



Étude épidémiologique de mortalité des vétérans des essais nucléaires dans le Pacifique

Rapport final

12 octobre 2009

Epidémiologistes : Dr Claire SEGALA, Angéline VINAT

Statisticiennes : Harmonie PACHOL, Gaëlle PEDRONO, Isabelle PERRIN

SEPIA-SANTE, S.A.R.L AU CAPITAL de 8 000 € - KERMAREC ZA KERMESTRE - 56150 - BAUD -
SIRET : 441 029 139 00025 - code APE : 7320 Z- TVA intracommunautaire : FR57441029139

TELEPHONE : (33) 02-97-28-80-38 - TELECOPIE : (33) 02 97 28 81 10 -

MEL : sepia@sepia-sante.com SITE : www.sepia-sante.com

SOMMAIRE

I. SYNTHÈSE.....	4
II. INTRODUCTION.....	8
III.METHODES.....	11
A. Sélection des populations d'étude	11
1. Cohorte	11
2. Population française	12
B. Données disponibles	12
1. Cohorte	12
2. Population française	14
C. Travaux préliminaires	15
1. Mise en place de la cohorte	15
2. Recodage des causes de décès.....	18
D. Analyse statistique	20
1. Statistiques descriptives	20
2. Standardisation indirecte	21
3. Comparaison de ratios standardisés de mortalité	25
4. Modèle de régression de Poisson	26
IV.RESULTATS	28
A. Comparaison des vétérans exclus / inclus	28
B. Description de la cohorte	30
1. Répartition par âge, sexe et origine géographique	30
2. Répartition selon la date d'entrée dans la cohorte, les résultats de dosimétrie et l'année de décès	33
3. Répartition par appartenance.....	38
C. Description des causes de décès	41
D. Comparaison de la mortalité de la cohorte des vétérans à celle de la population française	47
1. Toutes causes de décès	47
2. Par cause de décès	49
E. Comparaison de la mortalité à l'intérieur de la cohorte selon les résultats de dosimétrie	52
1. Ratios standardisés	52
2. Modèles de régression de Poisson.....	55

F. Analyses de sensibilité	59
1. Analyses dans une population « homogène »	59
2. Analyses selon la période d'attribution du premier dosimètre.....	64
V. DISCUSSION ET PERSPECTIVES	68
BIBLIOGRAPHIE	76
Table des tableaux.....	78
Table des figures.....	80
ANNEXES	81
Annexe 1 : Liste des essais nucléaires du Pacifique.....	82
Annexe 2 : Effets sanitaires des radiations ionisantes : maladies radio-induites	86
Annexe 3 : Bilan des recherches RNIPP	91
Annexe 4 : Classement Eurostat des causes de maladies	92
Annexe 5 : Méthode de calcul du SMR : schéma explicatif.....	94
Annexe 6 : Résultats descriptifs chez les femmes	95
Annexe 7 : Répartition des vétérans par zone géographique.....	96
Annexe 8 : Distribution de l'âge au décès selon l'appartenance	97
Annexe 9 : Causes décès manquantes	98
Annexe 10 : Analyses par période	99
Annexe 11 : Analyses par tranche d'âge	101
Annexe 12 : Comparaison de la mortalité des vétérans dosimètres non nuls à celle de la population française	103
Annexe 13 : Analyses de sensibilité	106
Annexe 14 : Analyse de puissance	108

I. SYNTHÈSE

Introduction

Une étude de mortalité a été menée dans une cohorte de vétérans masculins présents sur les sites du centre d'expérimentations nucléaires (CEP) dans le Pacifique entre 1966 et 1996, et ayant bénéficié d'une surveillance dosimétrique externe.

Méthodes

Le fichier de données a été fourni par le Département de Suivi des Centres d'Expérimentations Nucléaires de la Délégation Générale pour l'Armement. Il était composé de 32 550 vétérans ayant porté un ou plusieurs dosimètres. L'information disponible par individu était la suivante : tous les dosimètres étaient négatifs ou au moins un dosimètre était positif. Après validation des informations du fichier de vétérans, 82% d'entre eux, pour lesquels les informations nécessaires à l'étude de mortalité étaient disponibles, ont pu être inclus. Les analyses ont été conduites seulement chez les hommes qui représentaient 99,6% de la cohorte.

Dans un premier temps, la mortalité totale et par cause de ces vétérans a été comparée à la mortalité de la population française afin d'évaluer une association potentielle entre la présence sur les sites du CEP et la mortalité.

Dans un deuxième temps, la mortalité totale et par cause des vétérans pour lesquels au moins un des dosimètres a relevé une dose externe supérieure au seuil de détection (0,2 mSv) a été étudiée et comparée d'une part à celle des vétérans dont tous les dosimètres se sont révélés négatifs et d'autre part à celle de la population française.

Les différences de structure d'âge et de période entre les populations comparées ont été prises en compte dans les analyses.

Résultats descriptifs

A la date du 31 décembre 2008, 20,7% des 26 524 vétérans inclus dans l'étude étaient décédés (18,2% parmi les vétérans ayant au moins un dosimètre positif, et 20,9% parmi ceux dont tous les dosimètres étaient négatifs). Les causes de décès étaient disponibles pour 96,8% des vétérans.

Les trois principales causes de décès dans la cohorte de vétérans sont les cancers (n=2 261, soit 42,5% des décès), les maladies de l'appareil circulatoire (n=1 023, soit 19,2% des décès)

et les causes externes incluant accidents et suicides (n=772, soit 14,5% des décès). Ces proportions sont globalement similaires dans les deux sous populations de la cohorte.

Comparaison de la mortalité de la cohorte à celle de la population française

Parmi l'ensemble des vétérans étudiés, la mortalité est à l'heure actuelle inférieure à celle de la population française. Le déficit de mortalité « toutes causes » est de 17% et est statistiquement significatif. Pour les cancers et pour les hémopathies malignes (ou cancers du sang), les déficits sont également significatifs, respectivement de 8% et 23%. Ce déficit de mortalité est constaté pour l'ensemble des grandes causes de décès et des principales causes de mortalité potentiellement radio-induites, avec trois exceptions :

- un excès de mortalité significatif de 69% est observé pour les mésothéliomes, avec 23 des 31 décès liés aux mésothéliomes chez des vétérans de la Marine Nationale ;
- un excès de mortalité de 40% est observé pour les cancers de la thyroïde et un excès de 3% pour les mélanomes. Ces excès sont non significatifs, c'est-à-dire que l'effet du hasard ne peut fermement être écarté. De plus, il n'y a pas de lien avec la dosimétrie : les 7 décès par cancer de la thyroïde et 23 des 24 décès par mélanome sont survenus chez des vétérans dont tous les dosimètres étaient négatifs.

Ces résultats montrent que la présence sur les sites du CEP dans le Pacifique entre 1966 et 1996 ne constitue pas un facteur d'augmentation significative de la mortalité par rapport à la population nationale, que ce soit pour la mortalité toutes causes, la mortalité par tumeurs malignes ou pour des causes plus spécifiques potentiellement imputables à l'exposition aux radiations. Soulignons cependant que les déficits de mortalité observés sont liés en grande partie au biais du « travailleur sain » : cette cohorte qui inclut des militaires appelés ou de carrière, des personnels civils de la Défense et donc des personnes ayant été en bonne santé au moment de leur recrutement, s'apparente à une cohorte de travailleurs en bonne santé par rapport à l'ensemble de la population française. La plupart des décès par mésothéliomes et cancers de la plèvre étant survenus chez des vétérans de la Marine Nationale, l'excès de mortalité significatif pour cette cause est vraisemblablement le fait d'une exposition à l'amiante.

Etude de la mortalité des vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif

Comparaison de la mortalité à l'intérieur de la cohorte

Les vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif ont une mortalité « toutes causes » de 11% inférieure à celle des vétérans ayant eu tous leurs dosimètres négatifs. Le déficit de mortalité atteint 14% pour l'ensemble des cancers et 67% pour les cancers des lèvres, cavité buccale et pharynx. De faibles excès non significatifs de mortalité sont en revanche observés pour les cancers osseux (excès de 164%, mais reposant sur seulement 2 cas) et pour les cancers du système nerveux central (excès de 14%, 5 cas). Les excès de risque observés sont globalement faibles et reposent sur de petits nombres de décès, l'effet du hasard ne peut être fermement écarté. Compte-tenu de ces faibles effectifs, aucune analyse multivariée ne peut être conduite pour les décès liés à ces deux types de cancers.

Comparaison à la population nationale

La mortalité des vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif est comme pour l'ensemble des vétérans, inférieure à celle de la population française : le déficit de mortalité « toutes causes » est de 25% et celui des cancers de 20%.

Cas particulier des hémopathies malignes

La comparaison des vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif à ceux ayant eu tous leurs dosimètres négatifs montre un excès non significatif de mortalité pour les hémopathies malignes (excès de 63%), concernant 15 cas chez les vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif : 5 leucémies, 4 myélomes multiples et 6 lymphomes.

Cet excès est significatif dans l'analyse multivariée à l'intérieur de la cohorte des vétérans. Il est de 82%, après ajustement sur l'âge atteint, la période, l'appartenance et la région de naissance.

Par rapport à la population nationale, la mortalité par hémopathies malignes des vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif présente un excès non significatif de 20%.

