous les bébés nés à Falloujah, c'est-à-dire plus de 14 fois le taux dans les zones touchées du Japon. Les médecins irakiens estiment que des malformations congénitales ont augmenté de 2 à 6 fois, et 3 à 12 fois plus d'enfants ont développé un cancer et la leucémie depuis 1991. Un rapport publié dans *The Lancet* en 1998 avait déclaré à l'époque que près de 500 enfants mouraient chaque jour des suites de la guerre et des sanctions et que le taux de mortalité des enfants irakiens de moins de 5 ans était passé de 23 pour mille en 1989 à 166 pour mille en 1993. Qu'en est-il en 2015, sachant que cette tendance s'amplifie ?

Dans l'ensemble, les cas de leucémie lymphoblastique aigüe ont plus que quadruplé avec d'autres cancers qui augmentent à un rythme alarmant. Chez l'homme, les cancers du poumon, de la vessie, des bronches, de la peau et de l'estomac ont montré la plus forte augmentation. Chez les femmes, les plus fortes hausses ont été le cancer du sein et de la vessie, et le lymphome non hodgkinien. Il faut également compter les milliers de fœtus qui ne sont pas arrivés à terme.

On a en effet constaté un saut spectaculaire de fausses couches et de naissances prématurées chez les femmes irakiennes, en particulier dans les zones où de fortes opérations militaires américaines se sont produites, comme à Bassorah en 1991 et à Falloujah en 2004. Par ailleurs, une étude épidémiologique menée par Chris Busby, chimiste

britannique de renommée internationale, intitulée « *Le cancer, la mortalité infantile et la naissance sex-ratio à Fallujah, en Irak 2005-2009* »¹⁹¹ établie sur une population de 700 ménages à Fallujah montre que la crise de la santé représente « *le plus haut taux de dommages génétiques dans une population jamais étudiés* ». »

Et plus loin :

« La radioactivité persistera pendant quelque 4,5 milliards d'années, continuant à tuer des millions d'irakiens de tout âge pendant des siècles. En outre, les gènes des individus peuvent avoir été endommagés à jamais. Il s'agit d'un crime contre l'humanité qui peut être classé parmi les pires atrocités de tous les temps.

Pour contrer toute tentative de déni de cette situation apocalyptique en Irak, il est intéressant de noter que certaines maladies observées chez les vétérans de la guerre d'Irak exposés à la poussière d'uranium appauvri sont semblables à celles des Irakiens. En effet, des soldats ayant participé à la guerre du Golfe ont engendré des enfants atteints d'anophtalmie (sans yeux) et dans un groupe de huit militaires dont les bébés sont nés anophtalmiques, sept sont connus pour avoir été directement exposés à l'UA. D'autres ont engendré des enfants avec les bras atrophiés et d'autres anomalies rares associées au rayonnement radioactif. Ils semblent également sujets au cancer et la leucémie.

« La fixation de l'UA sur le placenta des femmes enceintes contrarie le processus de formation de l'embryon par division cellulaire, provoquant chez les nouveau-nés d'horribles malformations congénitales jamais rencontrées ou extrêmement rares. »¹⁹²

Autre fait révélateur, le taux de leucémie des soldats de l'UE qui ont servi comme Casques Bleus dans les Balkans, où l'uranium appauvri a également été utilisé, est aussi très élevé¹⁹³.

Voici les conclusions de cette enquête :

« The data support the belief that there is a significant excess risk of lymphoma in the Italian peacekeepers who served in Bosnia and Kosovo. The increase in the disease was mainly in Hodgkins lymphoma and showed as a peak in incidence between 10 and 25 months following the exposure. The excess relative risk based on the England and Wales rates in 1997 was 1.9 (p = 0.02) for all lymphomas and 3 (p = 0.003) for Hodgkin's lymphoma. This is a conclusion also agreed by the authors of the report who used a different analysis to obtain a figure of Relative Risk of lymphoma of 3.69 (p = 0.0015; Table 7 p 12 of Italian version of report). The relative risk from other cancers was low compared with the average population. This supported the belief that the study group was a 'healthy' group. The ratio of lymphoma to all cancers except non-melanoma skin cancer was anomalously high and this could be used to quantitatively estimate the magnitude

¹⁹¹ BUSBY C., HAMDAN M., ARIABI E. : Cancer, Infant mortality and birth sex-ratio in Fallujah, Iraq 2005-2009, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, , 2010, 7, 7, 2828-2837. (Pubmed PMC2922729).

¹⁹² http://www.dissident-media.org/infonucleaire/news_arme_ua.html

¹⁹³ BUSBY C. : Lymphoma Incidence in Italian Military Personnel Involved in Operations in Bosnia and Kosovo, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.531.4667&rep=rep1&type=pdf>

of the effect. Allowance for the effect resulted in a relative risk from lymphoma in the 30 month period following the exposure of 7.9 (p = 0.0000). »

« En 1997, citant des expériences dans lesquelles 84% des chiens exposés à l'uranium inhalé étaient morts des suites d'un cancer des poumons, le Dr Asaf Durakovic, professeur de radiologie et de médecine nucléaire à l'Université de Georgetown a déclaré : *«L'uranium appauvri deviens néfaste quant il se transforme en poussière ingérée ou inhalée, il est alors plus dangereux qu'aucune toxine connue de la science des hommes (...) L'Administration des anciens combattants dépendant du gouvernement américain m'a demandé de mentir sur les risques de l'intégration de l'uranium appauvri dans le corps humain. »*

En ce qui concerne les Balkans, là encore, un rapport de Green Audit montre l'élévation du nombre de fausses couches, et de pathologies génétiques chez les enfants des militaires italiens ayant servi dans les troupes de l'Otan au Kosovo en 1998¹⁹⁴ :

Sur un plan plus général, voici la conclusion du rapport sur « les conséquences sanitaires liées à l'Uranium appauvri » remis au Ministère de l'Intérieur anglais par le Green Audit en 2002¹⁹⁵ :

« The Home Office position on the health risks from DU is unsafe. The reliance they place on the US DoD summary of evidence is also unsafe because that document is itself biased and selective in its sources. Where it does refer to substantial evidence on the health effects of DU exposure, it is either dismissive or provides inaccurate interpretations.

Sufficient evidence now exists to be able to demonstrate the following:

- _ There is widespread contamination of the environment of Kosovo by DU.
- _ There is evidence that the DU particles are in the air and rainwater and may be inhaled.
- _ There is evidence that the DU particles are routinely resuspended in dry weather and washed out by rainfall.
- _ There is widespread contamination of people living in Kosovo by DU as shown by urine testing for DU using sophisticated equipment.
- _ There is evidence of a significant 8-fold increase in lymphoma in Italian peacekeepers who were stationed in Sarajevo and Kosovo developing shortly after their tour.
- _ There is evidence of increase in many cancers including leukemia and lymphoma civilians in Sarajevo
- _ There is evidence of increases in cancer and leukemia in Iraq, where DU was used
- _ There is evidence of increases in congenital malformation in Iraq where DU was used
- _ There is evidence of increased chromosome aberrations in Gulf veterans exposed to DU, such aberrations follow ionizing radiation exposure.

¹⁹⁴ BUSBY C. : Depleted Uranium in Kosovo – Green Audit, www.greenaudit.org, 2001.

¹⁹⁵ BUSBY C. : Review of The Home Office Statement on the Health Consequences of Exposure to Depleted Uranium in Kosovo, *Report 2002/2*; April 2002, Aberystwyth: Green Audit.

- _There is evidence of DU in the urine of Gulf War veterans some 10 years after the war, suggesting a depot in their bodies of long lived DU contamination.
- _There is evidence that the ICRP risk models used to assess risk from internal DU particle exposure are unsafe. »

L'irradiation à très faibles doses des cellules germinales des parents (pères, mères, GPM, GPP...) exposés en direct à des radionucléides émetteurs alpha, beta et gamma, dans le cadre de leur travail (ici, leur activité professionnelle dans le cadre du CEP, et particulièrement lors durant la période des essais nucléaires atmosphériques), est de ce registre.

C'est au regard de ce type de situation, que se situe notre interrogation, face à certaines pathologies développementales infanto-juvéniles qui nous sont amenées en consultation, et particulièrement, lorsque s'associent à ces Troubles Envahissants du Développement, des anomalies morphologiques clairement d'origine génétique.

Présentation de 69 cas d'enfants et adolescents présentant un TED + une anomalie congénitale, ou « facteur de risque génétique », vus en consultation de pédopsychiatrie durant les années 2012 – 2017.

La population totale de la Polynésie française au dernier recensement de 2017, est de 276 000 habitant.

Au recensement de 2012, pour l'ensemble de la Polynésie, les moins de 19 ans représentait 33 % de la population, soit environ 88500 (ISPF), et les moins de 18 ans, 79414 :

- 5630 Filles < 3 ans + 5886 Garçons < 3ans = **11516 enfants < 3 ans.**
- 19518 F entre 3 et 12 ans + 20604 G entre 3 et 12 ans = **40122 enfants de 3 à 12 ans.**
- 13365 F >12 ans + 14411 G >12ans = **27776 adolescents > 12 ans**

Selon l'OMS, et les études épidémiologiques en santé mentale infanto-juvénile, les pathologies concernées peuvent se différencier comme suit :

- 4 pour 1000 pour les pathologies graves (autisme et psychoses « déficitaires ») : soit 400
- 2 % pour les pathologies justifiant une prise en charge pédopsychiatrique institutionnelle (troubles de la relation et de l'accès à la parole et au langage : autismes, dysharmonies évolutives, mutismes, carences psycho-éducatives...) : soit 1600
- 5 % à 10 % pour les problèmes de santé mentale, les troubles des apprentissages (dyslexies dyspraxies dysphasies...), les troubles « névrotiques » et post-traumatiques, l'hyperactivité ou instabilité psychique, les dépressions et les conduites de risques et conduites addictives adolescentes... : soit 4000 (à 8000)

Pour la Polynésie, la « population » éventuellement concernée par nos soins, serait de 6000 à 10000.

En 2017, notre file active s'élève à près de 1400 enfants et adolescents, et le nombre de patients rencontrés depuis l'ouverture du Service de Pédopsychiatrie du C.H.P.F.¹⁹⁶, en mai 2012, s'établit à environ 2000.

Sur ce nombre, nous avons rencontré en 5 ans, près de 300 enfants présentant un Trouble Envahissant du Développement.

¹⁹⁶ CHPF = Centre Hospitalier de Polynésie française.

Tableau 1 :

69 cas évoquant la relation entre troubles envahissants du développement, pathologies génétiques dans la descendance de vétérans du CEP ou de populations particulièrement exposées aux retombées des essais nucléaires atmosphériques en Polynésie française - Présentés par archipels et îles

CAS n°	Sexe	Date de N.	Âge	Archipel* - île	Diagnostic	Dysmorphies	Analyses génétiques	EEG	IRM Cérébral	+ Autres examens	Antécédents familiaux	Vétérans
1	M	05/2000	17	A Rurutu	TED	Dysmorphie facio-tronculaire, strabisme convergent, myopie œil droit, astigmatisme œil gauche, tumeur de la rétine (colabone papillaire), tumeur de l'oreille						
2	M	03/2015	2	M Nuku Hiva	TED							
3	M	03/2007	10	M Nuku Hiva	TED	Macroencéphalie, avance staturale-pondérale + 4DS, grand front bombé, hypertélorisme, prognathisme, grandes oreilles décollées				+		
4	M	02/2009	8	M Tahuata	TED					+		
5	M	10/2006	11	M Tahuata	TED	Macroencéphalie, pouces bas implantés, ensellure nasale affaissée				+		
6	M	02/2003	14	S Bora Bora	Syndrome de Wiedmann Beckwith	Ectopie testiculaire bilatérale, omphalocèle opérée, macrosomie, fente palatine postérieure opérée	Mutation gène cdkn1c/ 11p15					
7	M	10/2003	14	S Bora Bora	TED	Anomalie de la suture métopique, opéré d'un hypospade pénien postérieur				+		
8	M	11/2012	5	S Bora Bora	TED	2è orteil gauche bifide, dysplasie de Hanche						
9	M	06/2011	6	S Bora Bora	TED	Légère dysmorphie du visage, 3 tâches cutanées « café au lait » : thorax, lombaire, paravertébrale droite						
10	F	09/1999	18	S Bora Bora	TED							
11	M	12/2013	4	S Bora Bora	TED	Facies dysharmonieux						
12	M	02/2004	13	S Bora Bora	TED	Microcéphalie, atrophie corticale, anomalies morphologiques (« faciès dysharmonieux »), strabisme	Étude pangénomique sur puce à ADN : présence de régions d'homozygotie					
13	M	05/2010	7	S Bora Bora	TED	Microcéphalie, strabisme				+	+	
14	M	11/2003	14	S Huahine	TED Syndrome de Gilles de la Tourette					+		
15	M	07/2000	17	S Huahine	TED							
16	M	08/2009	8	S Huahine	TED							
17	M	10/2007	10	S Huahine	TED	Dysmorphie faciales, petit PC						
18	M	10/2007	10	S Huahine	TED	Dysmorphie faciales, petit PC						
19	F	09/2000	17	S Huahine	TED, Syndrome du Cri du chat	Fossette sacrée avec hyperpilosité						
20	M	05/2013	4	S Huahine	TED							
21	M	04/2008	9	S Huahine	TED	Syndrome polymalformatif : anomalies dysmorphiques du visage, macrosomie arachnodactylie				+		
22	M	09/2011	6	S Huahine	Syndrome de Poland-Moebius					+		
23	M	06/2013	4	S Moorea	TED, Syndrome de Bosch-Boonstraschaff	Morphologie du visage particulière avec un philtrum effacé, hypotélorisme, nez retroussé, atrophie optique, strabisme, hypermétropie	Délétion 5q15 de 596KB incluant le gène NR2F1			+		
24	M	04/2000	17	S Moorea	TED							
25	M	08/1999	18	S Raiatea	TED, Syndrome d'Angelman		Microdélétion MF1					
26	M	03/2002	15	S Raiatea	TED et syndrome polymalformatif	Syndrome polymalformatif, dysmorphie faciale, agénésie rénale droite, agénésie de l'oreille externe droite, avance staturale-pondérale +2,50 DS et macrocéphalie +4,5 DS ; tache mongoloïde de petite taille sur l'épaule droite + tache "café au lait" de petite taille cuisse droite	Délétion 15q24					
27	M	03/2002	15	S Raiatea	TED							
28	M	08/2012	5	S Tahaa	TED							
29	F	09/2007	10	S Tahiti	TED, Syndrome de Kabuki	Dysmorphie faciale (retrognathisme), palais ogival fente palatine, myopie, strabisme, surdité partielle, hypertélorisme, obésité, micromalformation cardiaque CIV-CIA, scoliose...						
30	M	05/2006	11	S Tahiti	TED		Délétion 2.5 Mégabases sur partie proximale bras long chromosome 15 de 15q11.1 à 15q11.2					
31	M	06/2014	3	S Tahiti	TED							
32	M	10/2009	8	S Tahiti	TED, Syndrome de West atypique		Étude SNP-Array : présence d'une délétion d'environ 2,74Mb en 9q21.13Q21.2			+		

Sexe
M = 54 / 69
F = 15 / 69

Âge
< 12 ans = 37 / 69
12-17 ans = 25 / 69
> 17 ans = 7 / 69

*Archipels
*M : Marquises = 4 / 69
*TG : Tuamotu-Gambiers = 23/69
*S : Îles de la Société = 41 / 69
*A : Australes = 1 / 69

Notre « échantillon » présenté dans le tableau suivant correspond donc à des cas cliniques qui « apparaissent » spécifiques de notre sujet d'étude, à savoir qu'il qu'ils présentent la co-occurrence entre 3 caractéristiques cliniques et familiales :

- Trouble Envahissant du Développement
- Anomalie morphologique ou retard mental neuro-développemental évoquant une étiologie génétique prédominante
- Grand(s) parent(s) ayant travaillé au CEP, ou vivant dans les atolls du sud des Tuamotu, ou parents nés durant la période des essais nucléaires atmosphériques (1966-1974).

Les cas cliniques retenus présentent de manière « manifeste » au moins 2 des 3 critères de sélection :

- TED + trouble neuro-développemental avéré probablement d'origine génétique prédominante (anomalie morphologique +/- retard mental)
ou
- TED + grand(s) parent(s) probablement exposés à des radiations ionisantes (travail au CEP à l'époque des essais nucléaires atmosphériques, ou à une intoxication par de faibles dose de radionucléides (famille ayant vécu, préalablement à la naissance des enfants concernés, dans des zones « à risque »).

Ce concept de « zone à risque » est effectivement très difficile à définir depuis que les documents militaires déclassifiés montrent à l'évidence que tous les atolls et îles habitées de Polynésie françaises ont subi, à des degrés variables des retombées nucléaires des essais atmosphériques.

Cette notion « floue » que nous avons retenue, du fait de son caractère « extensif », prend l'exact « contre-pied » de l'aspect « dosimétrique » qui est depuis un demi-siècle, mis en avant dans toutes les études d'impact ; une dosimétrie considérée, qui doit être supérieure aux seuils décrétés par l'AIEA, constitue le principal obstacle quant à la reconnaissance des pathologies induites par des faibles doses de radioactivité ; ce sont ces normes totalement dépassées pour la radiobiologie moderne, qui ont conduit, pendant des décennies, à considérer l'essentiel des expositions aux retombées des essais nucléaires, de part le monde et particulièrement en France, comme un « risque négligeable ».

Cette notion de risque négligeable, dans la dernière version de la loi Morin concernant l'indemnisation des « vétérans », a disparue, et ce n'est plus au « plaignant » de devoir démontrer, dosimétrie à l'appui, qu'il a effectivement été exposé à des doses de radiations considérées comme responsables de sa pathologie radio-induite reconnue, mais à l'Etat de prouver que l'étiologie de sa pathologie peut être imputable à d'autres causes que le simple fait d'avoir résidé en Polynésie durant tout « l'époque du CEP 1966-1996 » (et non plus seulement durant les essais atmosphériques (1966-1974).

Cette étude n'a aucune prétention épidémiologique, et ne prétend pas faire de liens de causalité obligatoire. Par contre, dans une perspective clinique, les rapprochements que nous faisons entre ces 3 critères de base sus-cités, nous donnent à observer une « *accumulation de cas* » présentant un caractère « *troublant* » par sa « *concentration* » sur des bassins de population très réduits.

- tous ces enfants présentent un **Trouble Envahissant du Développement**¹⁹⁷, avec une importance variable de troubles du développement psychomoteur, de troubles de la parole et de la relation, et de troubles du développement cognitif et des apprentissages scolaires.
- Dans un certain nombre de cas (38/69 = **55 %**), ces TED étaient accompagnés de **dysmorphies** (signant des anomalies génétiques) à l'examen clinique.
- Dans 26 cas (**39 %**), ces TED s'accompagnaient de formes plus ou moins sévères de **retard mental**.
- Dans un certain nombre de cas, ces anomalies du développement étaient accompagnées d'anomalies génétiques identifiées :
 - Dans 13 cas, des syndromes génétiques avaient pu être mis en évidence par une confrontation des tableaux cliniques, et dans certains cas (5) d'analyses génétiques (syndromes d'Angelman et de Willy-Prader, Maladie du Cri du Chat, syndrome de Roger, de Sotos, de Goldenhar, de Poland-Moebius, de Wiedman-Beckwith, de Kabuki, de West, Maladie de Canavan...)
 - Dans 14 cas (donc 10 cas « génétiques » avérés en plus des 13 cas ci-dessus), nous avons pu mettre en évidence, lors d'examen génétiques standards (caryotype et recherche de microdélétion par puces à ADN (méthode « Fish » en CGH-ARRAY) des anomalies génétiques, directement responsables des troubles du développement; parmi ces 14 cas, 8 correspondent à des microdélétions. 3 cas correspondent à des anomalies chromosomiques (translocation, raccourcissement des bras des chromosomes...).
 - 7 résultats génétiques sont revenus sans anomalie.
 - *Pour 48 de ces cas (70 %), il ne nous malheureusement pas été possible de réaliser des analyses génétiques* (essentiellement dans les situations de patients rencontrés dans des consultations éloignées, sans possibilité immédiate de mise en place d'hospitalisation de jour pour bilan en milieu

¹⁹⁷ Ces troubles sont définis par la *Classification internationale des maladies (CIM-10)*. Les catégories diagnostiques retenues incluent : autisme (autisme infantile, autisme atypique), syndrome de Rett, trouble désintégratif de l'enfance, syndrome d'Asperger, trouble envahissant du développement non spécifié, dysharmonies dévolutives. Le terme de trouble envahissant du développement fait référence à différents troubles : c'est pourquoi il correspond plutôt à une catégorie de diagnostic et non à un diagnostic spécifique.

hospitalier, ou sans possibilité de prélèvement sanguin sur place) ; c'est essentiellement pour ces cas là que la recherche devait se poursuivre par la mise en place d'une procédure standardisée de prélèvements sanguins à recueillir sur place, et à transporter dans des conditions de conservation protocolisées, pour mener à des analyses complètes dans un service de génétique médicale (Bilan standard, et recherche de mutations des minisatellites, à la fois chez les enfants considérés, mais aussi dans leur fratrie, et chez leurs parents biologiques et leurs grands parents, paternels, et maternels).