La mortalité toutes causes et par cancers des vétérans dont au moins un des dosimètres a été positif, est globalement plus faible que celle des vétérans ayant eu tous leurs dosimètres négatifs. Cette différence suggère une plus grande sélection (et donc un meilleur état de santé) des sujets qui étaient susceptibles d'être exposés dans leurs activités professionnelles sur les sites du CEP. Leur

mortalité toutes causes et par cancer est également inférieure à celle de la population française.

Néanmoins, à l'intérieur de la cohorte, l'analyse multivariée met en évidence un excès d'hémopathies malignes chez les vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif. Ce résultat est cohérent avec ceux observés dans plusieurs études de vétérans présents lors d'expérimentations nucléaires.

II. INTRODUCTION

La France a réalisé 193 essais nucléaires sur les atolls de Mururoa et Fangataufa situés dans le Pacifique. De 1966 à 1974, 41 essais atmosphériques, puis de 1975 à 1996, 137 essais souterrains ont été réalisés (annexe 1). A l'issue de l'ultime campagne d'essais de 1995-1996, la France a procédé au démantèlement des sites de Mururoa et Fangataufa. En 1998, la France a ratifié le Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires [1].

D'un point de vue sanitaire, l'exposition aux rayonnements ionisants, qui peut être externe (avec ou sans contact cutané) ou interne (ingestion, inhalation ou pénétration par contact de substances radioactives), joue un rôle sur l'état de santé des personnes exposées et représente un facteur de risque reconnu de plusieurs maladies. Ces maladies regroupent les cancers pouvant être « radio-induits » et des pathologies non cancéreuses. Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme varient en fonction de la dose reçue et de différents facteurs. Les cancers radio-induits ont la particularité de se déclarer plusieurs années après l'exposition et de ne pas être différents des autres cancers, induits par d'autres facteurs de risque. Les rayonnements ionisants sont d'ailleurs classés comme cancérigènes certains pour l'homme. Une revue de littérature sur le thème des effets sanitaires des radiations ionisantes est présentée en annexe 2.

Environ 100 000 personnes ont participé en tant que personnel civil et militaire aux essais nucléaires français du Pacifique. L'étude a pour origine les inquiétudes d'anciens travailleurs du centre d'expérimentations du Pacifique (CEP), dénommés « vétérans » dans cette étude. Pour répondre à ces attentes, l'Observatoire de la Santé des Vétérans (OSV) a planifié la réalisation d'une étude de mortalité sur les anciens personnels civils ou militaires relevant du ministère de la défense. Cette étude est financée par le ministère de la défense, les données de cette étude étant fournies par le Département de Suivi des Centres d'Expérimentations Nucléaires de la Délégation Générale pour l'Armement (DGA/DSCEN). La planification et le suivi a été confié à un Conseil Scientifique rassemblant des scientifiques d'horizons différents : service de santé des armées (SSA), institut national de veille sanitaire (InVS), institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), institut national de recherche en sécurité (INRS), institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et agence française de sécurité sanitaire et d'environnement au travail (AFSSET). Afin d'évaluer la pertinence d'une étude épidémiologique de type cohorte, une évaluation du risque de décès, qu'ils soient spontanés ou susceptibles d'être radio-induits, a été effectuée pour le personnel

ayant participé aux expérimentations nucléaires françaises dans le Pacifique par l'IRSN [2]. Une cohorte « fictive » regroupant la quasi-totalité du personnel ayant participé aux expérimentations nucléaires françaises dans le Pacifique et suivis en dosimétrie externe a été construite (soit 42 000 individus, dont environ 1 700 ont reçu une dose externe cumulée supérieure à 1 millisievert). Le nombre de décès spontanés attendus jusqu'en 2004 au sein de la cohorte « fictive » a été calculé en utilisant les taux de référence de la population générale française. Une étude épidémiologique de mortalité au sein de la cohorte des personnels ayant participé aux expérimentations nucléaires françaises dans le Pacifique et suivis en dosimétrie externe pourrait en théorie avec une puissance de 80% et un risque de première espèce de 5%, mettre en évidence un excès de la mortalité par cancers solides dès lors que l'excès est supérieur à 4% et un excès de la mortalité par leucémie dès lors que l'excès est supérieur à 27%. Par ailleurs, le risque radio-induit qui se traduit par le nombre de décès en excès attribuables aux rayonnements ionisants du fait des doses externes a été calculé. Dans cette cohorte fictive, le nombre de décès supplémentaire de décès par cancers solides et par leucémies qui serait attribuable aux doses externes reçues pendant les expérimentations serait bien inférieur à 1, en se basant sur les modèles de relation dose-réponse issus de l'étude de la mortalité des survivants des bombardements de Hiroshima et de Nagasaki.

Début 2007, le ministère de la défense a lancé un appel d'offres de type marché public pour la réalisation de cette étude pour lequel la candidature de SEPIA-Santé a été retenue. Le cahier des charges de l'étude prévoit « la réalisation d'une **étude de cohorte rétrospective** visant à analyser la mortalité (totale et par cause de décès) des vétérans du Pacifique, dont l'objectif principal est d'évaluer le risque sanitaire lié à la participation des personnels (civils et militaires) du Ministère de la Défense, aux activités du centre d'expérimentations du Pacifique (CEP) entre 1966 et 1996. Son but est d'**évaluer l'existence d'une éventuelle surmortalité** parmi ces personnels, en particulier par pathologies cancéreuses ».

La frise chronologique suivante décrit l'organisation de l'étude.

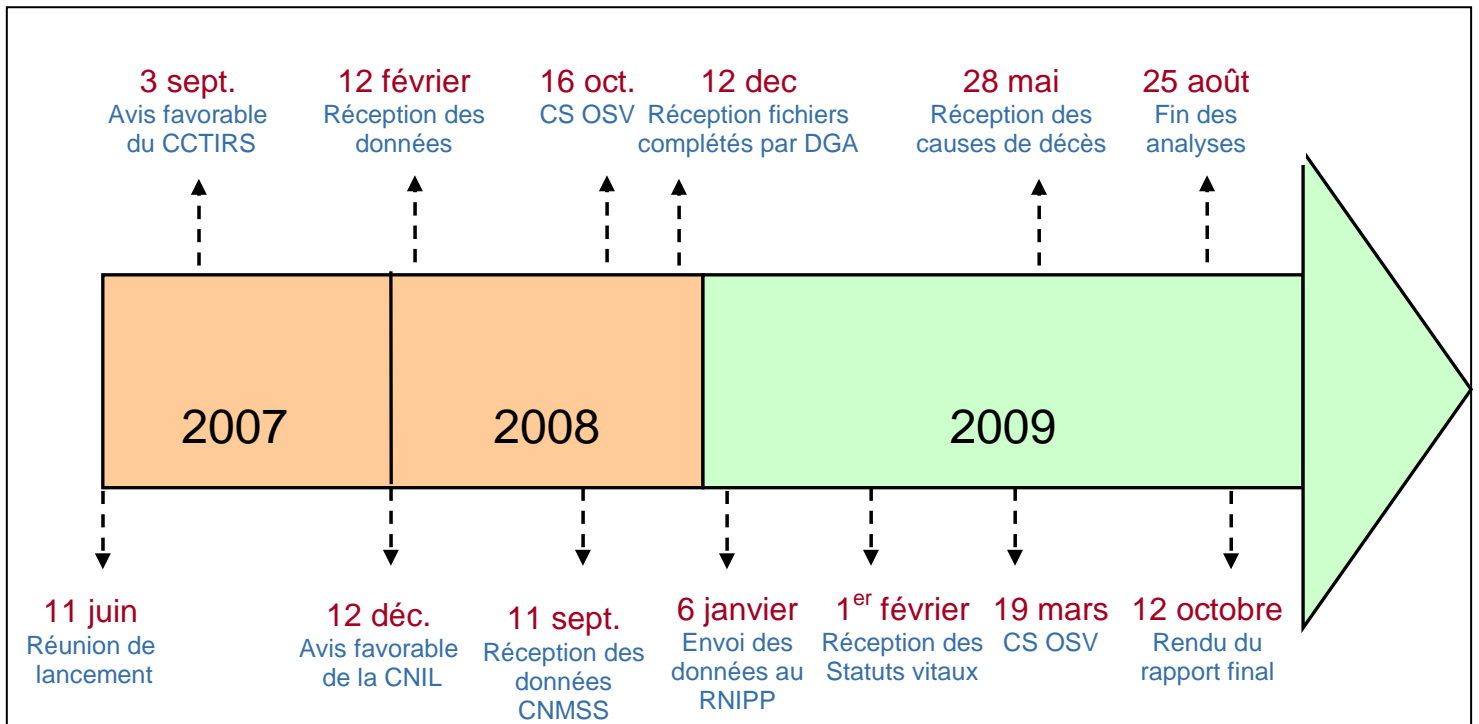


Figure 1 : Frise chronologique « organisation de l'étude »

La réunion de lancement s'est tenue le 11 juin 2007. Le protocole définitif de l'étude a ensuite été rédigé et les autorisations obtenues : le 3 septembre celle du CCTIRS (Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche dans le domaine de la Santé) et le 12 décembre 2007, celle de la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés). Le DSCEN nous a fait parvenir le 12 février 2008, le fichier des vétérans à inclure dans l'étude. L'avancement des travaux a donné lieu à la rédaction de rapports d'étape qui ont été rédigés tous les 3 mois à partir d'avril 2008 et à des présentations lors des réunions du Comité Scientifique de l'OSV.

III. METHODES

A. *Sélection des populations d'étude*

1. Cohorte

a) Ensemble des vétérans

Les personnels concernés par cette étude sont ceux qui relevaient du ministère de la défense, personnels civils ou militaires et qui ont reçu au moins un dosimètre externe lors de leur participation aux expérimentations nucléaires françaises dans le Pacifique. La politique de distribution des dosimètres a fortement varié au cours du temps. Les premières années, 1966 à 1968, la plupart du personnel recevait un dosimètre mensuel quels que soient son activité professionnelle, sa fonction, la durée du séjour ou le lieu de travail. A partir de 1969, les dosimètres mensuels étaient attribués aux vétérans sur des critères de risque d'exposition lors de leurs activités professionnelles [1].

Les fichiers transmis ont permis d'inclure les vétérans ayant eu au moins un dosimètre ET dont le(s) résultat(s) du ou des dosimètres est connu. Un vétéran est comptabilisé dans la cohorte à partir de la date de son premier dosimètre.

b) Vétérans avec dosimètres nuls

La sous-population « *dosimètres nuls* » est constituée des vétérans de la cohorte ayant eu tous leurs dosimètres négatifs, c'est-à-dire inférieurs au seuil de détection de 0,2 mSv.

c) Vétérans avec dosimètres non nuls

La sous-population « *dosimètres non nuls* » est constituée des vétérans de la cohorte ayant eu au moins un de leurs dosimètres positif, c'est-à-dire supérieur au seuil de détection de 0,2 mSv.

2. Population française

La population française (choisie comme population de référence dans les comparaisons entre cohorte/population française et les comparaisons entre les vétérans « dosimètres non nuls » /vétérans « dosimètres nuls ») est constituée de l'ensemble des habitants de France âgés de 15 ans ou plus entre 1966 et 2009. Le but est d'avoir une représentation des décès en France selon différentes causes de décès durant la période d'observation de la cohorte des vétérans.

B. Données disponibles

1. Cohorte

Afin de pouvoir répondre à l'objectif relatif à la mortalité, il était nécessaire de disposer des informations suivantes pour chaque vétéran : sexe, date de naissance, date d'entrée dans la cohorte (date du 1er dosimètre), résultats des dosimètres (nuls ou non nuls), statut vital et s'il y a lieu, la date et la cause de décès.

Parmi la cohorte, les individus sont soit des militaires appelés ou engagés, soit des personnels civils de la défense. On remarque que les sujets de l'étude ont tous un âge supérieur ou égal à 15 ans. Le jeune âge de certains s'explique par la présence de « mousses » de la marine nationale dans la cohorte.

Le fichier des données a été transmis le 12 février 2008. Il comprend les informations suivantes :

- ***Numéro d'ordre*** (numéro unique associé à chaque vétéran),
- ***Nom de famille/patronymique***,
- ***Prénom***,
- ***Numéro d'Inscription au Répertoire*** de l'INSEE (NIR tronqué à 10 chiffres),
- ***Année de naissance***,
- ***Département de naissance***,

- *Commune de naissance,*
- *Pays de naissance,*
- *Nationalité* (France, TOM et Étranger),
- *Sexe,*
- *Appartenance* (marine nationale, armée de terre, armée de l'air, personnel civil défense et services santé (santé marine, santé terre, santé air, santé militaire, santé civil défense)),
- *Date du premier dosimètre,*
- *Date du dernier dosimètre,*
- *Nombre total de dosimètres attribués,*
- *Nombre de dosimètres positifs,*
- *Date de décès,*
- *Département de décès,*
- *Commune de décès.*

2. Population française

Pour pouvoir comparer la mortalité de la cohorte à celle de la population française, il était nécessaire de connaître les taux de mortalité (taux de mortalité totale et par cause) pour les différentes causes de décès, de 1966 à 2008. La date de fin d'étude (date de point) a été fixée au 31 décembre 2008, le Registre National d'Identification des Personnes Physiques (RNIPP) n'ayant pas connaissance de l'ensemble des cas de décès pour l'année 2009. Ces taux par groupe d'âges quinquennaux et par sexe ont été calculés à partir :

- * du nombre de décès pour les principales causes, extrait des sites :
 - o INED¹ [3] pour la période allant de 1966 à 1978,
 - o Eco-Santé² [4] pour la période 1979 à 2008.
- * du nombre de décès pour certaines causes indisponibles sur les sites Internet, commandé auprès du CépiDc [5].
- * de la démographie française pour la période allant de 1966 à 2008, extraite du site Eco-santé.

Les nombres de décès dans la population française de 2006 à 2008 n'étant pas encore disponibles, les nombres de décès observés en 2005 ont été reportés pour les années 2006, 2007 et 2008. De même pour certaines causes de décès, les nombres de décès n'étaient disponibles qu'à partir de 1968. Dans ces cas précis, les nombres de décès de l'année 1968 ont été reportés pour les années 1966 et 1967.

¹ **Site INED** : De 1950 à 1978, la répartition des décès par cause sexe et âge quinquennal a été établie d'après les données publiées par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques - INSEE et par l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale - INSERM - depuis 1968. La répartition a été établie d'après le Service d'information sur les causes de décès (SC8-INSERM) de 1979 à 1996 et par le Centre d'Epidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDc-INSERM) depuis 1997. Depuis 1998, les décès par cause sont classés en années révolues (et non plus suivant le classement traditionnel de l'INSERM et de l'INSEE).

² **Site Eco-santé** : Sur ce site géré par l'IRDES, les causes médicales de décès sont établies à partir de la cause principale du décès constatée par le médecin sur le certificat de décès et envoyées à l'INSERM avec les données socio-démographiques en provenance de l'INSEE. Elles sont codées selon la 10ème révision de la Classification Internationale des Maladies (CIM 10). Les nombres de décès sont présentés par tranches d'âge quinquennales et pour 65 causes.

C. Travaux préliminaires

1. Mise en place de la cohorte

L'organigramme suivant décrit les différentes étapes de mise en place de la cohorte.

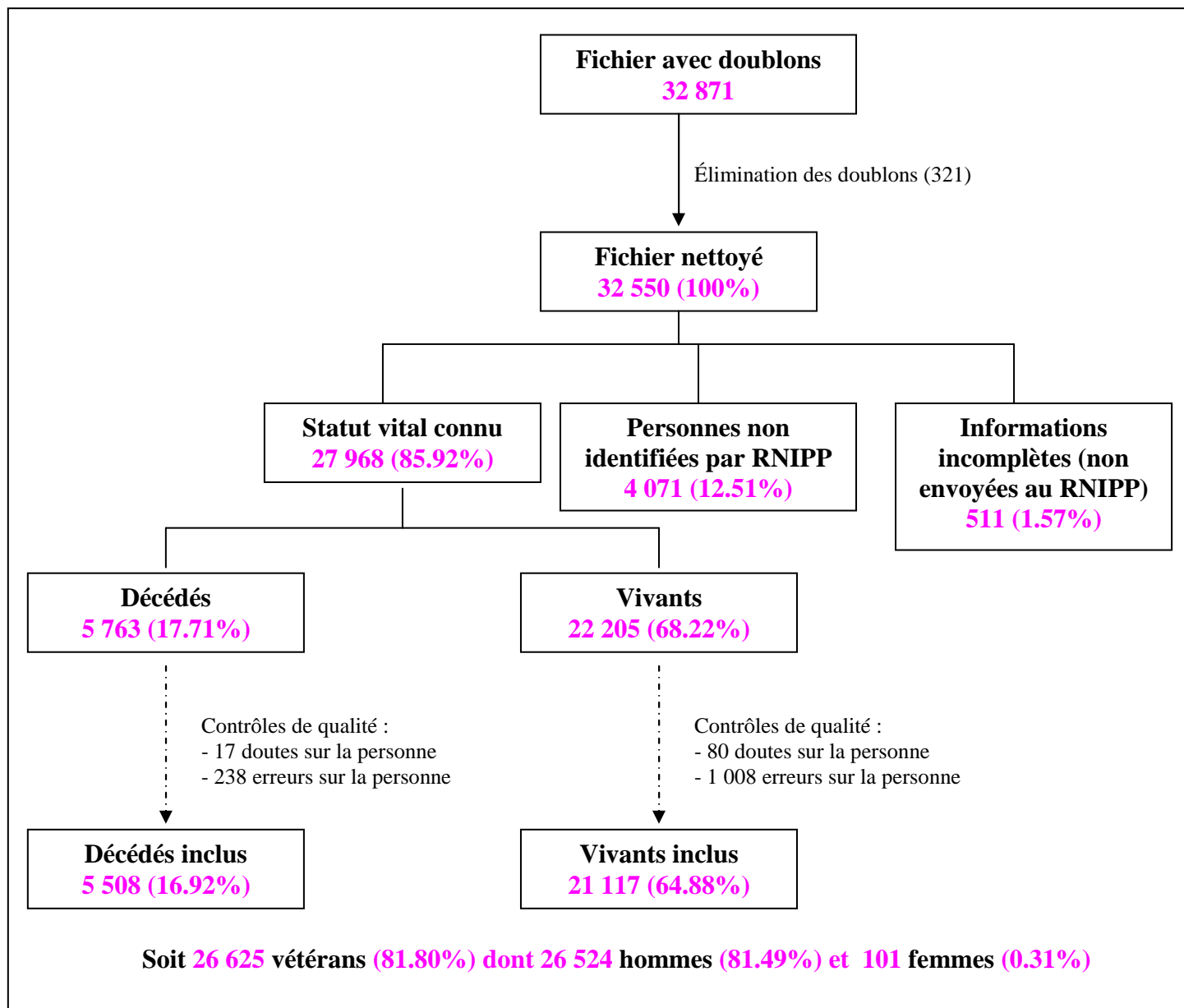


Figure 2 : Organigramme « mise en place de la cohorte »

a) Étape 1 : Préparation du fichier de données

Les données de l'étude étaient dissociées dans plusieurs feuillets et fichiers EXCEL, ceci étant dû au travail de récupération réalisé. Par exemple, les informations concernant le statut vital des vétérans et les dosimètres étaient séparées en différents fichiers. Toutes ces données ont été regroupées dans un seul et même fichier de façon à ce que toutes les informations sur un même individu soient disponibles dans une seule et même table.