- 14 IRM cérébrales (+ 4 EEG) présentaient des anomalies (correspondant à 13 cas identifiés dans le groupe des anomalies morphologiques avérées, soit 13 pour 18 = **72 %**).

Dans 54 familles sur ces 69 situations (78,3 %), on retrouve des antécédents médicaux familiaux (GPP, GPM, parents ou fratrie) correspondant à de possibles pathologies radio-induites : *ce résultat est certainement un des facteurs contribuant de façon solide à l'identification d'une morbidité sanitaire familiale sérieuse avec une possible transmission familiale génétique d'une « fragilité » acquise, en faveur d'une étiologie « toxique » environnementale.*

Il nous a été possible d'identifier 46 situations (**66 %**) dans lesquelles certains des grands parents (paternels et/ou maternels) ont été, de façon certaine, des « vétérans » ayant travaillé au CEP à l'époque des essais nucléaires atmosphériques, ou ayant vécu de façon exclusive dans des atolls particulièrement exposés aux retombées radioactives, dans le sud des Tuamotu ou aux Gambier.

Dans les autres cas (23, soit **33 %**), les familles n'ont pas été à même de nous renseigner de façon précise : souvent les phénomènes de migrations des populations, les phénomènes d'adoption fa'a'amu relativement fréquents dans les îles éloignées de Tahiti, le décès des grands parents, ou d'autres types d'interruption de transmission de l'histoire familiale, ont empêché les « parents » qui nous amenaient ces enfants en consultation, de nous fournir des renseignements précis concernant les grands parents biologiques, et leur situation existentielle à l'époque des essais atmosphériques.

Il était également prévu dans le prolongement « génétique » de ce projet de recherche, de « retrouver » les grands parents, lors de déplacements « ciblés » dans les îles, aux fins de pratiquer des prélèvements sanguins sur les 3 générations concernées. L'interruption de cette recherche, faute de financement et d'autorisation par l'actuel gouvernement polynésien est responsable de ce manque d'information.

Le nombre de cas, dans cet échantillon non exhaustif de notre patientèle, présentant la coexistence des 3 critères (de façon « certaine ») :

- TED
- Anomalie morphologique et/ou retard mental sévère
- 1 Grand parent ayant travaillé au CEP à l'époque des essais atmosphériques

s'élève à **28 cas (40,5 %)**

Si l'on ajoute le nombre de cas présentant 2 des critères (TED et grands parents vétérans), soient 17 cas, notre co-occurrence s'élève à **65 %** ($28 + 17 = 45$).

Il était initialement prévu que cette recherche se poursuive, par de nouveaux séjours dans les îles éloignées, afin de mener de front des interviews plus complètes des familles, et des grands parents vivants, pour préciser leurs itinéraires de vie, et leurs itinéraires professionnels, parallèlement à la proposition de recueillir des échantillons sanguins aux fins d'analyses génétiques, parmi les membres des 3 générations :

- F0 = grands parents biologiques
- F1 = parents biologiques
- F2 = sujet de l'étude + fratrie biologique

Il ne nous a pas été possible, en l'état de la recherche, de pouvoir comptabiliser les situations des enfants dont les GP ont vécu dans des zones largement exposés aux retombées radioactives à l'époque des essais atmosphériques.

De même, dans certains cas, nous n'avons pas encore pu obtenir, lors de nos consultations, des éléments de l'histoire personnelle des grands parents biologiques, pouvant établir l'éventualité d'un emploi au CEP, à quelles dates, et à quelle fonction professionnelle.

Les « résultats » de notre étude, interrompue « *en cours de route* », sont bien évidemment partiels, et ne constituent, ni un travail de type épidémiologique, ni une « preuve » de la transmission transgénérationnelle de pathologies génétiques secondaires à des expositions à des rayonnements ionisants ; mais cette étude met en évidence un faisceau de paramètres allant dans le sens d'une telle hypothèse ; cette recherche mériterait donc d'être poursuivie, associée à son « complément », basé sur des analyses génétiques en biologie moléculaire.

Il est clair par ailleurs, aujourd'hui, dans notre patientèle, que nous pouvons faire monter le nombre de « cas suspects » à plus de 100.

Constatations cliniques concernant la population des îles habitées les plus proches des deux atolls où ont eu lieu les essais nucléaires du CEP (Moruroa et Fangataufa) : atolls de Tureia, Réao et Pukarua et l'Archipel des Gambiers (île de Mangareva)

Aux décours de nos séjours de consultations dans les atolls du sud des Tuamotu (ceux qui, géographiquement, sont situés les plus proches des atolls de Moruroa et Fangataufa), à savoir Tureia, Reao et Pukarua, nous avons pu constater sur ces « microcosmes », un certain nombre de données sanitaires inquiétantes, au travers de notre activité pédopsychiatrique de secteur dans les infirmeries de ces atolls.

La population infanto-juvénile de ces atolls se compose essentiellement d'enfants de moins de 12 ans, puisque tous les adolescents en situation d'obligation scolaire (âge <16 ans) sont en internat au collège, à Hao, Rikitea, ou en lycée à Tahiti. À l'origine de notre passage sur place, il s'agissait essentiellement de rencontrer les familles de nos adolescents consultants à partir de leurs internats à Hao et Rikitea, et de « repérer » des troubles du développement chez des enfants scolarisés en école élémentaire dans ces atolls.

Sur ces trois atolls, en compulsant les « *carnets médico-scolaires* » des enfants que nous avons consultés à la demande des familles, des infirmiers locaux, et des écoles locales, enfants qui présentaient des difficultés d'apprentissage scolaire, des troubles du comportement ou des pathologies neuro-physiologiques ou pédopsychiatriques, nous avons pu constater, que tous avaient été vus en consultation (pour des problèmes de santé conjoncturels, ou pour des visites « médico-scolaires » systématiques) uniquement par des médecins militaires du Centre Médical de Suivi des vétérans du CEP, entre 2010 et 2016, à l'exclusion de toute autre visite médicale par les médecins itinérants de la Subdivision Médicale des Tuamotu Gambier.

Ces consultations ont parfois donné lieu, dans les cas les plus graves, à des Evasan vers le service de pédiatrie du CHPF.

Par contre, à notre connaissance, aucune des données épidémiologiques ou cliniques faites à l'occasion de ces actions « militaro-médicales » n'ont donné lieu à des communications adressées à la communauté dans son ensemble, et à la communauté médicale civile en particulier¹⁹⁸, y compris, à notre connaissance, dans les Rapports d'activité annuels remis par le Service de Santé des Armées au Ministère de la Santé Polynésiens, concernant ces activités de consultations du Centre Médical de Suivi.

(16831 habitants au recensement de 2017 pour les Tuamotu + Gambier)

¹⁹⁸ Il importe de rappeler à cette occasion que le Service de Santé des Armées, s'il pratique sans nul doute la médecine de façon techniquement tout à fait satisfaisante, se caractérise par une soumission aux ordres hiérarchiques, ceux de la « grande muette », et il est fort probable, sur le plan des profils psychologiques individuels, que ses membres ne doivent pas se caractériser par une dynamique de « lanceurs d'alerte"... C'est essentiellement dans ce genre de situations impliquant un contexte hégémonique de mainmise des pouvoirs civils ou militaires non démocratiques, que les ONG médicales (tel « Médecins du Monde ») ont progressivement conçu que pour être efficace et éthique, la pratique médicale devait s'appuyer sur deux dimensions, « soigner, mais aussi témoigner ».

La situation particulière de Tureia :¹⁹⁹

En 1996, la population s'élevait à 1321 habitants, puis elle a décliné fortement après la fermeture du CEP ; en 2012, la population recensée était de 300 habitants ; aujourd'hui, ne résident plus au village une centaine de personnes (en dehors des adolescents partis suivre leurs études dans d'autres îles (Internat de Hao en particulier), et de plusieurs dizaines de copraculteurs qui reviennent rarement au village).

Sur cet atoll, grâce aux documents « militaires » obtenus par Bruno Barrillot, nous avons pu « retracer » le devenir des 15 enfants présents sur l'île de Tureia à l'époque du Tir Encelade, du 12 juin 1971, dont les retombées « inondèrent » la population présente alors sur l'atoll.

Parmi ces 15 enfants, en 2016, nous avons pu constater lors de nos consultations, les éléments médicaux suivants :

- 4 d'entre eux (2 garçons et 2 filles), sont atteints d'un cancer de la Thyroïde (ils habitent toujours actuellement sur l'atoll de Tureia)... soit un enfant sur 4 !!!!!
- 1 de ces enfants est décédé à 33 ans sur un atoll éloigné, de façon « indéterminée »
- 1 de ces sujets, né en 1968, a eu 8 enfants ; 1 de ces enfants a présenté cliniquement à la naissance pour une macrosomie
- 1 des 4 sujets, ayant une pathologie thyroïdienne cancéreuse, qui est né en 1969, soit deux ans avant ce tir présente également un cavernome cérébro-temporal, pathologie dont l'origine est souvent considérée comme héréditaire ; trois questions se posent alors : celle d'une éventuelle pathologie radio-induite antérieurement à la naissance, par irradiation des cellules souches des parents, celle d'une irradiation in-utero précoce, à l'époque d'un précédent tir, et celle d'un possible effet stochastique liée à une contamination du bébé par ingestion de radionucléides présents dans l'alimentation. Ce garçon devenu père de famille a eu 9 enfants, dont une présente une maladie polykystique gynécologique.

En ce qui concerne la population globale de Tureia (environ une centaine d'habitants, plus les collégiens en Internat au Collège de Hao, et des copraculteurs des motus, qui reviennent rarement au village), le nombre de pathologies potentiellement radio-induites est également impressionnant ; on a ainsi pu dénombrer parmi la population actuelle :

- 10 cancers de la Thyroïde
- différentes autres pathologies cancéreuses (dont plusieurs cas de pathologies oculaires « tumorales », dont des colobomes)
- au moins deux syndromes malformatifs
- plus de 4 cas de pathologies neuropsychiatriques

Chaque famille compte plusieurs membres décédés relativement jeunes de cancers, mais aucune véritable enquête épidémiologique sérieuse n'a été menée, à notre connaissance, sur la population de cet atoll (?)

¹⁹⁹ « Vive la France », de Helgi FELIXON et Titti Johnson, 2014, http://www.film-documentaire.fr/4DACTION/w_fiche_film/42832_1

Aucun résultat épidémiologique, concernant les enfants, n'apparaît sur les rapports annuels du Centre Médical de Suivi des Vétérans que nous avons pu consulter, et ce, en dépit d'une présence fréquente sur cette île de médecins militaires, qui y résident régulièrement durant plusieurs jours.

Pourtant, notre enquête de « surface » met en évidence une vingtaine de pathologies possiblement radio-induites, sur une population d'une centaine d'habitant, soit une morbidité atteignant 1 personne sur 5 !!!

Bruno Barrillot

http://www.obsarm.org/IMG/pdf/notes_no_4-2016_ge_ne_ration_bombe.pdf

Les enfants cobayes de Tureia

« Les nourrissons des îles Tuamotu ont probablement été les plus touchés. En effet, en raison de sa courte période (environ 8 jours), l'iode-131 mélangé à l'atmosphère atteint en premier l'archipel des Tuamotu proche des sites d'essais.

De plus, comme il n'y a pas de production laitière sur les atolls, les mamans ont l'habitude de confectionner les biberons en délayant du lait concentré avec l'eau de pluie collectée dans des citernes. Cette eau est contaminée par de l'iode-131 et par d'autres radioéléments éjectés dans l'atmosphère par les explosions nucléaires.

Dans un document récemment déclassifié, les mesures de radioactivité de l'eau des citernes de Tureia, l'atoll habité le plus proche de Moruroa, ont été effectuées.

Les doses effrayantes auraient dû interdire l'utilisation de l'eau des citernes pour la consommation humaine.

Selon le document resté secret jusqu'en 2013, le 13 juin 1971, au lendemain de l'essai Encelade (équivalent à 30 bombes d'Hiroshima), l'eau de citerne à Tureia mesurait 78 440 becquerel (Bq) par litre alors que la radioactivité naturelle de l'eau de pluie varie entre 0,3 et 1 Bq par litre. Le 12 juillet 1971, soit un mois plus tard, la radioactivité de l'eau de citerne à Tureia s'élevait encore à 195 Bq par litre¹⁷.

De source officielle, au cours de la période des essais aériens (1966-1974), la petite population de Tureia a été touchée par 39 retombées radioactives.

Même si toutes les mesures de la contamination de l'eau de citerne de Tureia n'ont pas été déclassifiées du secret défense, il n'y a aucune raison de penser que les habitants de cet atoll n'ont pas consommé de l'eau gravement contaminée au cours de toutes ces années et qu'ils en subirent et subissent encore les conséquences dans leur santé.

On pourrait penser que le rapport du Service mixte de contrôle biologique (SMCB) sur les conséquences des retombées radioactives du tir Encelade sur Tureia aurait comporté des mises en garde et recommandations. Pas du tout.

Comme tous les autres documents reposant sur des mesures prises par des scientifiques militaires, le rapport sur Tureia a été transmis à la hiérarchie du SMCB et à la direction des Centres d'Expérimentation Nucléaire qui se sont dépêchées d'y apposer le secret.

La lecture de ce rapport laisse la terrible impression que les habitants de Tureia — et particulièrement les quinze enfants de moins de 7 ans — ont été observés comme des cobayes par les « scientifiques » militaires français, comme l'avaient fait les scientifiques américains du *Brookhaven National Laboratory* pour les habitants de l'atoll de Rongelap (*cf plus haut*).

Entre 1966 et 1974, la population de l'atoll de Tureia, enfants compris, a été passée en spectrogammamétrie à dix reprises pour mesurer leur radioactivité interne suite à l'ingestion de radioéléments dans l'air, l'eau et l'alimentation. Les résultats sont-ils fiables ? On constate néanmoins qu'en 1967, notamment après le tir Arcturus qui pollua Tureia, les examens en spectrogammamétrie des habitants de Tureia furent particulièrement inquiétants. De plus, le témoignage d'un appelé du contingent, infirmier, qui faisait passer ces examens sur *La Rance* mentionne que l'appareil, pour les îles, avait été étalonné de façon à faire apparaître des résultats trois fois moins importants que la dose réelle. »

Contamination des enfants de Tureia en 1971

Extrait de « l'Étude de la dose absorbée en contamination interne par les habitants de Tureia au cours du mois suivant le tir Encelade », Service mixte de contrôle biologique n° 126/CEP/SMCB du 10 août 1971. (Déclassifié le 8 janvier 2013). Le tir Encelade a eu lieu le 12 juin 1971 et il a développé une énergie de 440 kilotonnes (30 fois la bombe d'Hiroshima).

« Cas particulier des enfants de moins de 7 ans

La thyroïde des enfants est un organe très radio-sensible et il est indispensable d'étudier cette catégorie d'habitants... Compte tenu de l'activité en iode-131 contenue dans l'eau de boisson, l'injection quotidienne d'un litre d'eau de citerne délivre à la thyroïde des enfants une dose de 1 295 mrem soit 86 % de la QMA/an de cet organe. Ce calcul ne tenant pas compte des autres produits de fissions frais apportés par l'eau et le reste de la ration alimentaire, on peut admettre que les 10 enfants de Tureia dont l'âge est compris entre 30 mois et 7 ans ont atteint la QMA pour leur thyroïde.

Cas particulier des nourrissons

Le sevrage ne se faisant guère avant 2 ans dans les Tuamotu, on peut considérer que 5 enfants rentrent dans cette catégorie. En prenant comme exemple le plus jeune enfant : Paul Terakaukau, né le 26 mai 1971, il doit recevoir en moyenne 600 à 700 cc de lait par jour. Si l'on considérait que son alimentation est purement artificielle : lait concentré sucré dilué dans l'eau de citerne non bouillie (ce qui est malheureusement fréquent dans les Tuamotu), il aurait absorbé 1 800 mrem à la thyroïde, en un mois, du seul fait de l'iode-131, ce qui correspond à 120 % de la QMA/an. En fait une enquête effectuée sur place a révélé que l'enfant recevait une alimentation mixte : maternelle + biberon (confectionné avec l'eau de la citerne Terakaukau).

On peut donc considérer que la dose ingérée, due à l'eau de boisson n'est que la moitié de celle initialement retenue, en n'oubliant pas toutefois qu'il est impossible d'estimer la dose en iode-131 délivrée par le lait maternel et que nous ne tenons pas compte dans ce calcul de contamination interne, des autres produits de fission frais : on peut raisonnablement estimer que la dose délivrée à ce nourrisson atteint la QMA. »

La situation particulière de Réao

(359 habitants, dont 256 adultes au recensement de 2016).

En septembre 2016, on dénombre chez les enfants (103 recensés):

- 1 enfant qui a développé une leucémie
- 6 enfants avec des retards mentaux
- 1 enfant présentant un Syndrome de Canavan (maladie génétique et neuro-dégénérative rare, prévalence de 1 cas sur 100.000).

et chez les adultes :

- 17 femmes (entre 40 et 75 ans, sur 256 habitants) ont développé un cancer de la thyroïde : soit 6.6% ; si l'on considère qu'il y a moitié de femme et moitié d'homme, cela fait 13% de la population féminine :
 - 9 femmes sont âgées aujourd'hui de 50 ans et plus (naissance antérieure à 1966).
 - 4 femmes sont nées durant la période 1966-1974.
 - 4 femmes ont moins de 42 ans ; si les essais nucléaires sont en cause dans ces derniers cas, on peut interroger l'hypothèse transgénérationnelle (instabilité génétique) ou la contamination locale par l'alimentation (question des ingestions chronique de très faibles doses de radionucléides).

A ce sujet, une étude faite par les USA sur les essais nucléaires aux îles Marshall²⁰⁰ 201, a mis en évidence que « le pic d'apparition de pathologies thyroïdiennes » a été maximum en 2006, donc 60 ans après les essais atmosphériques américains de la fin de années 50.

On dénombre ainsi chez la population de cet atoll :

- 17 pathologies thyroïdiennes cancéreuses
- 6 autres types de cancers : 3 cancers hématologiques, 2 cancers de l'utérus, un cancer du rein, et 1 cancer du sein (chez une femme qui a vécu à Hao pendant dix ans)
- 3 pathologies dermatologiques graves (psoriasis très important) ; un de ces patients a travaillé plusieurs années à Moruroa.
- 1 enfant a présenté une leucémie
- 6 cas de retard mental
- 1 syndrome de Canavan. (d'après les dossiers médicaux, un frère de cet enfant, vivant sur un autre atoll du fait d'une adoption faa'amu, présenterait exactement le même type de pathologie).

200

201 BUSBY C. : The health effects of exposures to radioactivity from the US Pacific Nuclear Tests in the Marshall Islands, - Criticisms of the analysis of Simon et al 2010 : Radiation doses and cancer risks in the Marshall Islands associated with exposure to radioactive fallout from Bikini and Enewetak Nuclear Weapons Tests and supporting documentation, *Occasional Paper 2012/6*, Aberystwyth UK: Green Audit, May 2012.

soit 34 maladies potentiellement radio-induites sur 359 habitants. La morbidité pouvant être en lien avec les retombées des essais nucléaires serait de 9.47%.