Ce fichier contenait également les doublons, les vétérans pour lesquels les données n'ont pas été envoyées au RNIPP etc., avec un total de **32 871** vétérans.

b) Étape 2 : Traitement des doublons

Une recherche des doublons a été effectuée entre les vétérans ayant des numéros d'ordre (numéro unique associé à chaque vétéran) différents. Une recherche des doublons entre les vétérans ayant le même numéro d'ordre a également été réalisée. Pour ces vétérans, un double envoi au RNIPP a été effectué car les informations les concernant n'étaient pas certaines. A l'issue de cette étape, on comptait alors 32 550 vétérans.

c) Étape 3 : Recherche et validation des statuts vitaux

La recherche du statut vital avait pour but de connaître tous les décès survenus depuis 1966 dans la cohorte, ainsi que leurs causes. Cette recherche a porté jusqu'au 31 décembre 2008. Pour cela, 2 étapes étaient nécessaires :

- * dans un premier temps, la recherche du statut vital par interrogation du RNIPP, géré par l'INSEE, pour savoir si une personne est décédée ou non,
- * dans un deuxième temps, la recherche des causes de décès dans la base de données du service d'information sur les causes médicales de décès (CépiDc) de l'INSERM.

Afin de pouvoir transmettre les données au RNIPP, il était indispensable de disposer des informations suivantes : nom patronymique, prénom, sexe, jour, mois et année de naissance, commune et département de naissance. Ainsi la recherche de statut vital n'a pas été possible pour 511 personnes de la cohorte, par manque d'informations nécessaires.

La recherche du statut vital a été effectuée sur 32 550 vétérans parmi lesquels 5 763 décès ont été recensés par le RNIPP.

4 582 vétérans ont été exclus de l'analyse lors des recherches du statut vital soit parce qu'ils ne disposaient pas d'informations suffisantes pour être transmises au RNIPP (N= 511), soit parce qu'ils n'avaient pas été identifiés par le RNIPP (N= 4 071) (cf. annexe 3).

d) Étape 4 : Contrôle de qualité

Des contrôles de qualité ont été réalisés sur le fichier contenant l'ensemble des vétérans avec statut vital connu. Ces contrôles avaient pour but de déceler les erreurs éventuelles de personnes. Les contrôles suivants ont été réalisés :

- * les décès sont survenus après 1966,
- * les décès sont survenus après l'âge de 15 ans,
- * les décès sont survenus après la date du dernier dosimètre,
- * les dosimètres ont été attribués à des personnes de plus de 15 ans,
- * la date d'attribution du premier dosimètre est antérieure à celle du dernier,
- * les dosimètres ont été portés par les vétérans entre 1966-1996,
- * le nombre de dosimètres positifs est inférieur ou égal au nombre total de dosimètres.

Certains vétérans ont été classés comme « douteux » ou comme « erreur », selon le degré de confiance accordé à l'association entre le fichier des vétérans et les propositions du RNIPP. Dans tous les cas, ils ont été éliminés du fichier définitif.

La proportion de personnes classées « douteux » ou « erreur » peut paraître importante. Elle s'explique par le fait que pour un nombre important de vétérans (N=3 334) les données du NIR à 10 chiffres étaient incomplètes et ne pouvaient être envoyées en l'état au RNIPP ; la procédure du RNIPP n'autorisant pas l'existence d'information manquante sur les données de : sexe, date de naissance, pays et commune de naissance. En revanche, si ces données sont complètes, une recherche est effectuée et même s'il existe des erreurs, des approximations et suggestions de correction sont proposées par le RNIPP. C'est pourquoi, en fonction des solutions les plus probables, les données ont été complétées (par exemple, une personne pour

laquelle la commune de naissance était manquante s'est vue attribuer la commune la plus peuplée du département).

Suite à ces ajouts d'information plus au moins pertinents, 1 343 personnes suggérées par le RNIPP ont été exclues après contrôle de qualité.

Au final, les vétérans inclus sont ceux dont le statut vital et les informations individuelles sont certains. Le fichier contient **26 625** vétérans (soit 81,80% de l'effectif de départ après exclusion des doublons). Parmi eux, **5 508** (16,92%) sont décédés.

2. Recodage des causes de décès

La demande des statuts vitaux au RNIPP a été suivie d'une demande de recherche des causes de décès auprès du CépiDc pour les vétérans dont le statut vital était « décédé ». Le CépiDc a fourni les codes alphanumériques de la Classification Internationale des Maladies (CIM) correspondant aux différentes causes de décès. Au final, 5 332 causes de décès étaient disponibles sur les 5 508 décès observés dans la cohorte, soit 96,8%.

Les causes ont été décodées à l'aide de la « Classification Internationale des Maladies ». Cette classification a connu plusieurs mises à jour, ce qui implique des correspondances différentes entre les codes et les pathologies. Les 3 versions CIM 8, CIM 9 et CIM 10 ont été utilisées dans l'étude.

Ensuite, les décès ont été classés en 65 grandes causes selon les critères de l'Eurostat. Ce classement européen effectue des regroupements de causes de décès selon les codes CIM en harmonisant les 3 classifications CIM utilisées. A une cause Eurostat correspondent plusieurs codes CIM, mais à un code CIM correspond une seule cause Eurostat.

Des catégories de causes potentiellement radio-induites autres que les 65 grandes causes européennes ont également été sélectionnées (après consultation de membres du Conseil Scientifique de l'étude) (cf. annexe 4, avec le détail des codes CIM pour les différentes classifications).

Au final, 14 grandes causes classiquement décrites et les pathologies suivantes ont été retenues :

- Tumeurs malignes :

- ✗ Tumeurs malignes de l'œsophage,
- ✗ Tumeurs malignes de l'estomac,
- ✗ Tumeurs malignes du côlon,
- ✗ Tumeurs malignes du rectum et de l'anus,
- ✗ Tumeurs malignes du foie et voies biliaires intrahépatiques,
- ✗ Tumeurs malignes du pancréas,
- ✗ Tumeurs malignes du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon,
- ✗ Mésothéliomes et cancers de la plèvre,
- ✗ Mélanomes malins de la peau,
- ✗ Tumeurs malignes de la prostate,
- ✗ Tumeurs malignes du rein,
- ✗ Tumeurs malignes de la vessie,
- ✗ Tumeurs malignes de la lèvre de la cavité buccale et du pharynx,
- ✗ Tumeurs malignes du sein,
- ✗ Cancers de la thyroïde,
- ✗ Cancers du système nerveux central,
- ✗ Cancers des os,
- ✗ Tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques (leucémies hors LLC [leucémie lymphoïde chronique], myélomes multiples, lymphomes non hodgkiniens).

- Maladies de l'appareil génito-urinaire :

- ✗ Maladies du rein et de l'uretère dont les calculs rénaux.

- Maladies de l'appareil circulatoire :

- ✗ Cardiopathies ischémiques,
- ✗ Autres cardiopathies,
- ✗ Maladies cérébrovasculaires,
- ✗ Hypertension artérielle.

- Maladies de l'appareil digestif :

D. Analyse statistique

Les données ont été analysées avec le logiciel SAS version 9.1 et le **seuil de significativité des tests statistiques a été fixé à 5%**.

Les méthodes d'analyse statistique mises en œuvre dans cette étude sont celles classiquement utilisées dans les études mortalité. Elles sont basées sur des comparaisons de mortalité avec référence externe, c'est à dire la population nationale et des comparaisons avec référence interne, avec deux types de méthodes : des comparaison des ratios de mortalité standardisés et des régressions de Poisson. Toutes les méthodes utilisées permettent de prendre en compte l'âge et la période calendaire.

1. Statistiques descriptives

Dans un premier chapitre, les vétérans exclus de l'étude ont été comparés aux vétérans participant aux analyses statistiques pour les paramètres disponibles : le sexe, l'appartenance, l'année de naissance et le résultat de dosimétrie (nulle versus non nulle).

Dans un deuxième chapitre, une description de la cohorte a été réalisée selon l'âge, le sexe et l'origine géographique des vétérans avec le logiciel ARTICQUE [6]. Les dates d'entrée dans la cohorte, les résultats de dosimétrie, les dates de décès ainsi que les personnes-années et l'appartenance sont présentées.

Dans un troisième chapitre, une description des décès selon les grandes causes et les causes de décès spécifiques retenues pour l'étude est présentée.

Une description des causes de décès selon les périodes et les tranches d'âge a également été réalisée.

2. Standardisation indirecte

a) Principe de la standardisation indirecte

Pour étudier la mortalité de la cohorte des vétérans, la méthode consiste à comparer la mortalité de la cohorte avec celle de la population française, en utilisant une méthode de standardisation indirecte. En effet, la comparaison de taux bruts est inappropriée lorsque les structures démographiques (l'âge et le sexe) des 2 populations ne sont pas comparables. Or, la cohorte comporte une proportion plus importante d'hommes (99.5%) comparée à celle dans la population française (48%). De même, la répartition par âge de la cohorte diffère de la population française. La mortalité évolue aussi dans le temps. En effet, il y a quelques années la mortalité par maladies infectieuses et parasitaires était plus importante qu'aujourd'hui tandis que la mortalité par cancer a augmenté au cours du temps [5]. Ces différences constituent des facteurs de confusion qui rendent les comparaisons sur les taux bruts inadaptées.

(1) Population de référence

Dans la standardisation indirecte, la population de référence fournit un ensemble de taux de mortalité par cause, classe d'âge et période pour les hommes appelés taux spécifiques. Ces taux sont ensuite appliqués à la structure démographique de la cohorte étudiée afin de calculer un nombre de décès « attendu », noté E.

La « *population française* » est la population de référence. La démographie de la population française ainsi que le nombre de décès de 1966 à 2008 selon les classes d'âges quinquennales de 15 ans à plus de 95 ans ont été obtenus sur les sites de l'INED et d'Eco-Santé.

(2) Calcul des personnes-années

Le calcul des **personnes-années (PA)** permet la comparaison entre sous-groupes de la cohorte étudiée ou avec la population de référence en prenant en compte la date de décès, le fait que les sujets entrent dans l'étude à des âges différents et restent dans l'étude pendant des durées variables (selon la date d'entrée dans la cohorte et la date de décès).

Pour chaque vétéran, on évalue le temps d'observation dans la cohorte selon l'âge et la période.

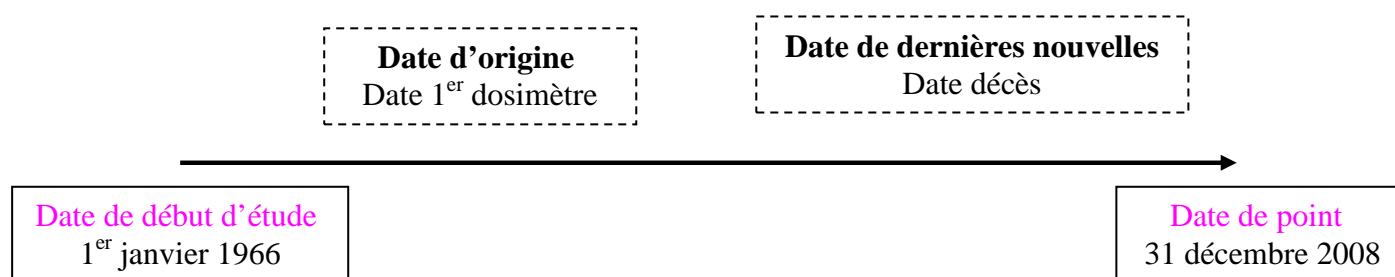


Figure 3 : Schéma « dates de l'étude »

Pour déterminer le ratio standardisé de mortalité (SMR), le nombre de personnes-années (PA) pour chaque catégorie d'âge et par période pour les hommes doit être calculé.

Les classes d'âge utilisées sont des classes d'âges quinquennales distinctes : 15-19 ans, 20-24 ans, 25-29 ans, 30-34 ans, 35-39 ans, 40-44 ans, 45-49 ans, 50-54 ans, 55-59 ans, 60-64 ans, 65-69 ans, 70-74 ans, 75-79 ans, 80-84 ans, 85-89 ans, 90-94 ans et 95 ans et plus.

(3) Taux de mortalité

Le **taux de mortalité** indique la vitesse moyenne d'apparition des nouveaux cas de décès à chaque instant, c'est-à-dire la probabilité de décéder.

Soit TI'_i le taux de mortalité dans la population française pour la catégorie i

$$TI'_i = \frac{\text{Nombre de décès observés dans la population française}}{\text{Nombre de personnes - années dans la population française}} = \frac{M'_i}{PA'_i}$$

Les taux de mortalité ont été calculés de façon à obtenir une précision maximale dans les estimations.

(4) Décès attendus

Le nombre de décès attendu E dans la population étudiée a été calculé en considérant que la mortalité y était la même que la mortalité-type de la population de référence.

Le nombre de décès attendu pour chaque catégorie i correspond à :

$$E_i = PA_i * TI'_i$$

Avec :

- PA_i : le nombre de personnes-années dans la cohorte étudiée pour la catégorie i ,
- TI'_i : le taux de mortalité dans la population de référence pour la catégorie i .

Le nombre total de décès attendu est égal à la somme des décès attendus de chaque période et de chaque classe d'âge.

(5) Calcul du SMR

Le nombre de décès observé dans la cohorte vétéran est rapporté à celui attendu dans l'hypothèse où sa mortalité serait identique à la mortalité-type (décès attendus).

Le nombre de décès attendu est alors comparé au nombre de décès observé dans la cohorte, noté M.

Le SMR est obtenu en divisant le nombre total de décès observé par le nombre total de décès attendu.

$$SMR = \frac{M}{E}$$

Si le SMR **vaut 1**, la mortalité de la cohorte ne diffère pas de celle de la population de référence. S'il est **inférieur à 1**, la mortalité de la cohorte est plus faible que celle de la population française. S'il est **supérieur à 1**, la mortalité de la cohorte est plus élevée que celle de la population française.

Le test de signification utilisé est celui de Breslow et Day [7]. Il consiste à tester :

$$H_0 : SMR = 1 \text{ versus } H_1 : SMR \neq 1$$

$$\chi^2 = \left(\frac{|M - E| - 1/2}{E} \right)^2$$

La statistique de test est : et suit une loi du Khi2 à 1 degré de liberté.

Lorsque le nombre de décès attendu est petit ($E < 10$), la statistique de test de Samuels et al. [7]

$$\text{est : } \chi^2 = 9M^* \left(1 - \frac{1}{9M^*} - \left(\frac{E}{M^*} \right)^{1/3} \right)^2, \text{ et suit une loi du Khi2 à 1 degré de liberté.}$$

Avec : $M^* = M$ si $M \geq E$ et $M^* = M + 1$ sinon.

Plusieurs expressions ont été proposées pour obtenir un intervalle de confiance (IC) approché du SMR. L'expression retenue est celle de Rothman & Boice [7,8]. Les bornes inférieures et supérieures de l'IC (au risque $1-\alpha$) sont données par :

$$\text{SMR}_{\text{inf}} = \frac{M}{E} \left(1 - \frac{1}{9M} - \frac{Z_{\alpha/2}}{3\sqrt{M}} \right)^3 \quad \text{et} \quad \text{SMR}_{\text{sup}} = \frac{M+1}{E} \left(1 - \frac{1}{9(M+1)} + \frac{Z_{\alpha/2}}{3\sqrt{M+1}} \right)^3$$

Le test n'est **pas significatif** si l'IC comprend la valeur « 1 », et est **significatif** si l'IC ne comprend pas la valeur « 1 ».

Des SMR ont ainsi été calculés en tenant compte de l'âge et de la période pour l'ensemble des décès et pour les différentes causes de décès pour les hommes (cf. annexe 5).

3. Comparaison de ratios standardisés de mortalité

Pour tester l'effet d'une exposition sur la mortalité, il est possible de comparer les taux standardisés (SMR) calculés dans 2 sous-populations ayant des niveaux d'exposition.

Comme pour la standardisation indirecte dans la population totale, des nombres de décès attendus peuvent être comparés dans chaque sous-population d'exposition.

Quand on examine des SMR de différentes sous-populations, il faut avoir en tête que les SMR sont des mesures relatives du risque calculées sur une population de référence externe et qu'ils ne sont pas, par conséquent, strictement comparables.

Pour calculer ces ratios standardisés, on fait l'hypothèse que le nombre de décès observé dans chaque sous-population suit une loi de Poisson. Le ratio des SMR s'interprète comme un **risque relatif** de survenue de décès dans la sous-population exposée par rapport à la sous-population non-exposée.

Ce risque se calcule par la formule suivante :

$$\text{RR} = (M_1 \times E_0) / (M_0 \times E_1)$$

Où M_0 et M_1 sont respectivement les nombres de décès observés chez les non exposés et exposés et E_0 et E_1 les nombres de décès attendus chez les non-exposés et exposés.

Les intervalles de confiance à 95% de ce risque relatif sont estimés à l'aide d'une formule dépendant des nombres de décès observés dans chaque sous-population et du percentile de la loi de Fisher [7].

4. Modèle de régression de Poisson

La régression de Poisson [7] permet de calculer des risques relatifs de mortalité en ajustant sur différents facteurs de risque.