Une famille de Reao (père né en 1950 et mère en 1952) qui a eu dix enfants, a subi trois fausses couches et un enfant mort avant un an.

Parmi les six enfants vivants :

- trois garçons présentent un retard mental (enfants nés en 1983, 1989 et 1991) ainsi que la jumelle d'un des trois garçons (1983),
- une fille (née en 1982). a présenté un cancer de la thyroïde, qui a été opéré.
- L'un des enfants présentant un retard mental (né en 1991) est également porteur d'une myopathie associée à des éléments dysmorphiques (poly-syndactilies des 4 membres).
- Un autre (né en 1983) présente une macrocéphalie.
- Un autre (né en 1989) présente également des malformations aux membres (clinodactilie d'un métatarse surnuméraire qui a été amputé).
- Le seul enfant en bonne santé est le premier, né en 1980.

Une autre famille présente aussi une accumulation de pathologies possiblement radio-induites. Le père est né en 1967, la mère en 1974 (elle présente goitre thyroïdien), et leur fils présente une macrocranie avec des anomalies de la substance blanche à l'IRM évocatrice d'une leucodystrophie kystique diffuse, et une megaencéphalie.

La sœur biologique de cet enfant (6 ans), qui est fa'a'amu et qui vit sur une autre île, présente également une leucodystrophie megaencéphalique kystique (avec mutation du gène MLC1). Cette famille présente donc deux enfants atteints vraisemblablement d'une maladie de Canavan.

Une troisième famille cumule également des pathologies potentiellement radio-induite :

- une enfant est née en 2002 prématurément, à 29 semaines. Elle présente une déficience mentale, une fente palatine, une déficience visuelle congénitale, un pied bot et une dysmorphie faciale. Le père de la fillette est « inconnu ».
- Son demi-frère, né en 2006 d'un deuxième lit de la mère, est également un enfant polymalformé : fente palatine, pied bot, rein unique, retard de croissance intra-utérin.
- La maman née en 1981 présente un retard mental modéré ayant donné lieu à la reconnaissance d'un handicap par la COTOREP.
- Le grand père paternel du garçon est un ancien légionnaire du CEP.
- Le père du garçon présente également une fente velo-palatine.

La situation particulière de Mangareva (archipel des Gambier, île de Rikitea) :

(1331 habitants au recensement de 2007)

Sur Mangareva, à l'est de Moruroa et Fangataufa, le nombre officiel de retombées radioactives est particulièrement important ; les autorités reconnaissent que cette île a été contaminée par 20 des essais atmosphériques, entre 1966 et 1974 !

Les différents films réalisés ces dernières années sur le CEP²⁰², présentent de nombreuses interviews concernant les souvenirs du vécu des habitants, rythmé par les alertes, et les périodes de confinement dans un abri « anti-atomique »... qui correspond en fait à un gymnase recouvert de tôles !

Comme à Tureia, toutes les familles rencontrées parlent de plus en plus facilement des nombreux cas de cancers qui sont survenus parmi les membres de ces familles.

Rappelons à ce propos, ce qui se passait à l'époque à Mangareva...

Le Figaro, 19 mai 2005 :

« Selon un document secret, une évacuation préventive des populations des îles Gambiers avant une explosion expérimentale était « exclue pour des motifs politiques et psychologiques ».

Polynésie : le mensonge nucléaire. Des documents prouvent que les autorités militaires connaissaient les risques pour les populations et n'ont pris aucune mesure de protection

L'association l'Observatoire des Armes Nucléaires françaises/CDRPC révèle, dans sa lettre publiée hier, des documents secrets datant de 1966 sur la gestion par les militaires français des premiers essais atomiques dans le Pacifique. Si ces documents sont authentiques, ils montrent comment la population de l'atoll de Mangareva a été trompée sur la réalité des retombées radioactives.

Alors qu'une instruction judiciaire est ouverte depuis six mois, le CDRPC, avec l'association polynésienne Moruroa e Tatou et l'Association des Vétérans des Essais Nucléaires (AVEN) ont déposé hier une requête auprès du Ministre de la Défense afin que tous les documents « leur permettant d'appréhender les conséquences, sur leur santé et celle de leur descendance, des essais nucléaires en Polynésie » soient divulgués.

Les fac-similés des documents reproduits dans la lettre Damoclès ont toutes les apparences de rapports, procès-verbaux et téléx militaires des années 1960, tampons «secret» compris. Le ministère de la Défense restait cependant prudent hier et souhaitait vérifier s'il s'agissait d'une « fuite de documents » authentiques, avant de réagir.

Dans une « étude » secrète du « Service Mixte de Sécurité Radiologique » référencée n° 2720, non datée mais qui serait selon le CDRPC antérieure au premier essai nucléaire atmosphérique en Polynésie du 2 juillet 1966, on peut lire qu'« une évacuation préventive des populations des Gambier avant une explosion expérimentale est exclue pour des

²⁰² « Aux Enfants de la Bombe » de Christine BONNET et Jean-Philippe DESBORDES, 2012,

http://www.film-documentaire.fr/4DACTION/w_fiche_film/38991_1

« Bons Baisers de Moruroa » de Larbi BENCHIHA, 2016,

http://www.film-documentaire.fr/4DACTION/w_fiche_film/47636_1

motifs politiques et psychologiques ». *Ce document étudie pourtant les modalités pratiques d'une évacuation des atolls polynésiens.*

Mais « le cas des Gambier (570 habitants) est le plus difficile » écrivent les militaires, notamment car la population est « composée en grande partie de personnes âgées et d'enfants ».

La sécurité des populations avait fait l'objet de réunions. Le 13 janvier 1966, « la Commission consultative chargée d'étudier les problèmes de sécurité technique relatifs aux essais nucléaires » s'est réunie « sous la présidence de monsieur Francis Perrin, haut commissaire à l'énergie atomique », selon le procès-verbal rédigé par le général de corps aérien Thiry.

Il est indiqué que les autochtones ont « un risque génétique plus élevé que pour une population européenne de même importance ». Plus loin : « Il est donc nécessaire d'envisager que toute retombée (radioactive, NDLR) sur un lieu habité soit considérée comme un accident ».

Dans un autre document daté du 7 janvier 1966, le même général envisage que « la population aura été regroupée » et que « dès l'information d'une retombée, la population sera invitée à se mettre à l'abri ».

Le 2 juillet, après l'essai « Aldébaran », tiré depuis une barge flottant dans le lagon de Moruroa, le vent pousse le nuage radioactif jusqu'à Mangareva, dans les Gambiers, à 500 km. Il y a bien une « retombée », mais pas de protection des populations. En atteste les mesures inscrites dans un rapport « confidentiel défense » du 17 mars 1967. Douze heures après l'explosion, 2104 picoCurie par mètres cube d'air sont mesurés à Mangareva.

L'équivalent de 185 fois la radioactivité normale. Un télex « diffusion restreinte » est envoyé à Paris. « Ministre informé de radioactivité non négligeable. (...) Contamination au sol existante. Demande consignes pour décontamination et à tenir nourriture et pêche ».

Un navire militaire, La Coquille, est dépêché à Mangareva. Le Dr Millon y fera un rapport édifiant que le Nouvel Observateur avait révélé en février dernier. Le médecin s'attache au « climat psychologique de l'île » : « La population tahitienne est parfaitement inconsciente, insouciant » ; « les militaires sont au courant sans connaître, évidemment (...) les chiffres atteints ». Pour la campagne suivante, le Dr Millon suggère « de minimiser les chiffres réels de façon à ne pas perdre la confiance de la population ».

(1) Damoclès, la lettre du centre de documentation et de recherche sur la paix et les conflits. Internet : www.obsarm.org

(2) Organisme dépendant à l'époque du Commissariat à l'énergie atomique et du ministère des Armées.

Fabrice Nodé-Langlois

Essais nucléaires : l'archipel des Gambier s'inquiète des conséquences (19/05/2005)

« Roland Oldham évoque également l'essai nucléaire de forte puissance baptisé « Aldebaran », à Moruroa, depuis une barge, le 2 juillet 1966, en présence du général de Gaulle.

« Le programme de la visite présidentielle exigeait que l'on effectue le tir malgré de mauvaises conditions atmosphériques, et un tir depuis une barge provoque toujours une intense pollution nucléaire en raison des débris soulevés ».

Le président de « Moruroa e Tatou » ajoute que les retombées ont été poussées par les vents jusqu'aux Gambier, distants de 500 km. « Les Etats-Unis, précise-t-il, ont reconnu que ces retombées pouvaient atteindre 700 km à la ronde par beau temps et que, naturellement, on ne pouvait maîtriser les vents ».

A Rikitea, village principal de Mangareva, deux bunkers ont été construits en 1967 afin d'abriter la population lors des essais dans l'atmosphère. « Un système d'arrosage permettait, après l'essai, de laver le toit du bunker », raconte Tihoni Riesing, habitant de l'île, « et la population pouvait passer jusqu'à 48 H enfermée dans le bunker dont elle n'avait pas le droit de sortir et où l'air était filtré dans des appareils spéciaux ».

Libération, 18 mai 2005 :

« Selon un document secret de 1966, la France a caché les risques des essais nucléaires aux Polynésiens. « Sciemment, ils n'ont pas protégé les gens ».

*C'est une petite phrase qui fait froid dans le dos : « **Une évacuation préventive des populations des Gambier avant une explosion expérimentale est exclue pour des motifs politiques et psychologiques** ».*

Elle est extraite d'un document militaire secret de 1966, dévoilé aujourd'hui par un groupe de militants antinucléaires, le Centre de documentation et de recherche sur la paix et les conflits (CDRPC). Ce rapport du Service mixte de sécurité radiologique renvoie aux essais nucléaires dans l'atmosphère menés par la France en Polynésie dans les années 60.

En Polynésie-Française, Roland Oldham, président de l'association antinucléaire et (indépendantiste) Moruroa e tatou, constate que « les Polynésiens entrevoient la vérité sur ce qui s'est réellement passé durant la période des essais nucléaires (1966-1996, ndlr). Ils ont maintenant des preuves qu'on les a trompés ».

Cette association, proche du nouveau gouvernement local dirigé par Oscar Temaru, va déposer une requête auprès du ministère de la Défense pour que soient rendus accessibles « toutes informations et documents leur permettant d'appréhender les conséquences sur la santé » des habitants.

*Ces documents, qui sont pour l'essentiel stockés aux archives de la Défense à Vincennes, ne sont toujours pas communicables. **Le ministère de la Défense justifie cette opacité par le souci de ne pas dévoiler des informations sensibles sur la technologie des bombes qui pourraient être utilisées par des pays qui ont l'intention de se doter d'armes nucléaires.** Bruno Barrillot et l'association Moruroa e Tatou demandent toutefois « l'ouverture des archives de l'ensemble des périodes des essais atmosphériques (1966-1974, ndlr) » et jugent « opportun que les habitants de l'archipel des Gambier bénéficient d'un suivi sanitaire spécifique ».*

Libération, 20 mai 2005: Nucléaire : lente réaction du ministère.

« Le ministère de la Défense est visiblement embarrassé par la publication de documents confidentiels concernant les essais nucléaires dans le Pacifique (Libération du 18 mai).

Remontant aux années 60, ces documents mis à jour par les antinucléaires du Centre de Documentation et de Recherche sur la Paix et les Conflits (CDRPC) indiquent que « les services concernés par les essais ont manipulé les informations pour minimiser leur impact sur l'environnement, les personnels et les populations », affirme l'un de ses responsables, Bruno Barrillot.

Le ministère a mis plus de douze heures avant de réagir pour « démentir les allégations selon lesquels les populations de Polynésie n'auraient pas bénéficié des mesures de sécurité nécessaires ». Coup de menton martial, mais un peu court, comme l'ont montré les mises au point de Jean-François Bureau, porte-parole du ministère ».

« Les conditions de protection des populations locales ont été strictement les mêmes que celles des personnels civils et militaires » du Centre d'Expérimentations du Pacifique, a-t-il dit, hier. Pas forcément rassurant sur le sort de ces derniers...

En réalité, le ministère de la Défense redoute qu'une polémique se développe sur une éventuelle « discrimination » des populations locales face au danger nucléaire. Au risque de

renforcer les indépendantistes de Polynésie, qui viennent de remporter les élections territoriales, contre Gaston Flosse, le président sortant soutenu par l'Elysée.

La Défense a confirmé - comme il l'avait déjà fait à plusieurs reprises - que l'essai du 2 juillet 1966 a donné lieu à des retombées sur l'archipel des Gambier, mais « c'est le seul cas où la norme a été très légèrement dépassée : 5,5 millisiverts au lieu de 5 ». De son côté, le CDRPC parle d'« une contamination 142 fois plus élevée que dans la zone interdite de Tchernobyl ».

Le ministère de la Défense a qualifié jeudi de « sans fondement » ces informations qui laissent entendre que des Polynésiens auraient été laissés « sans protection » lors des essais nucléaires. « Les procédures pour les civils polynésiens étaient les mêmes que celles qui étaient appliquées aux personnels de la Défense qui servaient les essais », a précisé le porte-parole du ministère, Jean-François Bureau ».

Dans le Rapport de la Commission d'enquête sur les conséquences des essais nucléaires de l'Assemblée Territoriale, on peut lire également le témoignage étonnant d'un infirmier, Olivier Anihia qui exerça à Mangareva au début des années 1990 :

« J'ai commencé mon service à l'infirmierie de Mangareva en novembre 1990 et j'ai exercé jusqu'en 2000. Quand je suis arrivé, j'ai fouillé un petit peu les registres qui étaient là. Il y avait tous les cahiers de consultation. Ce sont les cahiers que nos médecins inspecteurs viennent toujours regarder. Il y a tout ce qui s'est passé au plan médical à l'infirmierie mais aussi tous les médicaments distribués, les stocks de pharmacie, ce qu'on a dépensé. Je n'ai pas pu tout regarder. Il y avait mention d'enfants hydrocéphales, au moins deux qui sont morts après. Et des morts in utero. J'avais compté des accouchements difficiles, au moins 7 et d'autres maladies. Mais je ne suis pas remonté très loin. J'ai aussi constaté qu'il y avait des pages arrachées dans les cahiers de consultation.

J'ai su, en arrivant, qu'un médecin, hollandais peut-être, mais qui parlait français, était venu d'Europe un ou deux avant mon arrivée. Il était venu au titre de la santé publique et il a fait une enquête à Mangareva. Il avait eu le feu vert pour enquêter. Il avait dit qu'il y avait une cinquantaine de poumons, je crois 52. Où il avait eu ces chiffres là, je ne sais pas. Mais ce n'est pas tout. En 1992 ou 93, je ne sais plus, les services de santé de Tahiti sont venus à Mangareva. Ils ont ramassé toutes les archives de l'infirmierie, les cahiers de consultation. Je pensais que c'était un ordre de la Santé. On ne les a jamais revus. Quand Patrick Howell est venu, je lui ai posé la question. Il m'a dit qu'il n'était pas au courant ».

Et voici ce qu'écrivait Bruno Barrillot, en février 2016, dans le n° 4 des « Notes de l'Observatoire »²⁰³:

En effet, l'examen de l'état-civil des Gambier de la période des essais ne manque pas d'interroger : dans les années antérieures au 2 juillet 1966 (premier essai à Moruroa), on comptait en moyenne 24 naissances par an tandis qu'à partir du milieu des années 1970, on ne comptait plus qu'une moyenne de 12 naissances pour une population constante autour de 500 habitants. Ce déficit de naissances à Mangareva serait-il dû aux atteintes biologiques des radiations ? Aucune étude — qui aurait dû être faite — ne permet de le prouver, mais force est de constater une coïncidence frappante : les documents aujourd'hui déclassifiés du secret militaire montrent que Mangareva a subi 31 retombées radioactives entre 1966 et 1974²⁰⁴. De plus, certains des rapports aujourd'hui publics

²⁰³ http://www.obsarm.org/IMG/pdf/notes_no_4-2016_ge_ne_ration_bombe.pdf

²⁰⁴ Certains affirment que les femmes de Mangareva allaient accoucher à Papeete. En fait, ce n'est que dans le milieu des années 1980 que la Direction de la Santé avait décidé que les accouchements se feraient à Tahiti.

montrent qu'il y a eu, de la part des autorités militaires, une volonté explicite de cacher à la population la vérité sur la contamination très importante de la chaîne alimentaire due aux retombées radioactives. Après les retombées radioactives considérables sur les Gambier à la suite du tir Aldébaran du 2 juillet 1966, le docteur Millon, médecin du Service Mixte de contrôle Biologique, relève dans son rapport, les inquiétudes du capitaine du Service Mixte de Sécurité Radiologique : « *Par honnêteté, il s'inquiète pour les gosses du village qui marchent pieds nus et jouent par terre* » et il ajoute : « *Il sera peut-être nécessaire de minimiser les chiffres réels de façon à ne pas perdre la confiance de la population qui se rendrait compte que quelque chose lui a été caché dès le premier tir*²⁰⁵. »

Curieuse coïncidence. Le registre des décès de Mangareva comporte cinq décès entre le 2 juillet et le 31 décembre 1966 : tous des enfants. Jacqueline Golaz était directrice de l'école primaire de Mangareva de 1962 à 1969. Elle suivait attentivement la santé de ses élèves : « *Dès la rentrée 1966, je me suis rendu compte qu'il y avait des enfants qui étaient malades et je tenais un cahier où j'inscrivais tous ceux qui passaient voir l'infirmier et ce qu'ils avaient : il y avait la diarrhée, ils vomissaient... Je me rappelle bien, il y avait un vieux papa qui est venu me dire : "Mais regardez, ma fille, elle perd ses cheveux." Alors j'ai inscrit sur le cahier que certains élèves perdaient leurs cheveux. Un jour, trois officiers sont venus à l'école et ils ont demandé à voir le cahier du dispensaire. Ils ont pris mon cahier et ils ne l'ont pas ramené. Mais pour moi, ce n'était pas grave, j'ai pris un autre cahier. Ce n'est que des années après que j'ai compris l'importance de ce cahier*²⁰⁶. »

Naissances anormales au temps des essais

En 1993, Mme Philomène Voirin, une sage-femme qui a exercé de 1951 à 1986 en Polynésie a fait d'effrayantes révélations dans le documentaire *Moruroa le grand secret*²⁰⁷. « *À partir de 1968, il semblerait qu'il y ait une explosion de malformations. C'est peut-être moi qui me fais des idées, mais c'est la constatation que j'ai faite. À partir de 1968 jusqu'à ce que je parte à la retraite, j'ai vu pas mal de malformations, c'est-à-dire des pieds bots, ça a continué mais à un rythme plus accéléré, ensuite j'ai vu des anencéphalies, c'est-à-dire des enfants qui naissent sans boîte crânienne, des exencéphalies, c'est-à-dire des enfants qui naissent avec une sortie du cerveau hors de la boîte crânienne : il y a une espèce de trou et le cerveau sort de là. J'ai vu également des éviscérations, c'est-à-dire des enfants qui naissent avec sortie des viscères à l'extérieure, j'ai vu des phocomélies, c'est-à-dire des enfants qui naissent avec à la place des membres supérieurs des espèces de nageoires, des enfants animaux qui sont obligés de se trainer à 4 pattes. Ce sont des enfants, d'ailleurs qui ne peuvent pas vivre, c'est extrêmement rare.* »

En ce qui concerne le sujet de notre étude, sur 500 enfants environs pour 1420 habitants au dernier recensement, notre file active de consultants s'élève à une cinquantaine d'enfants, soit 10 % de la population infanto-juvénile de l'île.

Parmi ces enfants, 5 présentent des tableaux de dysharmonie d'évolution, avec certains signes pouvant évoquer un retard global de développement psychomoteur d'origine organique.