La variable d'intérêt est une variable de comptage comme ici le nombre de décès dans une catégorie de la cohorte définie. Cette variable ne prend que des valeurs entières et positives. La formule théorique à partir de laquelle sont calculées les probabilités de comptage est caractérisée par un seul paramètre noté λ qui correspond à la moyenne théorique d'une distribution de Poisson. Notons que λ correspond également à la variance de cette distribution.

$$\lambda = a + b_1X_1 + \dots + b_kX_k = a + \sum_{i=1}^k b_iX_i,$$

Où X_1, \dots, X_k représentent les variables explicatives et b_1, \dots, b_k les coefficients de régression. On peut transformer cette équation en utilisant la fonction logarithme :

$$\log \lambda = a + b_1X_1 + \dots + b_kX_k$$

Les résultats du modèle de Poisson peuvent être exprimés en terme de risques relatifs $RR = \exp(b)$. L'éventuelle surdispersion du modèle (variance supérieure à la moyenne) est prise en compte par l'ajout d'une variable « offset » au modèle.

Par souci d'homogénéité avec les méthodes précédentes, la modélisation par régression de Poisson a été effectuée chez les vétérans hommes uniquement.

Les **variables d'ajustement** utilisées pour la modélisation sont les suivantes : la dosimétrie (nulle ou non nulle), l'âge atteint, la période, l'appartenance et la région de naissance. L'âge atteint et la période ont été découpés en périodes quinquennales. Ces variables ont été créées selon la méthode des personnes-années évoquées plus haut. La variable dosimétrie a été forcée dans le modèle quelque soit son degré de signification. La stratégie de sélection des variables explicatives pour l'étape multivariée a été effectuée selon une procédure pas-à-pas descendante. C'est-à-dire que les variables non significatives ont été retirées une à une du modèle jusqu'à ce que toutes les variables du modèle soient significatives de façon à obtenir le modèle d'ajustement final. L'existence d'un phénomène de confusion a été vérifiée avant le retrait de chaque variable non significative.

Les événements étudiés ont été choisis en fonction de leur intérêt et d'un effectif suffisant. Il s'agit de la mortalité toute cause, la mortalité par tumeurs et la mortalité par cancer des tissus lymphatiques et hématopoïétiques.

Aide à l'interprétation des risques estimés (SMR ou RR) et de leur intervalle de confiance :

- un SMR plus grand que 1 indique que la mortalité est plus forte dans la population étudiée que dans la population française et un SMR inférieur à 1 indique qu'elle est moins forte.
- un RR plus grand que 1 indique que la mortalité est plus forte dans la sous-population étudiée que dans la sous-population prise en référence et un RR inférieur à 1 indique qu'elle est moins forte.
- L'intervalle de confiance est l'estimation statistique de l'intervalle au sein duquel la valeur réelle du SMR a 95% de chance de se trouver. Si la borne inférieure de l'intervalle de confiance dépasse 1, on peut considérer que la valeur réelle du SMR (RR) est supérieure à 1. Dans ce cas, le SMR (RR) est dit être « significativement augmenté ». A l'opposé, si la borne supérieure de l'intervalle est inférieure à 1, le SMR (RR) est dit être « significativement réduit ».

IV. Résultats

A. Comparaison des vétérans exclus / inclus

Les vétérans « exclus » des analyses statistiques ont été comparés avec les vétérans dont le statut vital est certain et répondant aux contrôles de qualité.

Au total, 5 925 vétérans ont été exclus des analyses statistiques, dont 5 866 hommes (99,0%) et 59 femmes (1,0%). La proportion de femmes chez les vétérans « exclus » est plus forte comparée à la proportion de femmes chez les vétérans « inclus » (0,4%), cette différence est significative ($p < 0,0001$).

Parmi les hommes exclus de la cohorte, 488 vétérans ont porté au moins un dosimètre positif soit 8,3% et 5 378 vétérans ont porté seulement des dosimètres négatifs soit 91,7% des vétérans. Ces proportions ne sont pas différentes ($p = 0,51$) de celles de la cohorte des vétérans retenus pour l'étude (respectivement 8,0 et 92,0%).

Le graphique suivant permet de comparer la répartition des appartenances entre les deux groupes (hommes et femmes confondus).

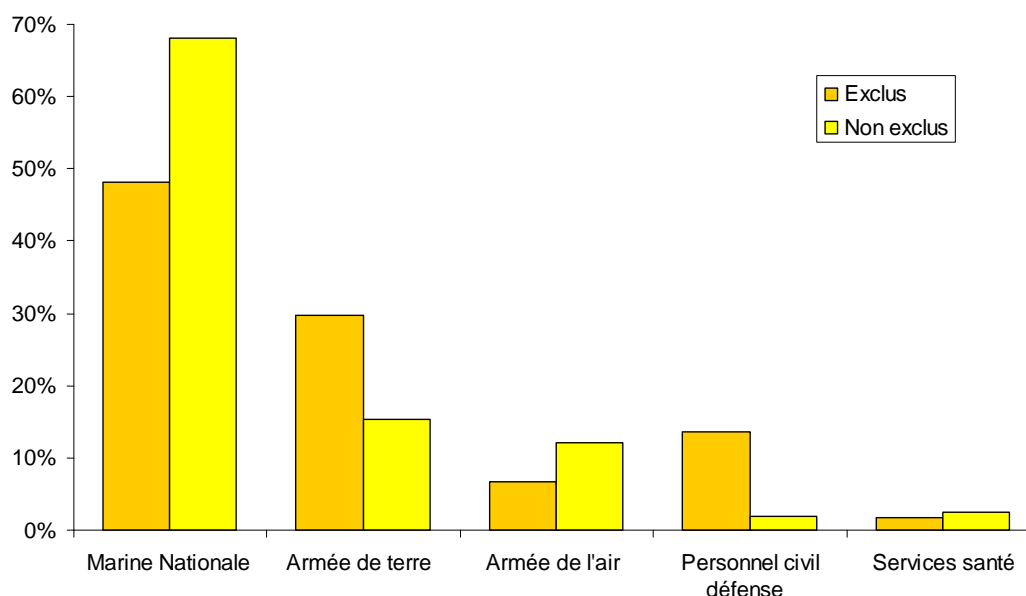


Figure 4 : Comparaison des vétérans « exclus » vs « inclus » selon l'appartenance

La proportion de vétérans exclus est plus importante parmi l'armée de terre et surtout parmi le personnel civil défense et est moins importante dans la marine nationale. Globalement, les

répartitions d'appartenance de ces deux sous-populations sont significativement différentes ($p < 0,0001$).

Le graphique suivant permet de comparer l'année de naissance des vétérans entre les deux groupes (hommes et femmes confondus).

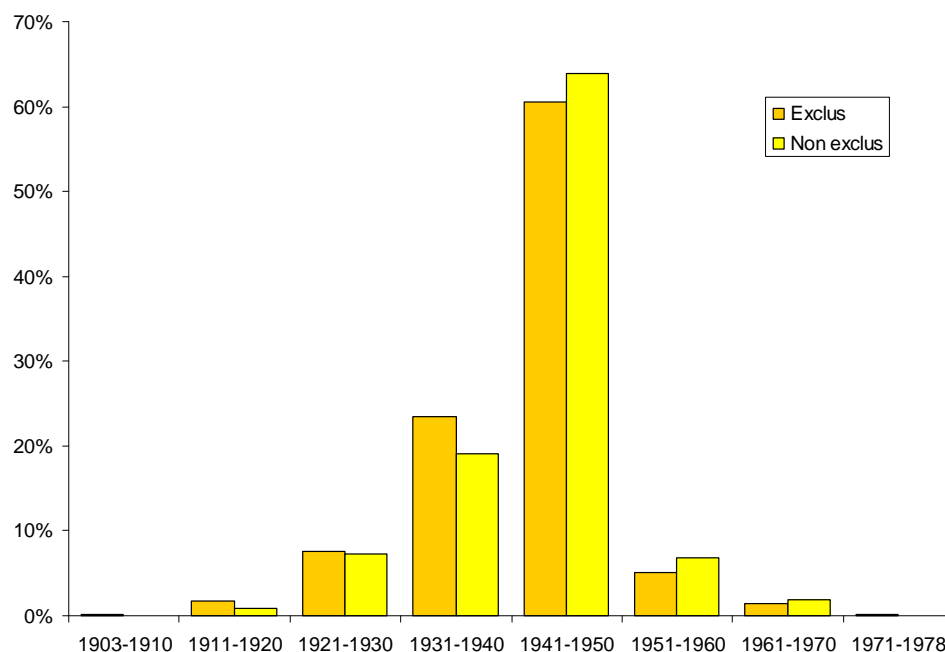


Figure 5 : Comparaison des vétérans « exclus » vs « inclus » selon l'année de naissance

La répartition des vétérans « exclus » et « inclus » selon leur année de naissance semble être globalement assez proche même si on constate une différence de distribution significative ($p < 0,0001$), qui est due à la plus grande proportion d'exclus chez les personnes nées avant 1940.

B. Description de la cohorte

La cohorte est composée de 26 625 vétérans et 993 279 personnes-années. Le délai médian de suivi de la cohorte est de 40 ans (délai moyen de 37 ans). Tous les résultats descriptifs sont présentés pour l'ensemble des vétérans et/ou dans les deux sous-populations de vétérans : ceux ayant eu au moins un dosimètre positif (« dosimètres non nuls ») et ceux dont tous les dosimètres ont été négatifs (« dosimètres nuls »).