²⁰⁵ Rapport MN/CEP/BRO La Coquille/SMCB du 10/07/1966 : *Mission de La Coquille aux Gambier du 2 au 10/07/1966*, dit « rapport Millon », déclassifié le 12 décembre 2013 ; Rapport 110/CEP/SMCB/S du 16/08/1966 : *Rapport préliminaire concernant les résultats obtenus par le BRO « La Coquille » pendant la première demi-campagne*, déclassifié le 12 décembre 2013. Voir aussi, Rapport de la commission d'enquête de l'Assemblée de la Polynésie française, *Les Polynésiens et les essais nucléaires*, 2006, pp. 195 à 234.

²⁰⁶ Interview de Jacqueline Golaz in Bruno Barrillot, Marie-Hélène Villierme, Arnaud Hudelot, *Témoins de la bombe*, Univers Polynésiens, Papeete, 2013, pp. 3-6.

²⁰⁷ Michel Daeron, *Moruroa le grand secret*, documentaire diffusé sur Arte le 6 novembre 1993.

Questionnement sur les méthodologies des Etudes d'observation pouvant être menées en Polynésie française :

Nous rappelons ici, pour commencer à réfléchir sur les méthodologies de recherche à mettre en place dans l'avenir, les considérations de base en matière d'études épidémiologiques dans le domaine sanitaire²⁰⁸ :

« Les chercheurs observent la situation (les groupes) sans intervenir sur les conditions d'exposition des sujets inclus dans l'étude.

Parmi les études d'observation, on distingue :

- Les études descriptives: transversale, longitudinale (cohorte)
- Les études analytiques : transversale, cohorte, cas - témoins, les deux dernières étant les plus importantes. »

1. ENQUÊTE TRANSVERSALE :

(en anglais *cross sectional survey*)

Dans l'enquête transversale, les unités statistiques (individus, ménages...) qui composent l'échantillon, font l'objet d'une investigation de courte durée, destinée à appréhender les phénomènes présents au moment de l'enquête.

Il s'agit d'une coupe de la population à un moment donné qui permet de recueillir des informations sur chaque individu.

L'investigateur mesure simultanément la présence ou l'absence de maladie et le caractère exposé ou non à un facteur.

1.1 Objectifs des enquêtes transversales :

Mesurer à un moment donné la prévalence d'une maladie (c'est-à-dire la fréquence des cas présents) ou **la valeur d'un indicateur bio clinique**.

Mesurer la relation existant entre un phénomène morbide et un facteur de risque contemporain.

1.2 Avantages :

Elles sont rapides et souvent peu coûteuses.

Elles permettent de générer instantanément des hypothèses étiologiques et constituent donc une bonne approche initiale quand on dispose de données pour la relation étudiée.

1.3 Inconvénients :

Les biais de sélection peuvent être importants: exemple des travailleurs les plus malades qui ont été retirés des postes à plus haut risque.

Il est souvent impossible d'étudier la relation chronologique (relation temporelle) entre le facteur de risque et la maladie et il est donc impossible d'établir une relation de causalité.

Elles ne permettent pas, de mesurer l'incidence d'une maladie (c'est-à-dire la fréquence des nouveaux cas) car cette mesure nécessite une observation longitudinale des individus.

2. ENQUÊTE DE COHORTE :

Cohorte : ensemble de sujets ayant vécu une même expérience et suivis dans le temps depuis la date de cette expérience (qui peut différer d'un sujet à l'autre).

2.1 Définition de l'enquête de cohorte.

On l'appelle souvent **enquête « exposés - non exposés »**.

Ce sont des enquêtes (le plus souvent) prospectives ; on sélectionne des groupes de sujets exposés au(x) facteur(s) étudié(s) *et d'autres qui ne sont pas exposés au début de l'enquête.*

²⁰⁸ FOUCAN L. : Méthodologie des études épidémiologiques – Notions d'épidémiologie, PAES.

http://www.univ-ag.fr/modules/module_documents/get-document/default/UFR_Medecine/PACES_cours_UE4/UE4_STATISTIQUES_03_Methodologie_des_etudes_Epidemiologiques_2011_2012.pdf

La cohorte (les 2 groupes) bénéficie d'un suivi pendant une période de temps donnée

On détermine les cas de maladie apparus depuis le début de l'enquête.

On détermine ainsi l'incidence d'un ou plusieurs problèmes de santé (maladie le plus souvent) dans chaque groupe.

L'enquête permet de calculer le taux d'incidence (fréquence des nouveaux cas) de la maladie chez les sujets exposés et non exposés.

2.2. Avantages :

Les biais d'information sont limités et mieux contrôlés.

L'enquête permet de calculer le taux d'incidence (fréquence des nouveaux cas) de la maladie chez les sujets exposés et non exposés.

On peut calculer le risque relatif.

L'enquête permet de s'intéresser en même temps à plusieurs maladies pour lesquelles le facteur étudié pourrait être un facteur de risque. Exemple: pour le tabac (exposition), on peut s'intéresser à plusieurs maladies dans la même cohorte (coronaropathie, cancer du poumon, cancer de la vessie...).

2.3. Inconvénients :

L'enquête de cohorte n'est pas adaptée à l'étude des maladies rares.

Il faudrait suivre un nombre important d'individus pour observer un nombre suffisant de malades.

Latence longue : Les sujets inclus doivent parfois être suivis pendant une longue période avant l'obtention de la survenue de la maladie.

Longues et coûteuses (suivi des individus).

Possibilité de «perdus de vue» avant la fin de l'enquête.

3. ENQUÊTE CAS-TEMOINS :

3.1. Définition des enquêtes cas-témoins. :

Il s'agit d'enquêtes rétrospectives.

Elles commencent après le diagnostic de la maladie (M) et après l'exposition (E).

L'exposition est le facteur aléatoire.

On constitue un groupe de sujets atteints de la maladie étudiée (cas) et un groupe de sujets indemnes de la maladie (témoins). On enregistre pour tous les sujets étudiés l'exposition dans le passé (par interrogatoire) au(x) facteur(s) étudié(s).

Ces deux groupes seront comparés pour leur exposition antérieure à ce facteur.

Ces enquêtes ne permettent pas de comparer dans les 2 groupes la fréquence de la maladie.

3.2. Avantages :

L'étude des maladies rares est possible.

Ces études sont, en général, peu coûteuses, et brèves.

Absence de suivi. On peut par exemple interroger en même temps les cas et les témoins dans un hôpital.

Il est possible de rechercher plusieurs facteurs de risque à partir d'un même nombre de cas.

3.3. Les inconvénients :

Biais d'information, liés aux problèmes de mémoire, les sujets peuvent ne pas se rappeler correctement certaines choses. Il est possible que les sujets malades se rappellent davantage de certaines expositions et inversement les banalisent.

L'enquêteur ne peut valider l'histoire racontée par les sujets.

Biais de sélection, quand les cas et les témoins ne sont pas comparables au moment de la sélection des groupes

Ces études ne permettent pas de calculer directement des taux de maladies chez les exposés et non exposés (ne permettent pas de calculer le risque relatif).

Notre **Recherche-action** (en lien avec un travail de consultations cliniques et les prises en charge thérapeutiques des enfants et adolescents sujets de l'étude), organisée

sur le modèle d'un recrutement des sujets de l'étude sur un *mode d'enquête de type transversal*, ne nous permet en aucune façon de réaliser un « groupe contrôle », tel que réclamé par l'équipe japonaise, conformément aux standards des études scientifiques de cette catégorie.

Il faudrait au préalable que soient investis les moyens financiers et les moyens humains et scientifiques spécialisés pour réaliser ce type de « *Case control study* », ce qui n'est pas du registre d'une équipe clinique, explorant les prolégomènes d'une recherche étiologique.

La réalisation de « groupes témoins » est par ailleurs difficile à conceptualiser :

- s'agirait-il de la comparaison avec une autre population (française ou autre) présentant des TED, mais dont les grands parents n'aurait pas été exposés d'évidence à une irradiation par des radionucléides, inhalés, ingérés, ou en transcutané, ou par irradiation directe. Ce cas de figure intéressant ne peut être réalisé avec les moyens actuels du CHPF. En revanche, il devrait être possible de s'associer à une équipe de recherche métropolitaine étudiant la « composante génétique » dans une étude de cohorte de TED consultant dans des services de pédopsychiatrie métropolitains.
- s'agirait-il de la comparaison avec une population de TED de Polynésie française n'ayant pas eu de « vétérans du CEP » parmi les ascendants... mais, d'après de récentes publications militaires déclassifiées, il semble que l'ensemble de la population présente en Polynésie Française dans les années 1966-1974, a pu inhaler ou ingérer des radionucléides (et particulièrement des émetteurs alpha) car les 5 archipels de PF ont été survolés par des nuages chargés de radionucléides, aux décours des 45 essais atmosphériques de cette période.

Par ailleurs nous sommes persuadés, que, compte tenu des centaines de « retombées » des essais nucléaires atmosphériques, qui ont pollué l'ensemble de la population polynésienne entre 1966 et 1974, et du risque de permanence dans l'environnement de très faibles doses de radionucléides encore actives par ingestion, il est statistiquement impossible de réaliser un groupe témoin valide, qui serait composé d'enfants avec ou sans aucune pathologie du développement, avec des grands parents, non vétérans du CEP, et qui n'auraient en aucune façon été « touchés » ou contaminés par les retombées des essais atmosphériques à cette époque, quel que soit leur lieu de résidence sur l'un des 5 archipels polynésiens.

En outre compte tenu de l'absence totale d'intérêt de la communauté médicale et pédiatrique polynésienne pour ce type d'étude, de l'absence de compétences épidémiologiques localement, et de la « résistance » patente des autorités sanitaires françaises pour ce type de recherche, la constitution d'un « groupe témoin » cohérent et scientifiquement valide restera encore très longtemps un vœux pieu.

Sur un plan « alternatif », pour rester dans le cadre apparemment nécessaire pour les équipes de génétique s'inscrivant dans la démarche scientifique « mainstream » (s'attachant donc à produire des résultats « causalistes » au travers de l'utilisation d'une méthode de type « *group contrôle study* »), nous serions beaucoup plus intéressés, du fait d'une faisabilité beaucoup plus évidente, par l'établissement d'un groupe contrôle avec des enfants vivant à l'extérieur de la Polynésie : ce type de technique a été utilisée, manifestement avec succès, par des équipes travaillant sur l'augmentation des

mutations des minisatellites pour des espèces animales ou végétales ; nous pouvons citer en particulier les études sur les « hirondelles de cheminée » (barn swallows) après l'accident de Tchernobyl, réalisées :

- par Ellegren et collègues²⁰⁹, étude parue dans la revue Nature en 1997, et comparant les mutations obtenues chez les « parents et les enfants » des hirondelles biélorusses, avec un groupe témoin ukrainien et un groupe témoin italien
- par Bonisoli, Voris, Mousseau, Moller et coll, en 2010²¹⁰ dans leurs nombreuses études réalisées à Tchernobyl et Fukushima, exposées lors de l'UN Chernobyl Forum report (IAEA, 2006), et dans de nombreuses autres publications (cf dans la Bibliographie, les articles de Moller et Mousseau)

A l'inverse de ce qui semble clairement démontré chez les petits mammifères ou chez les hirondelles, il convient de noter que la dimension de « marqueur biologique » transgénérationnel que constituerait pour Yuri Dubrova, et les chercheurs israélien de l'équipe de Weinberg²¹¹, l'augmentation du taux de mutations des minisatellites chez les enfants de sujets irradiés, est discutée par les Experts de la Commission Européenne²¹², car les résultats des différentes études échouent actuellement quant à donner des résultats fiables, homogènes et cohérents :

« Several studies were conducted concerning increases in the rate of minisatellite DNA mutations in children born to exposed parents after Chernobyl. Studies in exposed families from rural areas of Ukraine and Belarus are indicative of a statistically significant elevated paternal mutation rate in the exposed families (1.6 fold increase) (Dubrova 1996, 2002).

A similar effect has been seen in the children and grand-children of men exposed to weapons testing in Semipalatinsk (Dubrova 2002) and among irradiated families from the Techa River population (Dubrova 2006).

However, studies conducted in families of Chernobyl cleanup workers globally

²⁰⁹ ELLEGREN et al : Fitness Loss and germeline mutations in barn swallows breeding in Chernobyl, *Nature*, 1997, 389, 9, 583-584.

²¹⁰ BONISOLI-ALQUATI A., VORIS A., MOUSSEAU T.A., MOLLER A.P., SAINO N. ? WYATT M. : DNA damage in barn swallows from the Chernobyl region detected by the use of the Comet Assay, *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C-Toxicology and Pharmacology*, 2010, 151, 271-277.

http://www.cricket.biol.sc.edu/chernobyl/Chernobyl_Research_Initiative/Chernobyl_abnormalities.html

MOLLER A.P., MOUSSEAU T.A., et al : Impaired swimming behavior and morphology of sperm from barn-swallows, *Hirundo rustica*, in Chernobyl, *Medicine Research*, 2008, 650, 210-216.

²¹¹ WEINBERG H.S. et al : Molecular changes in the Offspring of liquidators who emigrated to Israel from the Chernobyl disaster area, *Environ Health Perspect*, 1997, 105, 6, 1479-1481.

WEINBERG H.S. et al : Very high mutation rate in offspring of Chernobyl accident liquidators, *Proc R Soc London*, 2001, 268, 1001-1005.

²¹² EUROPEAN COMMISSION - RADIATION PROTECTION NO 170 : Recent scientific findings and publications on the health effects of Chernobyl, Summary Report, Directorat-General for Energy, Directorate D -Nuclear Energy Unit D.4 - Radiation protection, 2011.

<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/170.pdf>

failed to show increases in the minisatellite mutation rates (Livshits 2001²¹³; Kiuru 2003²¹⁴ : slight increase above 200 mSv; Slebos 2004²¹⁵ : modest increase, not statistically significant; Furitsu 2005²¹⁶).

The only clearly positive study (Weinberg 2001)²¹⁷ has been criticised for the methodology used (Jeffreys and Dubrova 2001²¹⁸) ».²¹⁹

Il est donc important devant cette différence de « résultats », entre le monde de la faune exposée, et celui des populations humaines « à risque », de mettre en cause la méthodologie des études faites chez les humains, et de comparer les méthodologies de ces différentes études avec celles utilisées par les biologistes « de l'environnement »; à notre sens la question des « groupes témoins » ou « groupes contrôles » est particulièrement sensible, et il semble bien que la constitution de ces groupes sur des populations humaines comparables, se heurte à une multiplication des biais, des biais spécifiques à la constitution et au recrutement de ces groupes en population humaine, que ne rencontrent apparemment pas les chercheurs généticiens qui étudient ces phénomènes chez les animaux .

Se « crisper » sur ces méthodologies de recherches « mainstream », spécifique d'une époque particulière de la science contemporaine, méthodes qui sont particulièrement difficiles à appliquer, au vu de « l'ambiance » tendue qui règne sur le sujet, entre les tenants d'une science qui aurait déjà édicté qu'il n'y a rien à trouver (la radiobiologie « classique ») et les pionniers, qui montrent bien, par des observations empiriques de terrain, (qui ont tout autant de valeur que les « calculs » des scientifiques de laboratoire, dans un autre registre épistémologique), est peut être vain...

Mais on constate que la situation est compliquée pour les chercheurs incarnant « la vraie science », celle de l'objectivation de la preuve par des méthodes mathématiques; dans un environnement de tension scientifique de plus en plus arbitraire (comparaisons des protocoles et des méthodologies, publications obligatoires dans des revues avec « peer comities » qui édictent de façon parfois partielle ce qui est

²¹³ LIVSHITS L, MALYARCHUK S, KRAVCHENKO S et al : Children of Chernobyl cleanup workers do not show elevated rates of mutations in minisatellite alleles, *Radiation Research*, 2001, 155: 74-80.

²¹⁴ KIURU A., AUVINEN A., LUOKKAMI M. et al : Hereditary minisatellite mutations among the offspring of Estonian Chernobyl cleanup workers, *Radiation Research*, 2003, 159: 651-655.

²¹⁵ SLEBOS R., LITTLE R., UMBACH D. et al : Mini and microsatellites mutations in children from Chernobyl accident cleanup workers, *Mutation Research*, 2004, 559: 143-151.

²¹⁶ FURITSU K., RYO H., YELISEEVA K. et al : Microsatellite mutations show no increases in the children of the Chernobyl liquidators, *Mutation Research*, 2005, 581, 69-82.

²¹⁷ WEINBERG H.S. et al : Molecular changes in the Offspring of liquidators who emigrated to Israel from the Chernobyl disaster area, *Environ Health Perspect*, 1997, 105, 6, 1479-1481.

WEINBERG H.S. et al : Very high mutation rate in offspring of Chernobyl accident liquidators, *Proc R Soc London*, 2001, 268, 1001-1005.

²¹⁸ JEFFREYS A., DUBROVA Y. : Monitoring spontaneous and induced human mutation by RAPD-PCR : a response to Weinberg et al 2001, *Proc Royal Society Bulletin*, 2001, 268, 2493-2494.

²¹⁹ EUROPEAN COMMISSION - RADIATION PROTECTION NO 170 : Recent scientific findings and publications on the health effects of Chernobyl, *Summary Report, Directorate-General for Energy, Directorate D - Nuclear Energy Unit D.4 - Radiation protection*, 2011, page 14.

<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/170.pdf>

vrai, et ce qui ne l'est pas, à un moment donné..., pour parfois changer d'attitude quelques années plus tard...) et de tensions financières « terribles » à la fois pour arriver à mener à bien ces études complexes et coûteuses, ainsi que pour préserver la liberté d'activité des Institutions de Recherche, il est bien difficile de se remettre en question sur le plan de l'adhésion « obligatoire » à des protocoles de recherche standardisés.

Or, face à des problématiques extrêmement complexes et multiparamétrales, la science a pourtant toujours accepté d'avancer par une « *accumulation* » successive d'observations « *sans nécessité de preuves* » ; le résultat viendra de cette même accumulation, dans un registre où les forces de « résistance », ou les dissimulations, ne pourront s'immiscer pour « empêcher » (ou interdire) l'avancée globale, pluridisciplinaire et collective, d'un travail de recherche plurifactoriel qui seul, à notre avis, pourra produire des éléments de réalité et de vérité incontestables, quant à la dangerosité génétique du fait nucléaire, et plus particulièrement, dans sa dimension transgénérationnelle.

Par contre, la nécessité de réaliser des examens génétiques « poussés », au-delà des tests génétiques standards, s'intéressant, entre autres marqueurs biologiques, aux mutations des minisatellites, reste toujours à ce jour une nécessité éthique et diagnostique, nécessité vis-à-vis de laquelle les autorités sanitaires et politiques de la République française restent toujours inactives et muettes, cachées derrière cette revendication permanente depuis un demi-siècle, contre toute évidence, celle d'avoir réalisé des « *essais nucléaires propres* », sans aucune conséquence sanitaire justifiant d'être à posteriori évaluée.

Les brefs échanges que nous avons pu avoir avec la nouvelle responsable de la DSCEN, dans les suites immédiates du décès de Bruno Barrillot, ont clairement montré que pour le Gouvernement Polynésien, il était « *urgent de ne rien faire* », et surtout pas, de favoriser ce type de recherche ; en tout cas, manifestement pas, avec une équipe de cliniciens non contrôlés par l'administration polynésienne du Gouvernement « *autonomiste* » ; et peut-être s'agit-il aussi, de se distancier d'une recherche qui avait « débutée » à l'époque du Gouvernement « *indépendantiste* » ?

Mais, l'absence de courage en politique va de pair avec la frilosité scientifique, et l'incapacité à affronter les difficultés et les remises en question, dans laquelle les dirigeants sont névrotiquement empêtrés.

Il semble bien, depuis un demi siècle, que politique et honnêteté intellectuelle ne fassent pas bon ménage dans le « camp autonomiste », c'est certainement la rançon à payer, à ne pas pouvoir se défaire de la tutelle de l'état colonial.

Une fois de plus, la démarche humaniste et scientifique a été politiquement « mise à pied », au service du « grand mensonge » sur la question du nucléaire, qui sévit en France, et dans ses « dépendances », dont, bien évidemment, son « terrain d'essais nucléaires » et il importe sans doute au plus au point de continuer d'en cacher les dimensions honteuses, scandaleuses, et criminelles, et toujours aussi pathogènes.

Quelle transparence vis à vis des activités du Service de Santé des Armées dans les atolls du sud des Tuamotu ? :

Dans un registre proche, nous sommes « étonnés » d'avoir constaté, lors de nos visites dans les atolls de Tureia, Pukarua et Reao, de la présence assez fréquente de médecins militaires qui, non seulement, ont mis en place des consultations pour les « vétérans du CEP », afin d'assurer le dépistage et le suivi sanitaire des pathologies possiblement radio-induites, mais qui assurent manifestement également les fonctions de suivi médical de l'ensemble de la population.

Ces consultations « avancées » du Centre Médical de Suivi ont démarré après la signature d'une Convention entre les services de l'Etat, et le Président polynésien Gaston Tong Sang, en 2011. Il importe de noter que cette Convention a été signée « à la va vite », juste avant le changement de majorité qui verra reconduire au pouvoir Oscar Temaru, le leader du Parti indépendantiste Tavini Huiraatira (UPLD)²²⁰, redevenu Président pour la cinquième fois, fin 2011 ; l'UPLD demandait, ainsi que les Associations de Vétérans (Moruroa e tatou) que ce CMS soit confié, non pas au Service de Santé de l'Armée, mais à une instance sanitaire civile, et « indépendante » du pouvoir colonial français.

Il est encore plus étonnant de constater que, sur les Carnets « médico-scolaires » des enfants que nous avons reçu en consultation dans les infirmeries de ces atolls, toutes les visites « médico-scolaires » ainsi que les visites médicales « courantes » aient été, depuis 2010, effectuées exclusivement par des médecins militaires (les signatures et les tampons « faisant foi »).

La Direction de la Santé, qui est chargée d'assurer le service public en matière sanitaire (soins et préventions) depuis « l'autonomie » en 1984, a effectivement de grande difficulté à assurer « *l'égalité d'accès aux soins* » dans tous les atolls des Tuamotu.

Outre les 3 « dispensaires » où résident habituellement un médecin (Rangiroa, Makemo et Hao), elle envoie régulièrement des « médecins itinérants » 1 à 2 fois par an, dans la plupart des atolls habités du Nord-ouest au Sud-est des Tuamotu, mais, pas dans ce secteur (où se trouvent les atolls situés dans un rayon de 400 km de distance par rapport à Moruroa et Fangataufa). Le reste du temps, ce sont les infirmiers résidents, ou les agents de santé (plus ou moins pilotés depuis Tahiti par téléphone), qui assurent les soins de santé primaires, et qui déclenchent, en cas d'urgence, ou pour des consultations de spécialité, les « évacuations sanitaires » (EVASAN) par avion.

Mais, sur ces trois atolls, depuis 6 ans, il n'y a plus que des médecins militaires... qui se substituent clairement à la déficience de présence des médecins de la Direction de la Santé.

Encore plus étonnant, nous avons pu constater, en 2016, que ces médecins militaires distribuent dans les infirmeries, des questionnaires « sanitaires », d'évaluation épidémiologiques (?) concernant aussi bien les adultes que les enfants.

La question subsidiaire qui se pose, concernant ce fonctionnement « occulte » du Service de Santé des Armées, concerne la légitimité et la « transparence », voire même l'éthique de ce mode de fonctionnement particulier, sur ce minuscule Territoire de la République, sans qu'aucune mission officielle ne soit confiée officiellement (e, dehors de l'activité de suivi des vétérans) à ce service de Santé militaire, par les autorités civiles polynésiennes, ou françaises.

²²⁰ Union pour la Démocratie.

Les autorités sanitaires polynésienne ne semble pas être au courant, ou se questionner de manière audible vis à vis de cette activité sanitaire dérogatoire au droits communs républicain.

Sont-elles en accord avec ces pratiques, ou « ferment elle les yeux » sur ce qui se passe dans « *cet ancien terrain d'expérimentation militaire* » ?

Il semble nécessaire que des rapports publics soient exigés des autorités militaires concernant cette activité épidémiologique, concernant une « clientèle captive » (même si nous avons pu constater, qu'en situation de pathologies identifiées, les enfants sont « evasnés » à Tahiti, au CHP, apparemment de façon assez rapide, pour des bilans et/ou des prises en charge pédiatriques au CHPF).

Il ne s'agit pas pour nous de mésestimer la qualité « technique » des soins prodigués à ces populations par le Service de Santé des Armées , mais de s'interroger sur la « discrétion », si ce n'est le « secret » qui entoure toujours les activités sanitaires de la « grande muette », sur son ancien terrain d'essais nucléaires atmosphériques, où les stigmates des pathologies radio-induites, comme nous avons pu le constater nous mêmes, sont particulièrement visibles, et de fait, « très nombreuses ».

Or, nous avons du mal à croire que le Service de Santé des Armées se contente, sur place, de faire de « l'humanitaire » !

Une mission d'enquête parlementaire nous paraît nécessaire et urgente, pour « déclassifier » les observations faites dans ces atolls par le Service de Santé des Armées, et préciser les raisons de leur présence dans ces atolls.

Tout ceci n'est sans doute que la continuation de ce que dénonçait Bruno Barrillot en février 2016, dans le n°4 des *Notes de l'Observatoire* :

« Verrouillage du Service de santé des armées

Nous ne disposons d'aucune information officielle sur les atteintes aux enfants dans les zones proches des sites d'essais sahariens de Reggane et d'In Eker. Et pourtant, c'étaient des médecins militaires français qui assuraient le service de santé de la région saharienne avant l'indépendance en 1962, service qui s'est poursuivi jusqu'au milieu des années 1970 avec des médecins coopérants français.

Nous ne pouvons nous appuyer que sur des témoignages de Touaregs, particulièrement ceux qui ont été recueillis en 1992 par Solange Fernex, ancienne députée européenne, qu'elle avait consignés dans une petite brochure.

Plusieurs de ces témoins de la région du Hoggar rapportent qu'ils n'ont pas pu avoir d'enfants et que leurs femmes faisaient des fausses couches à répétition.

D'autres témoins rapportent que des tribus entières ont disparu. « *Toutes ces familles sont mortes* » dans le village de Mertoutek situé à quelques kilomètres de In Eker où les Français ont effectué 13 essais souterrains dont 12 ont provoqué des fuites radioactives³.

La France, consciente des mises en garde des scientifiques, a néanmoins repris des essais aériens en Polynésie de 1966 à 1974, de même que la Chine jusqu'en 1980. Peut-on mesurer les conséquences des expériences nucléaires de la France sur les populations les plus concernées de la Polynésie française ? Il faut constater qu'il n'y a eu aucune volonté de prévention et de suivi de la part des autorités sanitaires françaises. Bien au contraire, depuis le début des essais nucléaires jusqu'au milieu des années 1980, la santé publique

en Polynésie était assurée par le Service de Santé des Armées qui a tout fait pour couvrir du secret militaire les données sanitaires de la population.

Dans les années 1970, Charles Tetaria, jeune médecin polynésien, était affecté au service des urgences de l'hôpital civil de Mamao à Tahiti :

« À l'époque, le directeur de l'hôpital civil de Mamao était un médecin militaire. Presque tous les chefs de service de l'hôpital étaient des militaires. Les quelques médecins polynésiens étaient de simples exécutants. Ce qui est sûr, par contre, c'est que toutes les Tuamotu étaient visitées uniquement par des médecins militaires. Ils prenaient en charge les malades civils des Tuamotu. Les malades civils des Tuamotu ne venaient pas chez nous. Soit ils étaient traités là-bas, soit l'armée les évacuait à l'hôpital militaire Jean-Prince. Nous avions des échos, des gens qui disaient qu'un tel est mort à cause de la bombe. Mais nous, les médecins, nous n'avions que ces échos, il était impossible de faire la preuve si vraiment c'était dû aux effets de la bombe. Nous n'avions pas accès à ces malades²²¹. »

Les médecins civils qui ont pris le relais des médecins militaires au début des années 1990 dressent un constat sévère : *« Les médecins militaires ont, pendant des années, tenu secrètes les informations relatives aux conséquences des essais nucléaires. L'armée disposait d'un hôpital militaire, l'hôpital Jean Prince, et ses médecins militaires occupaient les principaux postes à l'hôpital civil de Mamao, donc aucune information ne filtrait sur les maladies traitées en Polynésie française²²². »*

En 1993, écrivant au Président François Mitterrand, l'ancien député de la Polynésie, Francis Sanford, aborde lui aussi avec émotion cette absence de données médicales :

« Il est un point que je souhaite aborder aujourd'hui, et que, malgré le temps, je ressens encore comme un douloureux point d'interrogation. En 1978, je m'étais étonné officiellement que les statistiques médicales, par catégories d'affections, fussent subitement absentes des informations publiées jusqu'alors par le Journal officiel. Nulle réponse ne me fut jamais donnée. C'est pourquoi, au soir de ma vie, je m'adresse à vous, assuré que les temps soient peut-être moins contraignants. Rien ne me semble plus gênant que ce silence. J'avais un fils, emporté par la foudroyance d'une leucémie. Mais ce n'est pas mon propos. La rumeur persiste, et l'interrogation demeure. Mais je vous connais assez pour dire ma confiance qu'avant de quitter vos fonctions éminentes vous aurez à cœur de ne pas laisser planer le doute sur ce point précis²²³. »

Le vœu de Francis Sanford n'a pas été entendu. Les archives médicales de la Polynésie pour les vingt premières années des essais nucléaires sont encore inconnues et inaccessibles aux chercheurs qui auraient les moyens de réaliser des études comme cela s'est fait, par exemple aux îles Marshall. Il n'y a pas d'argument scientifique à opposer au fait que les radiations des expériences atomiques françaises n'auraient pas les mêmes effets sanitaires que les expériences américaines, britanniques, soviétiques ou chinoises. Ce n'est donc que par bribes et par des témoignages que nous entrevoyons la catastrophe humanitaire générée par les essais nucléaires en Polynésie. »

Dans une actualité beaucoup plus proche, il importe de constater que cette question d'une exposition des polynésiens, au mépris de toutes les règles de précaution, se poursuit activement : les militaires réinvestissent actuellement Moruroa, pour l'opération « Telsite 2 ».

²²¹ Interview de Charles Tetaria in Bruno Barrillot, Marie-Hélène Villierme, Arnaud Hudelot, *Témoins de la bombe*, Univers polynésiens, Papeete, 2013, pp. 49-51.

²²² *La Dépêche de Tahiti*, 22 novembre 2011, « Taux anormalement élevé de cas de leucémies en Polynésie française. »

²²³ Francis Sanford, *lettre à François Mitterrand*, non datée, www.moruroa.org.
Tinihau, fils de Francis Sanford, âgé de 14 ans est décédé suite à une leucémie le 20 septembre 1968.

L'Armée vient en effet de lancer une opération d'une centaine de millions d'euros de rénovation du système de surveillance géomécanique de l'île, et de « destruction » des anciens blockhaus et autres équipements immobiliers ayant « survécu » à la période des essais nucléaires lagunaires ou atmosphériques (composé de métaux et de béton qui sont donc devenu radioactifs). Il s'agit de remplacer des capteurs sous-marins installés en 1980, après qu'un tir eut entraîné la chute d'un pan de falaise corallienne.

Une base de vie est en train d'être construite sur l'atoll, qui accueillera jusqu'à 250 personnes. Une centaine de polynésiens ont été embauchés sur ce site, et ce sont les avions d'Air Tahiti, la compagnie de transport local inter-îles qui sont affrétés, et qui ainsi doivent se poser à, avec tous les risques de contamination que cela représente.

Pour Roland Oldham, le président de Moruroa e Tatou « *on va encore envoyer de jeunes polynésiens* » (en capacité de procréation) « *dans des endroits contaminés, alors qu'il faudrait des travailleurs spécialisés* », sans qu'aucune garantie ne leur soit apportée quant au risque de contamination radioactive, ni en matière de suivi de santé.

Selon l'Armée, qui s'appuie sur une expertise de l'AIEA (cette organisation internationale, qui « couvre » d'une désinformation massive toutes les questions liées au nucléaire, civil ou militaire, sur l'ensemble du globe, depuis un demi-siècle, jusqu'à la récente explosion nucléaire de Fukushima, et qui ne reconnaît toujours pas les pathologies radio-induites liées aux « faibles doses » de radioactivité), « *il n'est pas nécessaire de poursuivre des actions de surveillance radiologique sur des critères de radioprotection. Il n'y a donc pas nécessité d'un suivi radiologique individuel des travailleurs* ». ²²⁴

Si ce travail nous a apporté une certitude, c'est bien celle-ci, toujours la même : la France n'assume pas l'héritage toxique de ces expérimentations nucléaires, et elle utilise toujours son armée, pour continuer de cacher au reste de la population de la République, ce qu'il en est réellement de ces complexes questions sanitaires, qui impliquent également la question du nucléaire civil, en Métropole.

²²⁴ GUILLER A. : Essais nucléaires en Polynésie : la France méprise toujours les conséquences de l'héritage radioactif, *Bastamag*, 26 mars 2015.

<https://www.bastamag.net/Essais-nucleaires-en-Polynesie-la-France-meprise-les-consequences>

Conclusions :

Ce travail a tenté de mettre en évidence la réalité clinique du risque de maladies génétiques induites dans la descendance de personnes soumises à des radiations ionisantes (2^e génération), en ce qui concerne la situation de la Polynésie Française, au regard de l'activité du CEP entre 1966 et 1998, à l'instar des situations étrangères similaires, où ces réalités pathogènes sont actuellement démontrées, dans de nombreux endroits du monde, soumis à un moment de leur histoire, au « fait nucléaire » (explosion de bombes atomiques, et aujourd'hui, de munition à l'Uranium appauvri, essais nucléaires militaires américains, russes, anglais, français, indiens, pakistanais, coréens..., accidents nucléaires civils (explosions et fuites radioactives au niveau des réacteurs de centrales énergétiques), déchets radioactifs, déchets nucléaires militaires, réacteurs nucléaires de propulsion de navires ou de sous marins « abandonnés » ou en activité, dissémination de matériaux ou d'appareils radioactifs liés aux activités médicales de radiothérapie...).

Il semble clairement que, en France et en Polynésie française, plus qu'ailleurs, les autorités politiques et sanitaires étatiques, et locales, soient enclin à *nier, ou à minimiser systématiquement le risque nucléaire concernant la santé de leurs enfants, et des générations à venir.*

Cette attitude de la part du pouvoir politique est criminelle, et la collaboration des autorités sanitaires, d'où qu'elles soient, avec ces mensonges d'Etat, ne l'est pas moins.

Ce sont les principes d'Hippocrate, les Droits de l'Homme, et le Droit à la Santé de toutes les populations peuplant la République, qui sont ainsi bafoués.

La question d'un crime contre l'humanité est clairement posée, et de nombreux médecins devraient s'interroger sur leur part de responsabilité, consciente ou inconsciente, vis à vis de cette situation.

L'absence de réaction, de curiosité médicale, de dénonciation, de témoignage, et d'engagement scientifique et humanitaire dans ce domaine, est fortement problématique sur un plan éthique et déontologique, et ce, particulièrement en Polynésie française, là où la communauté médicale dans son ensemble, semble se satisfaire de laisser le Service de Santé des Armées, « faire le ménage »... par le vide ?

Bruno Barrillot écrivait en 2016²²⁵ :

« De nombreux documents attestent que les autorités militaires, scientifiques, médicales et politiques qui avaient la responsabilité du programme d'essais nucléaires français étaient parfaitement informés non seulement des risques

²²⁵ http://www.obsarm.org/IMG/pdf/notes_no_4-2016_ge_ne_ration_bombe.pdf

sanitaires pour les personnels civils et militaires des essais, pour les populations du Sahara et de la Polynésie, mais aussi des conséquences transgénérationnelles des irradiations et contaminations provoquées par les essais nucléaires. Les médecins militaires et le Service de Santé des Armées, qui ont été témoins pendant 30 ans des faits cités dans ce rapport ont failli à leur engagement du serment d'Hippocrate : « *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.* »

On peut considérer qu'ils sont les premiers responsables en ce sens qu'ils auraient dû alerter leurs autorités supérieures.

La communication hiérarchique des informations dans l'institution militaire a été manifestement défailante et fautive pour alerter les plus hautes autorités militaires et civiles et leur permettre de prendre les mesures indispensables de protection des personnels, des populations et de leurs descendants.

Mais du côté de ces hiérarchies, la « raison d'État » était invoquée pour refuser d'entendre ou de prendre connaissance de toute information qui entraverait le déroulement du programme d'essais nucléaires.

On apposait immédiatement le secret au moindre incident de tir, on estampillait du tampon « secret défense »²²⁶ tout rapport sur les retombées radioactives pourtant soigneusement mesurées.

Des services dits « scientifiques »²²⁷ dévoués à la défense des programmes nucléaires camouflaient sans vergogne les niveaux de contamination des produits alimentaires qu'il aurait fallu déclarer impropres à la consommation. Quand ils ne falsifiaient pas les mesures, ils concluaient que les résultats étaient conformes à la réglementation.

On niait les atteintes aux enfants malgré l'évidence, prétextant qu'il s'agissait de cas isolés. Les documents récemment déclassifiés en 2012 et 2013, qui comportent pourtant de nombreuses pages « blanches », attestent l'ampleur de cette entreprise de désinformation organisée depuis le début des essais. Les ministres de la défense de toute cette période des essais nucléaires portent l'entière responsabilité de ce dévoiement de la vérité.

Dans ces conditions, les plus hautes autorités durent recourir à des déclarations mensongères et à des dénégations qui ne font pas honneur à notre démocratie. La propagande éhontée sur les « essais propres » fut orchestrée par les présidents de la République jusqu'aux ministres de la défense et aux cadres militaires. Tous ces faits devraient suffire à incriminer tous ceux qui ont, de haut en bas de la hiérarchie, caché la vérité.

Déposée au Pôle santé du Tribunal de Grande Instance de Paris en 2003, la plainte contre X des associations de victimes de Polynésie et de France permettant d'incriminer les responsables des essais en est toujours à l'instruction en 2016. La plupart des « auteurs » des essais nucléaires récusent l'intention d'avoir fait le mal. Bien au contraire, ils affirment agir pour la sauvegarde de la paix et ils déclarent négligeables les conséquences humaines de leurs expériences. Ils n'en ressentent aucune culpabilité. Tout au plus lorsqu'un doute effleure leur conscience, se

²²⁶ Code de la défense, article R2311-6 : « Dans les conditions fixées par le Premier ministre, les informations et supports classifiés au niveau Secret-Défense ou Confidentiel- Défense, ainsi que les modalités d'organisation de leur protection, sont déterminés par chaque ministre pour les administrations et les organismes relevant de son département ministériel.»

²²⁷ Service mixte de contrôle biologique et Service mixte de sécurité radiologique.

réfugient-ils derrière le « secret militaire » pour tenter de cacher les interrogations de quelques-uns d'entre eux, contemporains des faits²²⁸.

Toutes les demandes de commissions d'enquête parlementaire sur les essais nucléaires ont été rejetées²²⁹.

Seul, un rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques²³⁰ a conclu à propos des conséquences des essais français qu'« on peut considérer que ces effets ont été limités, même si 40 ans plus tard, des hommes se plaignent d'hypothétiques effets sur leur santé ».