1. Répartition par âge, sexe et origine géographique

Le tableau ci-dessous décrit la répartition par âge et sexe des vétérans de la cohorte dans son ensemble et dans les deux sous-populations en fonction des résultats de la dosimétrie.

	Dosimètres nuls	Dosimètres non nuls	Cohorte Vétérán
Sexe (n = 26 625)			
Hommes n(%)	24394 (99,6)	2130 (99,3)	26 524 (99,6)
Femmes n (%)	86 (0,4)	15 (0,7)	101 (0,4)
Age au 31 décembre 2008*			
Homme-Femme (n = 21 117)			
Moyenne \pm écart-type	64,3 \pm 7,2	63,4 \pm 8,6	64,2 \pm 7,3
Médiane [Q1 - Q3]	63 [61 - 67]	63 [60 - 68]	63 [61 - 67]
Min - Max	36 - 98	36 - 88	36 - 98
Homme (n = 21 032)			
Moyenne \pm écart-type	64,3 \pm 7,1	63,5 \pm 8,5	64,2 \pm 7,3
Médiane [Q1 - Q3]	63 [61 - 67]	63 [60 - 68]	63 [61 - 67]
Min - Max	36 - 98	36 - 88	36 - 98
Femme (n = 85)			
Moyenne \pm écart-type	70,1 \pm 10,0	51,9 \pm 7,5	66,9 \pm 11,8
Médiane [Q1 - Q3]	68 [65 - 77]	54 [44 - 59]	66 [62 - 73]
Min - Max	39 - 95	42 - 66	39 - 95

*Calculé pour les vétérans non décédés au 31 décembre 2008

Tableau 1 : Répartition des vétérans selon l'âge et le sexe

L'âge moyen des vétérans hommes encore vivants au 31 décembre 2008 est de 64 ans, contre 67 ans pour les femmes. Chez les hommes, on ne constate pas de différence de répartition par âge et sexe selon les résultats de la dosimétrie. En revanche les femmes ayant une dosimétrie non nulle sont en moyenne plus jeunes que celles présentant une dosimétrie nulle.

99,6% (N = 26 524) des vétérans sont des hommes. De ce fait, la suite de l'analyse portera principalement sur les « hommes » qui sont très largement majoritaires. Les femmes représentent 0,4% de l'effectif (101 vétérans). Les résultats relatifs aux femmes figurent en annexe 6.

La carte ci-dessous décrit la répartition des vétérans en France selon leur région de naissance (département extrait du NIR à 10 chiffres). Les vétérans nés dans les DOM-TOM et à l'étranger ne sont pas représentés sur cette carte, les effectifs pour ces régions sont les suivants : DOM-TOM (600 vétérans) et étranger (1 280 vétérans).

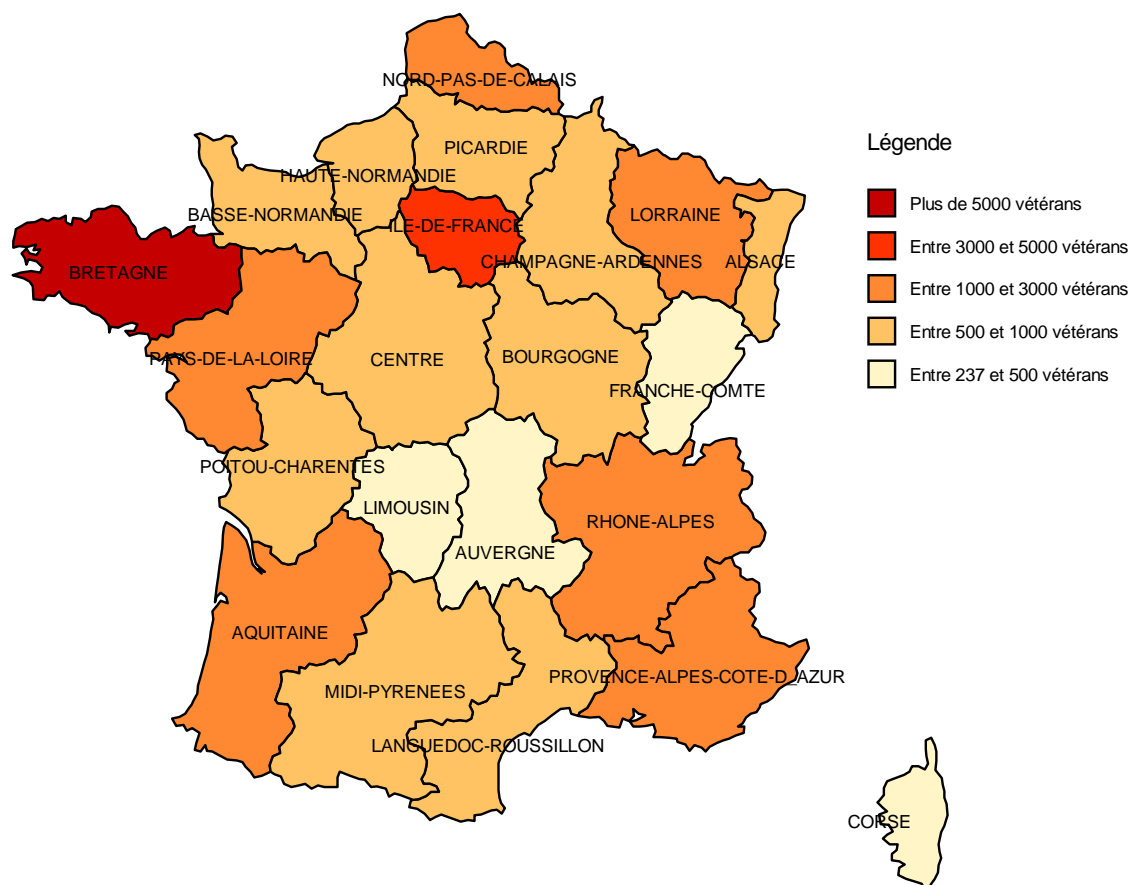


Figure 6 : Répartition des vétérans selon leur région de naissance

5 164 vétérans de la cohorte sont originaires de « Bretagne », 3 277 d'Île-de-France. Ensuite les régions comptant le plus de vétérans sont le Nord-Pas de calais (1 467), la Lorraine (1 369), le Rhône-Alpes (1 380), la Provence-Alpes-Côte-d'Azur (1 358), l'Aquitaine (1 296) et le Pays de la Loire (1 261). Les régions restantes représentent moins de 1000 vétérans par région.

La répartition des vétérans selon les régions françaises, les DOM-TOM et l'étranger est présentée en annexe 7.

La répartition des années de naissance des vétérans hommes est présentée dans le graphique ci-dessous.

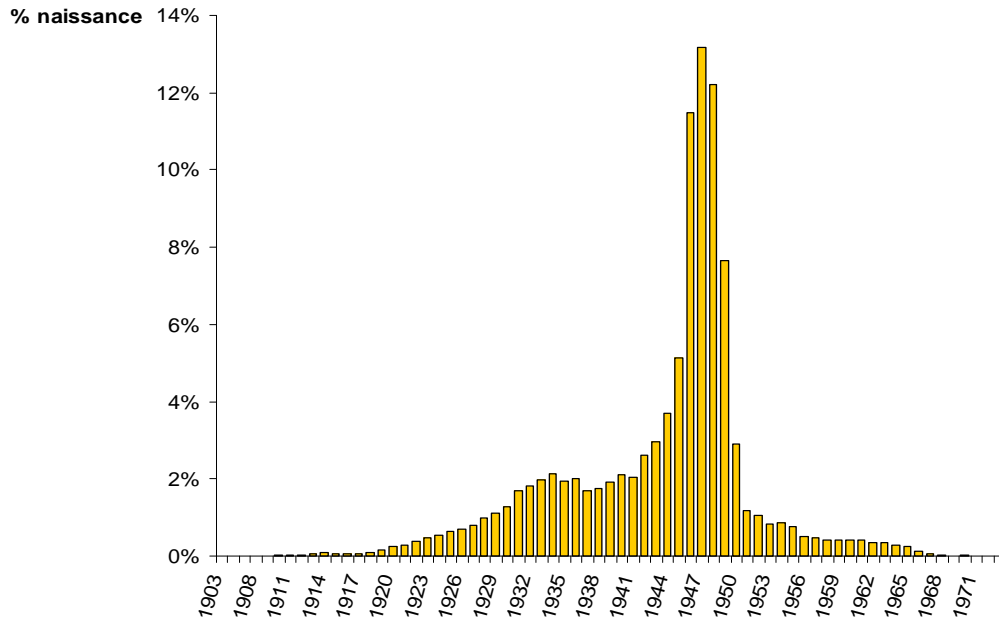


Figure 7 : Répartition de l'année de naissance des vétérans

81,41% des vétérans sont nés pendant la période 1930-1950. L'année 1948 est particulièrement représentée dans cette cohorte, ainsi que les années adjacentes. Les individus de cette cohorte appartiennent pour la majorité à la génération du baby-boom.

2. Répartition selon la date d'entrée dans la cohorte, les résultats de dosimétrie et l'année de décès

Le graphique ci-dessous décrit la répartition de l'année d'entrée dans la cohorte des vétérans « hommes ».