Les dirigeants politiques de la France portent, en définitive, la responsabilité globale de cette entreprise meurtrière en ce sens qu'ils ont, selon l'article 121-3 du Code pénal, « soit violé de façon manifestement délibérée une obligation particulière de prudence ou de sécurité prévue par la loi ou le règlement, soit commis une faute caractérisée et qui exposait autrui à un risque d'une particulière gravité qu'elles ne pouvaient ignorer. » Les présidents, ministres de la défense et « chefs » du suivi des essais nucléaires après l'arrêt définitif des essais nucléaires en 1996 portent, eux aussi, la responsabilité du « négationnisme » en couvrant ou affirmant le faux prétexte du « risque négligeable » des expériences atomiques françaises. »²³¹

Il y a donc urgence à ce qu'une « conscience médicale » se réveille, se mette en action pour explorer ce champ de la pathogénie génétique, et apporter des réponses thérapeutiques, psycho-éducatives, et institutionnelles spécialisées ; la question de la responsabilité des autorités sanitaires françaises et polynésiennes est clairement engagée dans ce domaine, face à leur « inertie » coupable ; il s'agit en urgence, comme cela est réclamé depuis des années par les Associations de Vétérans, les ONG, et les militants du parti Tavini Huiaatira :

- de mettre en place un « **Observatoire des pathologies radio-induites** », non seulement chez les vétérans du CEP, mais aussi dans l'ensemble de la population polynésienne (enfants et adultes) possiblement contaminée (essentiellement lors des essais atmosphériques 1966-1974)
- de réaliser des **études épidémiologiques** sérieuses et transparentes, qui s'appuient sur les recherches les plus récentes sur les effets des faibles doses²³²

²²⁸ BARRILLOT B. : Qualifier les atteintes aux droits des victimes des essais nucléaires, in « Quelle justice pour les victimes des essais nucléaires ? », *Observatoire des armements*, septembre 2007.

²²⁹ Notamment : Proposition de résolution tendant à créer une commission d'enquête parlementaire sur les conséquences des essais nucléaires français de Moruroa sur l'environnement, *Assemblée nationale 4 juin 1987* ; Proposition de résolution tendant à créer une commission d'enquête parlementaire sur les conséquences des essais nucléaires de Moruroa et leurs répercussions sur les êtres humains et l'écosystème de l'atoll, *Sénat 27 janvier 1994* ; Proposition de résolution tendant à créer une commission d'enquête sur les conséquences sanitaires et environnementales des essais nucléaires menés en Polynésie de 1966 à 1996, sur la santé des populations exposées et sur l'environnement, *Sénat, 9 mars 2006*.

²³⁰ Rapport sur les incidences environnementales et sanitaires des essais nucléaires effectués par la France entre 1960 et 1996 et éléments de comparaison avec les essais des autres puissances nucléaires, de M. Bataille, député et M. Revol, sénateur, OPECST, 5 février 2002, p. 215.

²³¹ http://www.obsarm.org/IMG/pdf/notes_no_4-2016_ge_ne_ration_bombe.pdf

²³² LE GUEN B., MASSE R. : Effets des faibles doses, *EMC – Toxicologie – Pathologie professionnelle*, 16-510-A-10.

de radioactivité (Projet DoReMi²³³), et les connaissances récentes concernant les biomarqueurs des radiations ionisantes²³⁴.

- de constituer, une « **Registre des malformations** » et un comptage des **accidents périnataux** (fausses couches, morts in utero, mort à la naissance, morts-subites dans les premiers mois...), registre dont l'importance s'est révélée cruciale après l'accident de Tchernobyl, en Biélorussie, et ailleurs en Europe²³⁵.

Et, que l'on ne s'y méprenne pas, la question est éminemment politique, et confronte la population de la République, à la toxicité de l'activisme nucléaire civil et militaire des gouvernements français successifs depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, d'une part, et à son fonctionnement « néo-colonial » indéniable, d'autre part, dans ses anciennes « colonies », et en particulier en Polynésie française.

²³³ DoReMi = Low Dose Research towards Multididciplinary Intégration.

« Back in 2009, the European High Level and Expert Group (HLEG) identified key policies and scientific questions to be addressed through a Strategic Research Agenda (SRA) for low dose radiation risks. Subsequently, institutions active in radiation protection research in Europe have founded the European Research Platform **MELODI**. Major outcome of MELODI is the development of a SRA in low dose risk research and the recommendation of short to medium term research priorities. »

« Epidemiology has an important role in radiation research, but only when the dose received by an individual can be calculated with confidence, as in medical exposure. There must also be research on animals, posing questions not so different from those asked by radiobiologists during the cold war. Modern scientists won't be able to do animal experiments on the scale of those carried out before 1989, which would not be considered ethically justifiable by current standards. But they don't need to. Already, some scientists have started to analyse the cold-war data and materials, and have found that many of them should be usable. »

<http://www.melodi-online.eu/DoReMi/home.html>

²³⁴ PERNOT E. et coll : Ionizing radiation biomarkers for potential use in epidemiological studies, *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 2012.

²³⁵ LAZJUK G.I. et al : Cluster of Down's syndrome cases registered in january of 1987 in Republik of Belarus as a possible consequence of Chernobyl accident, *International Journal of Rad Med, Kiev*, 2003, 6, 1-4, 55-69.

LAZJUK G.I. et al : The congenital anomalies registry in Belarus : a tool for assessing the public health of the Chernobyl accident, *Reproductive Toxicology*, 2003, 17, 659-666.

BIBLIOGRAPHIE :

1. AGHAJANYAN A., SUSKOV I.I. : Transgenerational genomic instability in children of irradiated parents as a result of the Chernobyl Nuclear accident, *Mutation Research*, 2009, 671, 52-57.
2. AGHAJANYAN A., SUSKOV I.I. : Genomic instability in children born after the Chernobyl nuclear accident (in vivo and in vitro studies), *Russian Journal of Genetics*, 2010, Vol 46, 6, 740-749.
3. AGHAJANYAN A. et al : Analysis of genomic instability in the offspring of fathers exposed to low doses of ionizing radiation, *Environmental Mol. Mutagen*, 2011.
4. ALMOND D. et al : Chernobyl's subclinical legacy : prenatal exposure to radioactive fallout and school outcome in Sweden, *Quart J Econ*, 2009, 124, 1729-1722.
5. AL ROWLAND R.E. et all. : Elevated chromosome translocation frequencies in New Zealand nuclear test veterans, *Institute of Bioscience, Palmerston North*, 2008.
6. AL ROWLAND R.E., PODD V., WAHAB M.A., NICKLESS E.M., PARMENTIER C., M'KACHER R. : New Zealand nuclear test veterans' study – a cytogenetic analysis, *Institute of Molecular BioSciences, Massey University, Palmerston North - UPRES EA 27-10, IGR, France*, 2007.
7. AMUNDSON S.A. et al : Functional genomics as a window on radiation stress signaling, *Oncogene*, 2003, 22, 5828-5833.
8. ARMANIOS M. et al : Haploin sufficiency of telomerase reverse transcriptase leads to anticipation in autosomal dominant dyskeratos congenita, *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102, 15960-64. (Pub Med 16247010).
9. ARMANIOS M. : Syndromes of Telomere Shortening, *Annu Rev Genomics Hum Genet*, 2009, 10, 45, in NIH Public Acces, 21 p.
10. AVERBECK D. : Effets non ciblés et retardés après exposition aux rayonnements ionisants, *Rencontres Nucléaire et Santé*, vendredi 30 janvier 2009.
11. AZZAM E.I., LITTLE J.B. et coll. : Direct evidence for the participation of gap-junction-mediated intercellular communication in the transmission of damage signals from alpha-particle irradiated to non-irradiated cell, *Proc. National Academy of Science (PNAS), U.S.A.*, 2001, 98, 473-478.
12. BANDAJEVSKY Y.I. : Pathology of incorporated radioactive emission, *Gomel State Medical Institute*, 1998.
13. BANDAJEVSKY Y.I. : Chronic CS-137incorporation in children's organs, *Swiss Med Weekly*, 2003, 133, 488-490.
14. BARBER R., PLUMB M.A., DUBROVA Y.E. et al : Elevated mutation rates in the germ line of first and second generation offspring in irradiated male mice, *PNAS Proc Natl Acad Sci*, 2002, 99, 6877-6882.
15. BARBER R.C. et al : Radiation induced transgenerational alterations in genome stability and DNA damage, *Oncogene*, 2006, 25, 7333-7342.
16. BARBER R.C., DUBROVA Y.E. : The offspring of irradiated parents, are they stable ?, *Mutation Research*, 2006, 598, 50-60.
17. BARD D., VERGER P., HUBERT P. : Chernobyl, 10 Years after : Health Consequences, *Epidemiologic Reviews*, 1997, 19, 2, 187-204.
18. BARRILLOT B. : Uranium appauvri. Un dossier explosif, éd. *Observatoire des Armements*, 2001, 125 p.
19. BARRILLOT B. : Quelle Justice pour les victimes des essais nucléaires ?, éd. *AVEN, Observatoire des Armements, Moruroa e Tatou*, 2001, 142 p.

20. BARRILLOT B. : Les irradiés de la République, Editions Complexe, 2003.
 21. BARRILLOT B. : Qualifier les atteintes aux droits des victimes des essais nucléaires, in « Quelle justice pour les victimes des essais nucléaires ? », *Observatoire des Armements*, septembre 2007.
 22. BARRILLOT B. : Victimes des essais nucléaires français, histoire d'un combat, éd. *Observatoire des Armements*, 2010, 200 p.
 23. BARRILLOT B. : Essais nucléaires français : l'héritage empoisonné, éd. *Observatoire des Armements*, 2012, 320 p.
 24. BARRILLOT B, VILLIERME M-H., HUDELLOT A. : Témoins de la bombe, Univers Polynésiens, Papeete, 2013.
 25. BARRILLOT B. : Essais nucléaires : les atteintes aux enfants, Les notes de l'Observatoire, *Revue de l'Observatoire des Armements*, 2016, 4, 1-13.
 26. BASKAR R. : Emerging role of radiation induced bystander effects : cell communications and carcinogenesis, *Genome Integrity*, 2010, 1, 13, 8 p.
 27. BAULCH J.E. et al : Genetic and epigenetic changes in chromosomally stable and unstable progeny of irradiated cells, *PLOS One*, 2014, 9, 9, 13p.
 28. BAVERSTOCK K. : Radiation-induced genomic instability, *Int Journal of Radiat Biol*, 1998, 6, 663-671.
 29. BAVERSTOCK K. : radiation-induced genomic instability : a paradigm-breaking phenomenon and its relevance to environmentally induced cancer, *Mutation Research*, 2000, 454, 89-109.
 30. BAVERSTOCK K., WILLIAMS D. : The Chernobyl accident 20 years on : an assessment of the health consequences and the international response, *Environmental Health Perspectives*, 2006, 114, 9, 1312-1317.
 31. BEHAR A. : La présomption d'origine, objet juridique ou prémonition scientifique ?, in BARRILLOT B. : Quelle Justice pour les victimes des essais nucléaires ?, éd. AVEN, *Observatoire des Armements, Moruroa e Tatou*, 2001, 57-72.
 32. BEHAR A. : La radiobiologie a changé de base : les effets à long terme des rayonnements revisités, *CR Acad Royale Med Belgique*, 2008, 163, 3/4, 133-143.
 33. BEHAR A. : Un nouveau paradigme : les maladies radio-induites « négligeables », *Médecine et Guerre Nucléaire*, 2015, 30, 4, 11-14.
 34. BELBEOCH B. : Tchernobyl, quelques faits dérangeants, www.dissident-media.org
 35. BERTELL R. : Chernobyl : An Unbelievable Failure to Help, *International Journal of Health Services*, 2008, 38, 3, 1-21.
 36. BLACKBURN E.H., GREIDER C.W., SZOSTAK J.W. : Telomeres and telomerases : the path from maize, Tetrahymena and yeast to human cancer and aging, *Nat Med*, 2006, 1133-1138. (PubMed 17024208).
 37. BOIS P.R. : Hypermutable minisatellites, a human affair, *Genomics*, 2003, 81, 4, 349-355.
 38. BOIS P.R., GRANT G.R., JEFFREYS A.J. : Minisatellites show rare and simple intra-allelic instability in the mouse germ line, *Genomics*, 2002, 80, 1, 2-4.
 39. BONISOLI-ALQUATI A., VORIS A., MOUSSEAU T.A., MOLLER A.P., SAINO N. ? WYATT M. : DNA damage in barn swallows from the Chernobyl region detected by the use of the Comet Assay, *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C-Toxicology and Pharmacology*, 2010, 151, 271-277.
- http://www.cricket.biol.sc.edu/chernobyl/Chernobyl_Research_Initiative/Chernobyl_abnormalities.html

40. BOREHAM D.R., DOLLING J.-A., SOMERS C., QUINN J., MITCHEL R.E. : The adaptative response and protection against heritable mutations and foetal malformation, *Dose-Response*, 2006, 4, (4), 317-326.
41. BOUCHARDY C., BENHAMOU S., de VATHAIRE F., SCHAFFAR R., RAPITI E. : Incidence rates of thyroid cancer and myeloid leukemia in French Polynesia (Geneva Cancer Registry, Institute for Social and Preventive Medicine), *International Journal of Cancer*, 2010, 7.
42. BOUFFLER S.D., BRIDGES B.A., COOPER D.N. et al : Assessing radiation-associated mutational risk to the germline : repetitive DNA sequences as mutational targets and biomarkers, *Radiation Research*, 2006, 165, 3, 249-268.
43. BRECKOW J. : Linear-no-threshold is a radiation-protection standard rather than a mechanistic effect model, *Radiation and Environmental Biophysics*, 2006, 44, 4, 257-260.
44. BRINDEL P., BOURGAIN C., de VATHAIRE F. et al : Family history of thyroid cancer and the risk of differentiated thyroid cancer in French Polynesia (Radiation Epidemiology Group U1018, INSERM, Villejuif), *Thyroid, Official Journal of the American Thyroid Association*, 2010, 4, 393-400.
45. BRINDEL P., DOYON F., RACHEDI F., de VATHAIRE F. et al : Menstrual and reproductive factors in the risk of differentiated thyroid cancer in native women in French Polynesia : a population-based case-control study, *American Journal of Epidemiology*, 2008, 167, 2, 219-229.
46. BRINDEL P., DOYON F., RACHEDI F., de VATHAIRE F. et al : Anthropometric factors in differentiated thyroid cancer in French Polynesia : a Case-Control Study, *Cancer Causes and Control*, 2008, 12.
47. BURTT J.J., THOMPSON P.A., LAFRENIE R.M. : Non-targeted effects and radiation-induced carcinogenesis: a review, *Journal of Radiological Protection, IOP Publishing*, 2016, 36, R23-R35.
48. BUSBY C., de MESSIERES M. : British Nuclear test Veteran's Association / Green Audit, Child Health Study 2007, Preliminary Analysis, Report 2007/5, <http://www.llrc.org/epidemiology/subtopic/testvetrept.pdf>
http://www.greenaudit.org/new_page_6.htm
49. BUSBY C. : Science on Trial: On the Biological Effects and Health Risks following exposure to aerosols produced by the use of Depleted Uranium weapons, *Invited presentation to the Royal Society, London July 19th 2000 and also given at the International Conference against Depleted Uranium, Manchester 4th November 2000*, Occasional paper 2000/11, Aberystwyth, Green Audit.
50. BUSBY C. : Health Risks following exposure to aerosols produced by the use of Depleted Uranium Weapons, *Presentation to Res Publica International Conference Prague 24th Nov 2001*. Occasional Paper 2001/12, Aberystwyth, Green Audit.
51. BUSBY C. : On Internal Irradiation and the Health Consequences of the Chernobyl Accident, *Presented at the Sixth Conference of the British and Irish Charity organisations on Mitigating the Consequences in Belarus of the Chernobyl Catastrophe, London April 6th 2001*, Occasional Paper 2001/5, Aberystwyth, Green Audit, April 2001.
52. BUSBY C. : Depleted Uranium in Kosovo – Green Audit, www.greenaudit.org, 2001.
53. BUSBY C. : Review of The Home Office Statement on the Health Consequences of Exposure to Depleted Uranium in Kosovo, *Report 2002/2*; April 2002, Aberystwyth, Green Audit.

54. BUSBY C.: Lymphoma Incidence in Italian Military Personnel Involved in Operations in Bosnia and Kosovo.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.531.4667&rep=rep1&type=pdf>
55. BUSBY C. : Depleted Science : Health Consequences and Mechanisms of Exposure to Fallout from Depleted Uranium Weapons, *Contribution to International DU Conference Hambourg October 16-19 2003, Occasional paper 2003/06*; July 2003, Aberystwyth, Green Audit.
56. BUSBY C. and YABLOKOV A.V. : Chernobyl: 20 Years On - Health Effects of the Chernobyl Accident, European Committee on Radiation Risk, Documents of the ECRR 2006, No1, <http://www.greenaudit.org/product/ecrr-chernobyl-20-years-on/>
57. BUSBY C., FUSIC A. : Ionizing radiation and children health : conclusions, *Acta Paediatrica*, 2006, 95-453, 81-86.
58. BUSBY C., LENGFELDER E., PFLUGBEIL S., SCHMITZ-FEUERHAKE I.: The evidence of radiation effects in embryos and fetuses exposed to Chernobyl fallout and the question of dose response, *Medicine, Conflict and Survival*, 2009, 25, 1, 20-40.
59. BUSBY C., HAMDAN M., ARIABI E. : Cancer, Infant mortality and birth sex-ratio in Fallujah, Iraq 2005-2009, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, , 2010, 7, 7, 2828-2837. (Pubmed PMC2922729).
60. BUSBY C.: First evidence of global contamination from alpha-emitting particulates from Fukushima. Elevated Uranium in air filters in Hawaii and Marianas islands, *European Committee on Radiation Risk*, 18th April 2011.
61. BUSBY C. : The health effects of exposures to radioactivity from the US Pacific Nuclear Tests in the Marshall Is. - Criticisms of the analysis of Simon et al 2010 : Radiation doses and cancer risks in the Marshall Islands associated with exposure to radioactive fallout from Bikini and Enewetak Nuclear Weapons Tests and supporting documentation, *Occasional Paper 2012/6, Aberystwyth UK: Green Audit*, May 2012.
62. BUSBY C. : Aspects of DNA Damage from Internal Radionuclides, *New Research Directions in DNA Repair*, 2013, Prof. Clark Chen(Ed.), ISBN: 978-953-51-1114-6, InTech, DOI: 10.5772/53942. Available from:
<http://www.intechopen.com/books/new-research-directions-in-dna-repair/aspects-of-dna-damage-from-internal-radionuclides>
63. BUSBY C., de MESSIERES M. : Miscarriages and congenital conditions in offspring of the British Nuclear Atmospheric test Program. *Epidemiology*, (Sunnyvale), 2014, 4, 4.
<http://dx.doi.org/10.4172/2161-1165.1000172>
64. CARDIS E. et coll : Cancer consequences of the Chernobyl accident : 20 years on, *Journal of Radiological Protection*, 2006, 26, 2.
65. CARDIS E. : Current status and epidemiological research needs for achieving a better understanding of the consequences of the Chernobyl accident, *Health Phys*, 2007, 93, 5, 542-546.
66. CARTER M., ROBOTHAM F., WISE K., WILLIAMS G., CROUCH P. : Australian participants in British nuclear tests in Australia, May 2006, *Department of Veterans' Affairs*, Canberra. Vol 1 : Dosimetry.
<http://dx.doi.org/10.4172/2161-1165.1000172>
67. CHEUNG A.L., DENG W. : Telomere dysfunction, genome instability and cancer, *Front Biosci.*, 2008, 1, 13, 2075-2090.
68. CIFUENTES-ROJAS C., SHIPPEN D.E. : Telomerase regulation, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2012, 730, 1-2, 20-27.

69. CLCSSENF (Comité de Liaison pour la Coordination du Suivi Sanitaire des Essais Nucléaires Français) : Rapport d'activité 2004, DSND/DGSNR, mars 2005.
70. COATES P. et al : Induced genomic instability : an epigenetic consequence of radiation exposure, *Mutation Research*, 2004, 568, 5-20.
71. COLOGNE J.B., PRESTON D.L. : Longevity of atomic-bomb survivors, *Lancet*, 2000, 356, 303-307.
72. CRIIRAD : Compte rendu de la mission préliminaire de contrôles radiologiques sur l'île de Mangareva et les atolls de Tureia et Hao (Polynésie française) – Etude réalisée par le Laboratoire de la CRIIRAD à la demande de la Commission d'Enquête sur les conséquences des essais nucléaires aériens, janvier 2016.
73. DANCAUSE K.N., YEVTUSHOK L., LAPCHENKO S. et al : Chronic radiation exposure in the Rivne-Polissia region of Ukraine : implication for birth defects, *American Journal Hum Biol*, 2010, 22, 5, 667-674.
74. DANIELSSON B. et M.-T. : Moruroa mon amour, Paris, Stock, 1974.
75. DENNISTON C. et al : Ionizing radiation and genetic risks, VIII. The concept of mutation component and its use in risk estimation for multifactorial diseases, *Mutation Research*, 1998, 405, 57-79.
76. DESBORDES J.P. : Atomic Park, Actes Sud, 2006.
77. DE TOLEDO, AZZAM E.I. et al : Adaptive response to low-dose/low-dose-rate gamma rays in normal human fibroblasts : the role of growth architecture and oxidative metabolism, *Radiat Res*, 2006, 166, 849-857.
78. DE VATHAIRE F., LE VU B. : Cancer mortality in French Polynesia between 1984 and 1992, *Br J Cancer*, 1996, 74 1680-1681.
79. DE VATHAIRE F. et al : Thyroid cancer in French Polynesia between 1985 and 1995 influence of atmospheric nuclear bomb tests performed at Mururoa and Fangataufa between 1966 and 1974, *Cancer Causes Control*, 2000, 11, 59-63.
80. DE VATHAIRE F. et al : Childhood malignancies in French Polynesia during the 1985-1995 period, *Trop Med Int Health*, 2004, 9, 1005-1011.
81. DE VATHAIRE F., DROZDOVITCH V., et al : Thyroid cancer following nuclear tests in French Polynesia, *British J Cancer*, 2010, 103, 1115-1121.
82. DROZDOVITCH V., De VATHAIRE F., et al : Reconstruction of individual radiation doses for a case-control study of thyroid cancer in French Polynesia, *Health Phys*, 2008, 94, 418-433.
83. DUBOIS Alain : Un biologiste contre le Nucléaire, Jean Rostand, ed. Berg International, 2012.
84. DUBROVA Y.E., NESTEROV V.N. et al : Human minisatellite mutation rate after the Chernobyl accident, *Nature*, 1996, 380, 683-686.
85. DUBROVA Y.E. : Further evidence for the elevated human minisatellite mutation rate in Belarus, eight years after the Chernobyl accident, *Mutation Research*, 1997, 381, 267-278.
86. DUBROVA Y.E. et al : Radiation-induced germline instability at minisatellites loci, *Int J Radiat Biol*, 1998, 74, 689-696.
87. DUBROVA Y.E. et al : Elevated minisatellite mutation rate in post-Chernobyl families from Ukraine, *American Journal of Human Genetic*, 2002, 71, 801-809.
88. DUBROVA Y.E., BERSIMBAEV R.I. et al : Nuclear weapons tests and human germline mutation rate, *Science*, 2002, 295, 1037.
89. DUBROVA Y.E. : Radiation-induced transgenerational instability, *Oncogene*, 2003, 22, 7087-93.

90. DUBROVA Y.E.: Long-term genetic effects of radiation exposure, *Mutation Research*, 2003, 544, (2-3), 433-439.
91. DUBROVA Y.E. et al : Minisatellite germline mutation rate in the Techa River population, *Mutation Research*, 2006, 602, 74-82.
92. DUBROVA Y.E. : Genomic Instability in the Offspring of Irradiated Parents. Facts and Interpretations, *Russian Journal of Genetics*, 2006, 42, 10, 1116-1126.
93. DUBROVA Y.E. : Résumé des études précédentes et actuelles sur les effets génétiques des rayonnements ionisants, in *Actes du Forum Scientifique et Citoyen sur les Effets Génétiques des Rayonnements Ionisants, Collectif Independent WHO – Santé et Nucléaire, Genève, 29 novembre 2014.*
http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_novembre2014_French_01.pdf
94. DUTRILLAUX B. : Les effets de l'irradiation sur les fonction de reproduction ; Radionucléides et gonades : l'exemple du plutonium, *Clefs CEA*, Eté 2003, 48, 56-61.
95. DUVAL A., HAMELIN R. : Réparation des erreurs de réplication, microsatellites et cancer, *Médecine Sciences*, 2003, 19, 1, 55-62.
96. ELLEGREN et al: Fitness Loss and germeline mutations in barn swallows breeding in Chernobyl, *Nature*, 1997, 389, 9, 583-584.
97. EMERIT I. et al: Clastogenic factors in the plasma of children exposed at Chernobyl, *Mutation Research*, 1997, 373, 1, 47-54.
98. EMERIT I.: Detection of clastogenic factors in oxidative stress-associations diseases. Use fullness of this assay for evaluation of anti-oxidants, *CEJOEM*, 1998, 4, 3-10.
99. EUROPEAN COMMISSION - RADIATION PROTECTION NO 170 : Recent scientific findings and publications on the health effects of Chernobyl, *Summary Report, Directorat-General for Energy, Directorate D –Nuclear Energy Unit D.4 – Radiation protection*, 2011.
<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/170.pdf>
100. FIELD R.W.: Three Mile Island epidemiologic radiation dose assessment revisited : 25 years after the accident, *Radiation Protection Dosimetry*, 2005, 113, 2, 214-217.
101. FLURY-HERARD Anne : Tchernobyl : 25 ans après, quels impacts sanitaires ?, *Prosinfo, Lettre d'Information de l'Unité Prositon, CEA, DSV, n°8, juin 2011.*
102. FUCIC A. et al: Genomic damage in children accidently exposed to ionizing radiation : a review of the literature, *Mutation Research*, 2008, 658, 111-123.
103. FURITSU K., RYO H., YELISEEVA K. et al : Microsatellite mutations show no increases in the children of the Chernobyl liquidators, *Mutation Research*, 2005, 581, 69-82.
104. FURITSU K. : Nuclear Free Future, 2012.
105. FURITSU K. : Chernobyl Congress, 2013.
106. FURITSU K. : Témoignage « L'expérience japonaise d'Hiroshima et de Nagasaki » in: *Tribunal permanent des peuples, Commission Internationale de Tchernobyl, Conséquences sur l'environnement, la santé et les droits de la personne, Ecodif, 107 av. Parmentier 75011 Paris* (publié en anglais, français, russe, ukrainien et allemand), Vienne, p.158-161 ,12-15 avril 1996.
107. GARCIA O. et al : DNA damage evaluated by the comet assay in lymphocytes of children with ¹³⁷Cs internal contamination caused by the Chernobyl accident, *Mutation Research*, 2005, 565, 191-197.
108. GARDNER M.J. et al : Follow up of children born to mothers resident in Seascale West Cumbria (birth cohort), *BMJ*, 1987, 295, 822-827.

109. GARDNER M.J. et al : Results of a case-control study of leukemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear processing plant in West Cumbria, *BMJ*, 1990, 300, 423-429.
110. GARDNER M.J. et al : Father's occupational exposure to radiation and the raised level of childhood leukemia near the Sellafield nuclear plant, *Environ Health Perspect*, 1991, 94, 5-7.
111. GOLDBERG Z. : Clinical implications of radiation-induced genomic instability, *Oncogene*, 2003, 22, 7011-7017.
112. GOLDSMITH J.R. et al : Evaluation of the radiation exposures of Chernobyl "liquidators" : exploratory studies of a sample of immigrants to Israel, *Int J Occup Environ Health*, 1997, 3, 1, 51-59.
113. GOLDSTEIN D.M., STAWKOVSKI M.E. : James V. Neel and Yuri E. Dubrova : Cold War Debates and the Genetic Effects of Low-Dose Radiation, *Journal of History of Biology*, 2015, 48, 1, 67-98.
114. GONCHAROVA R.I. : L'instabilité génétique après Tchernobyl. Pronostic pour les générations futures, *Colloque « Health of Liquidators, 20 Years after the Chernobyl Explosion », PSR/IPPNW Suisse, Bern, 12/11/2005, Abstracts.*
115. GONCHAROVA R.I. : Genetic processes in chronically irradiated populations of small mammals, *Environmental Management and Health*, 2000, 5, 443-446.
116. GONCHAROVA R.I., SLOUVKINE A.M. : Study on mutations and modification variability in young fish of *Cyprinus carpio* from region contaminated by the Chernobyl radioactive fallout, in *Russian-Norwegian Satellite Symposium on Nuclear Accidents, Radioecology and health*, 27-28 october 1994.
117. GRANT E.J., FURUKAWA K., SAKATA R., et coll : Risk of death among children of atomic bomb survivors after 62 years of follow-up : a cohort study, *Lancet Oncol*, 2015, 16, 1316-23.
118. GREIDER C.W. : Telomeres and senescence : the history, the experiment, the future, *Current Biology*, 1998, 8, 178-181. (PubMed 9501064).
119. GREIDER C.W., BLACKBURN E.H. : Tracking telomerase, *Cell*, 2004, 116, 83-86. (PubMed 15055591).
120. GUILLER A. : Essais nucléaires en Polynésie : la France méprise toujours les conséquences de l'héritage radioactif, *Bastamag*, 26 mars 2015.
<https://www.bastamag.net/Essais-nucleaires-en-Polynesie-la-France-meprise-les-consequences>
121. GUN R., PARSONS J., RYAN P., CROUCH P., HILLER J. : Australian participants in British nuclear tests in Australia, May 2006, *Department of Veterans 'Affairs*, Canberra. Vol 2 : Mortality and cancer incidence.
122. HATCH M.C. et al. : Cancer near the Three Mile Island Nuclear Plant : Radiation Emissions, *American Journal of Epidemiology*, 1990, 132, (3), 397-412.
123. HATCH M.C. et al. : Cancer rates after the Three Mile Island nuclear accident and proximity of residence to the plant, *American Journal of Public Health*, 1991, 81, 6, 719-724.
124. HEIERVANG K. et al : Effects of low dose ionizing radiation exposure in utero on cognitive function in adolescence, *Scandinavian Journal of Psychology*, 2010, 51, 210-215.
125. HOFFMANN W., SCHMITZ-FEUERHAKEN I. : How radiation specific is the discentric assay ?, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 1999, 2, 113-133.

126. HUANG L., SNYDER A.R., MORGAN W.F. : Radiation-induced genomic instability and its implications for radiation carcinogenesis, *Oncogene*, 2003, 22, 37, 5848-5854.
127. IPPNW : Health of Liquidators (Clean-Up Workers), 20 Years after the Chernobyl Explosion, *PSR/IPPNW Suisse, 2005, November 12, Bern, Switzerland*.
128. JEFFREYS A.J. et al : Hypervariable « minisatellite » regions in human DNA, *Nature*, 1985, 314, 67-73.
129. JEFFREYS A.J. et al : Spontaneous mutation rates to new allele at tandem-repetitive hypervariable loci in human DNA, *Nature*, 1988, 332, 278-291.
130. JEFFREYS A.J. et al : Spontaneous and induced minisatellite instability, *Electrophoresis*, 1997, 18, 1501-1511.
131. JEFFREYS A.J. : Spontaneous and induced minisatellite instability in the human genome, *Clinical Science*, 1997, 93, 383-390.
132. JEFFREYS A.J., NEUMANN R. : Somatic mutation processes at a human minisatellite, *Human Molecular Genetic*, 1997, 6, 129-136.
133. JEFFREYS A., DUBROVA Y. : Monitoring spontaneous and induced human mutation by RAPD-PCR : a response to Weinberg et al 2001, *Proc Royal Society Bulletin*, 2001, 268, 2493-2494.
134. JORDAN B. : Effets pathogènes des radiations : les leçons d'Hiroshima, *Science ... et pseudo-sciences*, avril 2016, 316, 7 P.
135. KADHIM M.A. et al : Transmission of chromosomal aberrations and genomic instability after plutonium alpha particle irradiation, *Nature*, 1992, 355, 738-740.
136. KADHIM M.A. et al : Radiation-induced genomic instability : delayed cytogenetic aberrations and apoptosis in primary human bone marrow cells, *Int Journal Radiat Biol*, 1995, 67, 287-293.
137. KADHIM M.A. et al : Long-term genomic instability in human lymphocytes induced by single-particle irradiation, *Radiation Research*, 2001, 155, 122-126.
138. KENNEDY A.R., LITTLE J.B. : Evidence that a second event in X ray induced oncogenic transformation in vitro, *Radiation Res*, 99, 287-293.
139. KIEVI LEURAUD, RICHARDSON D.S., CARDIS E. et al. : Ionizing radiation and risk of death from leukemia and lymphoma in radiation monitored workers (INWORKS), *The Lancet*, july 2015, 276-281.
140. KIURU A., AUVINEN A., LUOKKAMI M. et al : Hereditary minisatellite mutations among the offspring of Estonian Chernobyl cleanup workers, *Radiation Research*, 2003, 159: 651-655.
141. KO M., LAO Y., KAPADIA R., ELMORE E., REDPATH J.L. : Neoplastic transformation in vitro by low doses of ionizing radiation : Role of adaptive response and bystander effects, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2006, 597, 1-2, 11-17.
142. KODAIRA M. et al : Lack of effects of atomic bomb radiation on genetic instability of tandem-repetitive elements in human germ cells, *American Journal of Human Genetic*, 1995, 57, 1275-1283.
143. KODAMA K. et al : Long term health consequences of atomic bomb radiation RERF, Life Span Study, *Int Congress Ser*, 2007, 1299, 73-80.
144. KOROGODINA V.L., FLORKO B.V., OSIPOVA L.P. : Instability Process Across Generations. Consequences of Nuclear Test Fallout for Inhabitants, *Radiation-induced Processes of Adaptation*, 2013, 107-139.
145. KOROGODINA V.L., FLORKO B.V., OSIPOVA L.P. : Adaptation and Radiation-Induced Chromosomal Instability Studied by Statistical Modeling, *The Open Evolution Journal*, 2010, 4, 1-11.

146. KOTURBASH I. et al.: Epigenetic dysregulation underlies radiation induced transgénérationnal genome instability in vivo, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006, 1, 66, 327, 330.
147. KOVALCHUK A. et coll. : Liver irradiation causes distal bystander effects in the rat brain and affects animal behavior, *Oncotarget*, 2016, 7, 4, 4385-4398.
148. KOVALCHUK A. et coll. : High and low dose radiation effects on mammary adenocarcinoma cells – an epigenetic connection, *Oncoscience*, 2016, 3, (3-4), 88-97.
149. KOVALCHUK A. et coll. : profound and Sexually Dimorphic Effects of Clinically-Relevant Low Dose Scatter Irradiation on the Brain and Behavior, *Front Behav Neuroscience*, 2016, 10, 84.
150. KOZLOVA I., KOROLEV V., NYAGU A. et al : Indicators of radiation effects on the neuro-physic development of children (according to the results of the pilot project “Brain damage in utero” in Belarus, Ukraine and Russia, in Health Consequences of the Chernobyl accident. Results of the IPHECA pilot projects and related national programmes, Scientific report, WHO Genève, 1996, 116-8, 391-4.
151. LAVIN M.F. : ATM and the Mre11 complex combine to recognize and signal DNA double-strand, *Oncogene*, 2007, 26, 7749-7758
152. LEE J.H, PAUL T.T. : Activation and regulation of ATM kinase activity in response to double-strand breaks, *Oncogene*, 2007, 26, 7741-7748
153. LAZJUK G.I., KIRILLOVA I.A., DUBROVA I.E., NOVIKOVA: Incidence of developmental defects in human embryos in the territory of Belarus after the accident of Chernobyl nuclear power station, *Genetika*, 1994, 30, 9, 1268-1273.
154. LAZJUK G.I. et al. : Changements dans l'incidence des anomalies héréditaires en république de Belarus après l'accident de Tchernobyl, *Radiation Protection Dosimetry*, 1995, 1/2, 71-74.
155. LAZJUK G.I., NIKOLAEV, D.L., NOVIKOVA, I.V. : Changes in registered Congenital Anomalies in the Republic of Belarus after the Chernobyl Accident, *Radiation Injury and the Chernobyl Catastrophe, STEM CELLS*, 1997, 15, (2), 255-260.
156. LAZJUK G.I., SATOW Y., NIKOLAEV D.L., NOVIKOVA I.V. : Genetic Consequences of the Chernobyl Accident for Belarus Republic, *Gijutsu-to-Ningen*, 1998, 283, 26-32.
157. LAZJUK G.I. et al : Cluster of Down's syndrome cases registered in january of 1987 in Republic of Belarus as a possible consequence of Chernobyl accident, *International Journal of Rad Med, Kiev*, 2003, 6, 1-4, 55-69.
158. LAZJUK G.I. et al : The congenital anomalies registry in Belarus : a tool for assessing the public health of the Chernobyl accident, *Reproductive Toxicology*, 2003, 17, 659-666.
159. LE GUEN B., MASSE R. : Effets des faibles doses, *EMC – Toxicologie – Pathologie professionnelle*, 16-510-A-10.
160. LIN Y., DION V., WILSON J.H. : Transcription and Triplet Repeat Instability, *Genetic Instabilities and Neurological Diseases, chapter 44*, 2006, p.691.
161. LITTLE J.B.: The Chernobyl accident, congenital anomalies and other reproductive outcomes, *Paediatric Perinat Epidemiology*, 1993, 7, 121-151.
162. LITTLE J.B., PAQUETTE B. et al : In vivo enhancement of genomic instability in minisatellite sequence of mouse C3H 10T1/2 cells transformed in vitro by X-Rays, *Cancer Research*, 1994, 54, 3173-3178.
163. LITTLE J.B. et al : Radiation-induced genomic instability : delayed mutagenic and cytogenetic effects of X-Ray and alpha particles, *Radiation Research*, 1997, 148, 299-307.
164. LITTLE J.B. : Radiation carcinogenesis, *Carcinogenesis*, 2000, 21, 397-404.

165. LITTLE J.B.: Radiation-induced genetic instability and bystander effects; implications for radiation protection, *Radioprotection*, 2002, 37, 3, 261-282.
166. LITTLE J.B. : Genomic instability and bystander effects : a historical perspective, *Oncogene*, 2003, 22, 6978-6987.
167. LITTLE M.P., PRISE K., FOLKARD M., BELYAKOV O. : Mathematical modeling of the radiation-induced bystander effect and transmissible genomic instability applied to cancer, STUK-A234.
168. LITTLE M.P. : Risks associated with ionizing radiation, *British Medical Bulletin*, 2003, 68, 259-75.
169. LITTLE M.P. : Cancer and non-cancer effects in Japanese atomic bomb survivors, *Journal of Radiological Protection*, 2009, 29 (2A), 43-59.
170. LIVSHITS L, MALYARCHUK S, KRAVCHENKO S et al : Children of Chernobyl cleanup workers do not show elevated rates of mutations in minisatellite alleles, *Radiation Research*, 2001, 155: 74-80.
171. LOMAIEVA M.G. et al : Increased genomic instability in somatic cells of progeny of female mice exposed to acute X-Radiation in the preconceptional period, *Russian Journal of Genetics*, 2011, 47, 10, 1221-1226.
172. LORIMORE S.A. et al : Radiation-induced genomic instability and bystander effects : inter-related non-targeted effects on exposure to ionizing radiation, *Oncogene*, 2003, 22, 7058-7079.
173. MANGANO J. : Three Mile Island : Health study meltdown, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 2004, 60 (5), 31-35.
174. MATSUMOTO H. Et al : Vanguard of paradigm shift in radiation biology : radiation-induced adaptive and by-stander response, *J Radiat Res*, 2007, 48, 97-106.
175. MAVRAGANI I.V., NIKITAKI Z., GEORGAKILAS A.G. et coll : Complex DNA Damage : a Route to Radiation-Induced Genomic Instability and Carcinogenesis, *Cancers*, 2017, 9, 91, 21 pp.
176. MAZELLIER P. : Tahiti. De l'atome à l'autonomie, Hibiscus Editions, 1979.
177. MELNOV S.B. et al : Genetic instability in peripheral blood lymphocytes of Chernobyl clean-up workers, *Cell Mol Biol*, 2002, .
178. MENAGER M.-T., GARNIER-LAPLACE J., GOYFFON M. : Toxicologie nucléaire environnementale et humaine, éd. Lavoisier / Editions Médicales Internationales, 748 p.
179. MOLLER A.P., KARADA T.A., MOUSSEAU T. : Antioxidants in eggs of great tit, *Parus major*, of Chernobyl and hatching success, *Journal of Comparative Physiology*, 2008, B178, 735-743.
180. MOLLER A.P., MOUSSEAU T.A. : Reduced abundance of insects and spiders linked to radiation at Chernobyl 20 years after the accident, *Biol Lett of Royal Society*, 2009, 5, (3), 356-359
181. MOLLER A.P., MOUSSEAU T.A. : Species richness and abundance of forest birds in relation to radiation at Chernobyl, *Journal of Ornithology*, 2009, 130, 239-246.
182. MOLLER A.P., MOUSSEAU T.A. : Determinant interspecific variation in population declines of birds after exposure to radiation at Chernobyl, *Journal of Applied Ecology*, 2007, 44, 909-919.
183. MOLLER A.P., MOUSSEAU T.A., et al : Condition, reproduction and survival of barn swallows from Chernobyl, *Journal of Animal Ecology*, 2005, 74, 1102-1111.
184. MOLLER A.P., MOUSSEAU T.A., et al : Impaired swimming behavior and morphology of sperm from barn-swallows, *Hirundo rustica*, in Chernobyl, *Medicine Research*, 2008, 650, 210-216.

185. MOLLER A.P., MOUSSEAU T.A. : Biological Consequences of Chernobyl : 20 years on, 2008, *Ref Trends in Ecology and Evolution*.
186. MOLLER A.P., MOUSSEAU T.A. : Reduced abundance of raptors in radioactively contaminated areas near Chernobyl, *Journal of Ornithology*, 2009, 150, 245-249.
187. MOLLER A.P., MOUSSEAU T.A. : Efficiency of bio-indicators for low level radiation under field condition, 2011, *Ecological indications*, 11, 424-430.
188. MOTHERSILL C., SEYMOUR C. : Radiation-induced bystander effects, carcinogenesis and models, *Oncogene*, 2003, 22, 7028-7033.
189. MOUSSEAU T.A. :
http://www.cricket.biol.sc.edu/chernobyl/Chernobyl_Research_Initiative/Chernobyl_abnormalities.html
190. MORGAN W.F., MARDER B.A. et al : Delayed chromosomal instability induced by DNA damage, *Molecular Cell Biol*, 1993, 13, 6667-6677.
191. MORGAN W.F., et al : Review : genomic instability induced by ionizing radiation, *Radiation Research*, 1996, 146, 247-258.
192. MORGAN W.F., et al : Non-targeted and delayed effects of exposure to ionizing radiation: II. Radiation-induced genomic instability and bystander effects in vivo, clastogenic factors and transgenerational effects, *Radiation Research*, 2003, 159, 567-580 et 581-596.
193. MORGAN W.F., BAIR W.J. : Issues in Low Dose radiation Biology : The Controversy Continues. A Perspective, *Radiation Research*, 2013, 179, 501-510.
194. MOTHERSILL C., SEYMOUR C. : Radiation-induced by-stander effects : past history and future directions, *Radiation Research*, 2001, 155, 759-767.
195. MOTHERSILL C., SEYMOUR C. : Radiation-induced by-stander effects, carcinogenesis and models, *Oncogene*, 2003, 22, 7028-7033.
196. MOTHERSILL C., SEYMOUR C., MOSSE I.B: A challenge for the future, eds Springer, Dordrecht, 2007.
197. MUGHAL S.K., MYAZIN A.E., ZHAVORONKOV L.P., RUBANOVICH A.V., DUBROVA Y. : The Dose and Dose-Rate Effects of Paternal Irradiation on Transgenerational Instability in Mice: A Radiotherapy Connection, *PLoS ONE*, 2012, 7(7).
198. MURMANE J.P. : Telomere dysfunction and chromosome instability, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2012, 730, 1-2, 28-36.
199. NAKAMURA N., SUYAMA A., NODA A., KODAMA Y. : Radiation Effects on Human Heredity, *Annual Review of Genetics*, 2013, 47, 33-50.
200. NCRP SC 1-24 : Health Effects of Low Doses of Radiation : Perspectives on Integrating Radiation Biology and Epidemiology, *National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, Maryland*, 27 October 2015.
201. NEEL J. : A study of major congenital defects in japanese infants, *American Journal of Human Genetic*, 1958, 10, 398-445.
202. NEEL J.V., SCHULL W.J., AWA A.A. et al : The children of parents exposed to atomic bombs : estimates of the genetic doubling dose of radiations for humans, *American Journal of Human Genetic*, 1990, 46, 1053-1041.
203. NEEL J.V., SCHULL W.J. : The children of atomic bomb survivors – a genetic study, *Washington DC, National Academy Press*, 1991, 511 p.
204. NENOT J.C., SUGIER A. : Synthèse par l'IRSN des rapports de l'UNSCEAR (2003-2007), *IRSN Doc référence*, septembre 2006.
205. NEWMAN A. : In Baby Teeth, a Test of Fallout ; A Long-shot Search for Nuclear Peril in Molars and Cuspids, *The New York Times*, 11 novembre 2003.

206. NIWA O., KOMINAMI R. : Untargeted mutation of the maternally derived mouse hypervariable minisatellite allele in F₁ mice born to irradiated spermatozoa, *Proc Natl Acad Sci USA*, 2001, 98, 4, 1705-1710.
207. NIWA O. : Induced genomic instability in irradiated germ cells and in the offspring ; reconciling discrepancies among the human and animal studies, *Oncogene*, 2003, 22, 7078-7086.
208. NOMURA T. : Parental exposure to X-rays and chemicals induced heritable tumors and anomalies in mice, *Nature*, 1982, 296, 575-577.
209. NOMURA T. : Transgenerational carcinogenesis: induction and transmission of genetic alterations and mechanisms of carcinogenesis, *Mutation Research*, 2003, 544, 425-432.
210. NOMURA T., NAKAJIMA H., RYO H., LI L.Y., FUKUDOME Y., ADACHI S., GOTOH H., TANAKA H. : Transgenerational transmission of radiation- and chemically induced tumors and congenital anomalies in mice: studies of their possible relationship to induced chromosomal and molecular changes, *Cytogenet Genome Res*, 2004, 104, 252-260.
211. OBE B.B., OBE D.G., LITTLE M.P., BOUFFLER S.D. : Evidence for Transgenerational Effects Following Exposure to Ionizing Radiation, *Health Protection Agency, Oxfordshire*, June 2013.
212. OLOVNIKOV A.M. : Telomeres, telomerase, and aging : origin of the theory, *Exp Gerontol*, 1996, 31, 443-448. (PubMed 9415101).
213. OMS : Health Effects of the Chernobyl accident and special health care programs, 2006.
214. OPECS (*Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifique et Technologique*) : Rapport sur les incidences environnementales et sanitaires des essais nucléaires effectués par la France entre 1960 et 1996, et éléments de comparaison avec les essais des autres puissances nucléaires (rapporteurs: M. BATAILLE, député et M. REVOL, sénateur), 2002.
215. OZASA K., SHIMIZU Y., SUYAMA A., KASAGI F., KODAMA K. : Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003 : an overview of cancer and noncancer diseases, *Radiation Research*, 2012, 177, 229-43.
216. PALM W., de LANGE T. : How shelterin protects mammalian telomeres, *Annu Rev Genet*, 2008, 42, 301-304.
217. PERNOT E. et coll : Ionizing radiation biomarkers for potential use in épidémiological studies, *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 2012.
218. REGNAULT J.-M. : La bombe française dans le pacifique : l'implantation, 1957 - 1964, Tahiti, Scoop Editions, 1993.
219. RAMEL L. : Mini and microsatellites, *Environmental Health Perspectives*, 1997, 105, 4, 781-789.
220. RELIENE R., SCHIESTL R.H. : Mouse model for induced genetic instability at endogenous loci, *Oncogene*, 2003, 22, 7000-7010.
221. REES G.S. et coll : A pilot study examining germline minisatellite mutations in the offspring of Danish childhood and adolescent cancer survivors treated with radiotherapy, *International Journal of Radiation Biology*, 2006, 82, 3,
222. RIO B., HEUBERGER L., SOUBIRAN G., ZITTOUN R., MARIE J.P. : Incidence rates of leukemia in French Polynesia, *International Journal of Cancer*, 2011, 10.
223. ROFF S.R. : Mortality and morbidity of members of the British Nuclear Veterans Association and the New Zealand Nuclear Tests Veterans Association and their families, *Med Confl Surviv*, 1999, 15 suppl I:i-ix, I-51.

224. ROFF R.S. : Mortalité et morbidité parmi les enfants et petits-enfants des membres de l'association des vétérans des essais nucléaires britanniques, *Damoclès Hors-Série*, n°1/2000.
225. ROFF R.S. : Establishing the possible radiogenicity of morbidity and mortality from the participation in UK nuclear weapons development, *Med Confl Surviv*, 2000, 20, 218-241.
226. ROTHKAMM K. LOBRICH M. : Evidence for a lack of DNA double-strand repair in human cells exposed to very low X-ray doses, *Proc Natl Acad Sci*, 2003, 100, 5057-5062.
227. RUGO R.E. et al. : Des méthyltransférases sont les médiateurs cellulaires de la mémoire d'une atteinte génotoxique, *Oncogene*, 2010, 8
228. RYABOKOV N.I., GONCHAROVA R.I. : Transgenerational accumulation of radiation damage in small mammals chronically exposed to Chernobyl fallout, *Radiation and Environmental Biophysic*, 2006, 45, 3, 167-177.
229. RYABOKOV N.I., SMOLICH I.I., KUDRYAKOV V.P., GONCHAROVA R.I. : Long-term development of the radionuclide exposure of murine population in Belarus after the Chernobyl accident, *Radiation Environ Biophys*, 2005, 44, 169-181.
230. SAINTIGNY Y. et al : Mise en évidence d'une instabilité génétique induite par l'incorporation d'un précurseur de l'ADN marqué au Tritium, LRTS - U967 - CEA/INSERM Universités Paris VII et XI.
231. SAINTIGNY Y. et al : Homologous recombination is involved in the repair response of mammalian cells to low doses of tritium contamination, *Radiation Research*, 2008, 170, 2, 172-183.
232. SALAM T., DEVI S.P., LYNGDO, R.H.D. : Molecular criteria for mutagenesis by DNA methylation: Some computational elucidations, *Mutat Res Fund Mol Mech Mutagen*, 2018, 807, 10-20.
233. SATOH C., KODAIRA M., NEEL J.V. et al : Genetic analysis of children of atomic bomb survivors, *Environmental Health Perspectives*, 1996, 104, 511-519.
234. SATOH C., KODAIRA M. : Effects of radiation on children, *Nature*, 1996, 383, 226.
235. SCHMITZ-FEUERHAKE I. : Heritable Effects of Ionizing Radiations in the Low Dose Range, Arnoldshain 2014, German Society for Radiation Protection.
236. SCHMITZ-FEUERHAKE I., BUSBY C., PFLUGBEIL S. : Genetic radiation risks: a neglected topic in the low dose debate, *Environ Health Toxicol.*, 2016; 31.
237. SCHRODER H., HEIMERS A., FRENZEL BEYME R., SCHOTT A., HOFFMANN W. : Chromosome aberration analysis in peripheral lymphocytes of Gulf War and Balkan War veterans, *Rad. Protection Dosimetry*, 2003, 103, 3, 211-219.
238. SCHULL W.J., OTAKE M. : Cognitive function and prenatal exposure to ionizing radiation, *Teratology*, 1999, 59, 222-226.
239. SEISENBERGER S., PEAT J.R., REIK W. : Conceptual links between DNA methylation reprogramming in the early embryo and primordial germ cells, *Curr Opin Cell Biol*, 2013, 25, 3, 281-288.
240. SEVANKAEV V. et al : Rogue cells observed in children exposed to radiation from the Chernobyl accident, *Int J Rad Biol*, 1993, 63, 3, 361-367.
241. SEYMOUR C.B., MOTHERSILL C. : Radiation-induced bystander effects - Implications for cancer, *Nature Reviews Cancer*, 2004, 4, 158-164.
242. SIMON S.L., BOUVILLE A. : Radiation doses to local population near nuclear weapons test sites worldwide, *Health Phys*, 2002, 82, 706-25.
243. SINGHAL S.K., KOVALCHUK O. et coll. : Toward understanding the breast cancer epigenome : a comparison of genome-wide DNA methylation and gene expression data, *Oncotarget*, 2016, jan19, 7, (3), 3002-3017.

244. SLEBOS R., LITTLE R., UMBACH D. et al : Mini and microsatellites mutations in children from Chernobyl accident cleanup workers, *Mutation Research*, 2004, 559: 143-151.
245. SMIRNOV D.A. et al : Genetic analysis of radiation-induced changes in human gene expression, *Nature*, 2009, 459, 587-591. (Pub med 19349959).
246. SMITH J.T. : Is Chernobyl radiation really causing negative individual and population level effects on barn swallows ?, *Bio Lett*, 2008, 4, 63-64.
247. SOCOL Y., DOBRZYNSKI L. : Atomic Bomb Survivors Life-Span Study: Insufficient Statistical Power to Select Radiation Carcinogenesis Model, *Dose-Response*, 2015, 13, 1, 17p.
248. STEPANOVA E.I. et al : Genetic consequence of the Chernobyl accident in children born to parents exposed to radiation, *Prob Ecolog Medic Genetic Clinical Immunology, Kiev*, 2004, 7, 310-320.
249. STREFFER C. : Strong association between cancer and genomic instability, Radiation and genomic instability, *Radiation and Environnemental Biophysic*, 2010, 49, 2, 125-131.
250. SUGIER A., NENOT J-C., LECOMTE J-F. : Les recommandations de la CIPR : les raisons d'un changement, *Radioprotection*, 2005, 40, 3, 327-344.
251. SUSKOV I.I., KUZMINA N.S. : Polygenomic realization of mutagenic effects in the organism of people exposed to low dose, *Radiat Biol Radioecol*, 2003, 43, 2, 153-155.
252. SUSKOV I.I. et al : Le problème de l'instabilité génomique comme base de l'augmentation de la morbidité chez les enfants exposés aux radiations de basse intensité à faible dose, *Radiat Biol Radioecol*, 2006, 46, 2, 167-177, Pubmed PMID 16756114.
253. SUZUKI K. : Epigenetic gene silencing in a novel mechanism involved in delayed manifestation of radiation genomic instability in mammalian cells, *Radiation Research*, 2011, 175, 4, 416-423.
254. SUZUKI K., OJIMA M., KODAMA S., WATANABE M. : Radiation-induced DNA damage and delayed induced genomic instability, *Oncogene*, 2003, 22, 6988-6993.
255. SZYF M. : The implications of DNA methylation for toxicology: toward toxicomethylomics, the toxicology of DNA methylation, *Toxicol Sci*, 2011, 120, 2, 235-55.
256. TORRISANI J., LOPEZ F. : Méthylation de l'ADN et régulation épigénétique des cancers, *John Libbey Eurotext*, 2003, 10, 6, 6 p.
257. TOYOKUNI H., MARUO A., SUZUKI K., WATANABE M. : The contribution of radiation-induced large deletion of the genome to chromosomal instability, *Radiation Research*, 2009, 171, (2), 198-203.
258. TUBIANA M., AURENGO A. : Dose-effect relationship and estimation of the carcinogenic effects of low doses of ionising radiation : the Joint Report of the Academie des Sciences (Paris) and of the Academie Nationale de Medecine, *Int. J. Low Radiation*, 2006, 2, 3/4. En Français : « *La relation dose-effet et l'estimation des effets cancérrogènes des faibles doses de rayonnements ionisants* » sur le Site de l'Académie des Sciences.
259. UNSCEAR 2008 / Sources an effect of ionizing radiation report to the General Assembly - Health effects due to radiation from the Chernobyl accident, Volume II, Annex D, 2011.
260. UNSCEAR 2001 Report : Annex - Hereditary effects of radiation.
261. UNSCEAR : Biological mechanism of radiation actions at low doses, 2012.
262. VALATX J.L. : www.aven.org/aven-acceuil-actions-medicales-enquete-sante
263. VILOT D., M'KACHER R.E., ADJADJ E., DOSSOUL J., de VATHAIRE F., PARMENTIER C. : Evidence of increased chromosomal abnormalities in French

Polynesian thyroid cancer patients; *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 2005, 32, 2.

264. WAHAB M.A., NICKLESS E.M., NAJAR-M'KACHER R., PARMENTIER C., PODD J.V., ROWLAND R.E. : Elevated chromosome translocation frequencies in New Zealand nuclear test veterans, *Cytogenetic Genome Research*, 121, 79–87, 2008.

265. WAKEFORD R., LITTLE M.P. : Risk coefficients for childhood cancer after intrauterine irradiation : a review, *Int J Radiat Biol*, 2003, 79, 5, 293-309.

266. WAKEFORD R. : The silver anniversary of the Chernobyl accident. Where are we now ?, *Journal of Radiological Protection*, 2011, 31, 1-7.

267. WATANABE K.K. et al : Cancer mortality risk among military participant of a 1958 atmospheric nuclear weapons test, *Am J Public Health*, 1995, 85, 523-527.

268. WEINBERG H.S. et al : Molecular changes in the Offspring of liquidators who emigrated to Israel from the Chernobyl disaster area, *Environ Health Perspect*, 1997, 105, 6, 1479-1481.

269. WEINBERG H.S. et al : Very high mutation rate in offspring of Chernobyl accident liquidators, *Proc R Soc London*, 2001, 268, 1001-1005.

270. WERTELECKI W. : Malformations in a Chernobyl-impacted region, *Pediatrics*, 2010, 125, 4, 836-843.

271. WERTELECKI W. et al : Blastopathies and microcephaly in a Chernobyl impacted region of Ukraine, *Congenit Anom (Kyoto)*, 2014, 54, 3, 125_149.

272. WERTELECKI W. : Femmes enceintes ayant reçu de hauts niveaux de Cs-137 et présentant des taux élevés d'anomalies congénitales près de Tchernobyl, in *Actes du Forum Scientifique et Citoyen sur les Effets Génétiques des Rayonnements Ionisants, Collectif Independent WHO – Santé et Nucléaire, Genève, 29 novembre 2014.*

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Actes_forum_IW_novembre2014_French_01.pdf

273. WING S., RICHARDSON D., ARMSTRONG D., CRAWFORD D. : A reevaluation of cancer incidence near the Three Mile Island nuclear plant : the collision of evidence and assumptions, *Environmental Health Perspectives*, 1997, 105, 1, 52-57.

274. WING S., RICHARDSON D. : Collision of Evidence and Assumptions : TMI Déjà View, *Environmental Health Perspectives*, 2000, 108, 12.

275. YABLOKOV A.V., NESTERENKO V.B., NESTERENKO A.V. : Chernobyl. Consequences of the Catastrophe for People and the Environment, *The New York Academy of Sciences (NYAS)*, 2009.

http://independentwho.org/media/Documents_Autres/Chernobyl_Consequences_of_the_catastrophe_for_people_and_the_environment.pdf

276. ZATSEPIN I. : Current Research on Environmental Pollution and Congenital Anomalies in Belarus, in « *Methodological Approaches to the Assessment of Risk of Congenital Anomaly due to Environmental Pollution* », *Environmental Pollution Workshop*, Eurocat, Budapest, 2007.

Remerciements :

- Bruno BARILLOT, secrétaire du COSCEN (Comité de suivi des Conséquences des Essais Nucléaires 2005-2012), et responsable de la DSCEN (Délégation au Suivi des Conséquences des Essais Nucléaires 2015-2016)
Co-fondateur et Directeur de l'Observatoire des Armements/CDRPC
(†mars 2017)

❖ **ASPPF** (Association des Soignants en Pédopsychiatrie de Polynésie Française) :

❖ **Moruroa e Tatou**

- Roland OLDHAM, Président
- John DOOM (†décembre 2016)

❖ **Association 193**

❖ **AMFPGN** (Association des Médecins Français pour la Prévention de la Guerre Nucléaire – IPPNW - ICAN : Prix Nobel de la paix 2017)

- Dr Abraham BEHAR, président

❖ Docteur Charles TETARIA ancien Ministre de la Santé, qui nous a encouragé à entreprendre cette étude.