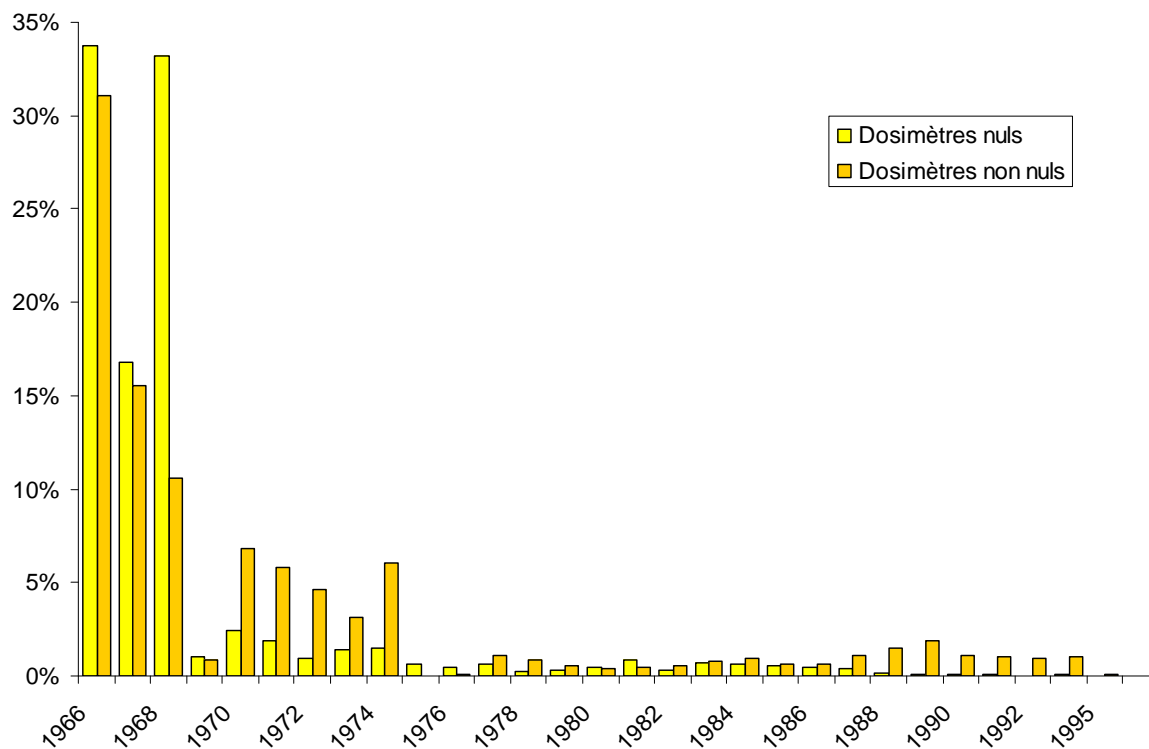


Figure 8 : Répartition de l'année d'entrée dans la cohorte selon les résultats de dosimétrie

Les vétérans sont principalement entrés dans l'étude en 1966 et 1967, puis dans une moindre mesure entre 1971 et 1975. A partir de 1975, les entrées dans la cohorte se font plus rares ; cependant, la proportion de vétérans « dosimètres non nuls » est plus importante pendant la deuxième période.

Le tableau ci-dessous décrit les informations relatives aux dosimètres des vétérans « hommes » de la cohorte selon leur statut vital.

	Vivants	Décédés	Total
Homme n(%)	21032 (100,0)	5492 (100,0)	26524 (100,0)
Dosimètres non nuls n(%)	1 743 (8,3)	387 (7,0)	2 130 (8,0)
Dosimètres nuls n(%)	19 289 (91,7)	5 105 (93,0)	24 394 (92,0)
<i>Dosimètres (nuls et non nuls)</i>			
Moyenne ± écart-type	5,5 ± 5,9	5,6 ± 6,9	5,5 ± 6,1
Médiane [Q1 - Q3]	3 [2 - 7]	3 [2 - 7]	3 [2 - 7]
Min - Max	1 - 243	1 - 258	1 - 258
<i>Dosimètres non nuls</i>			
Moyenne ± écart-type	0,16 ± 0,9	0,12 ± 0,7	0,15 ± 0,9
Médiane [Q1 - Q3]	0 [0 - 0]	0 [0 - 0]	0 [0 - 0]
Min - Max	0 - 40	0 - 24	0 - 40

Tableau 2 : Répartition des dosimètres nuls et non nuls selon le statut vital

8% de l'ensemble des vétérans de la cohorte ont porté au moins un dosimètre positif.

Parmi les 5 492 vétérans décédés, **387 (7%)** ont porté au moins un dosimètre positif et **5 105 (93%)** n'ont présenté que des dosimètres négatifs.

En moyenne, un vétéran a porté entre 5 et 6 dosimètres au cours de sa carrière, dont moins d'un dosimètre positif. Parmi les vétérans ayant porté au moins deux dosimètres au cours de leur carrière, le délai moyen entre l'attribution du premier et du dernier dosimètre est de 9 mois.

Le tableau ci-dessous décrit le nombre de dosimètres non nuls attribués aux vétérans hommes ayant eu au moins un dosimètre non nul pendant leur carrière.

Nombre de dosimètres non nuls	N	%
1	1320	62,0
2	495	23,2
3	141	6,6
4	65	3,1
5-8	75	3,5
9-15	29	1,4
16-25	2	0,1
>25	3	0,1
TOTAL	2130	100

Tableau 3 : Nombre de dosimètres non nuls parmi les vétérans « dosimètres non nuls »

61,6% des vétérans de la sous-population « dosimètres non nuls » ont eu un seul dosimètre non nul pendant leur carrière, mais 15,3% d'entre eux (N=329) en ont porté plus de deux.

Le graphique suivant décrit la répartition des années de décès des vétérans hommes décédés.

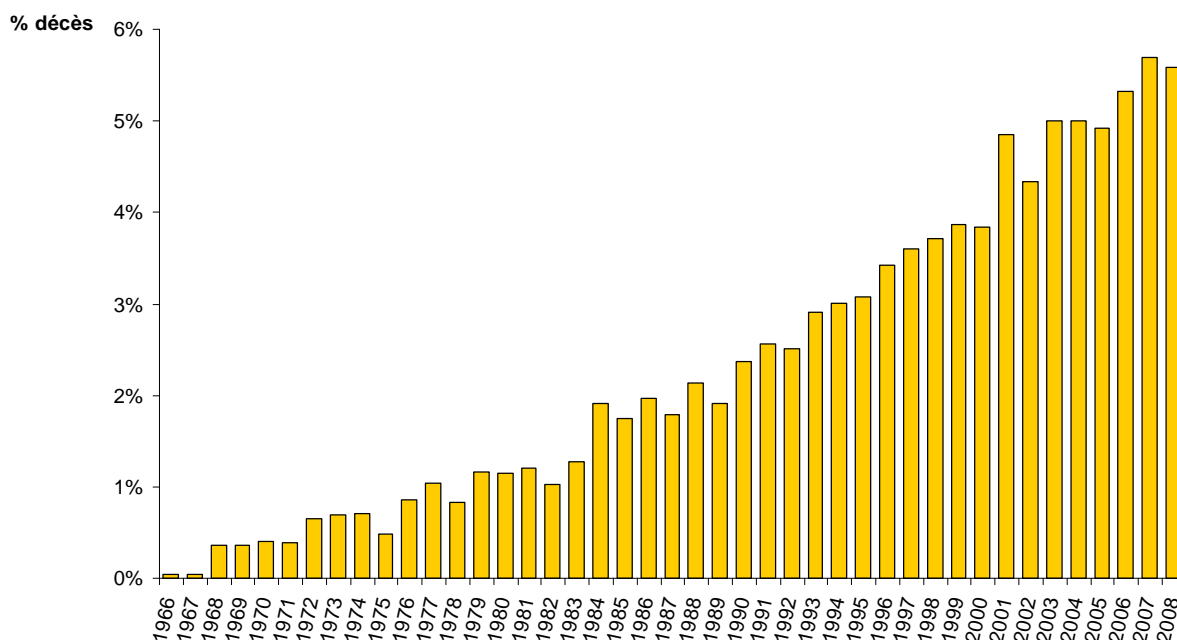


Figure 9 : Répartition de l'année de décès des vétérans

Très peu de vétérans sont décédés dans les premières années de la période d'étude. De façon attendue, au fil des années le nombre de décès augmente. En effet, cette cohorte de vétérans vieillit, 44,68% des vétérans décédés sont décédés après l'an 2000. L'année 2007 est l'année comptabilisant le plus de décès. Le nombre de décès devrait augmenter dans les prochaines années si on en juge par la structure démographique de la cohorte. En effet, beaucoup de vétérans sont issus de la génération baby-boom et sont actuellement âgés d'une soixantaine d'année. Rappelons que l'espérance de vie des hommes en France est actuellement de 77,6 ans.

Il est possible qu'un petit nombre de décès de la fin de l'année 2008 ne soit pas comptabilisé car indisponible dans la base RNIPP. En effet, le délai de transmission au RNIPP peut aller jusqu'à 1 mois et demi.

Le tableau suivant décrit les deux sous-populations de vétérans en fonction de l'âge au décès.

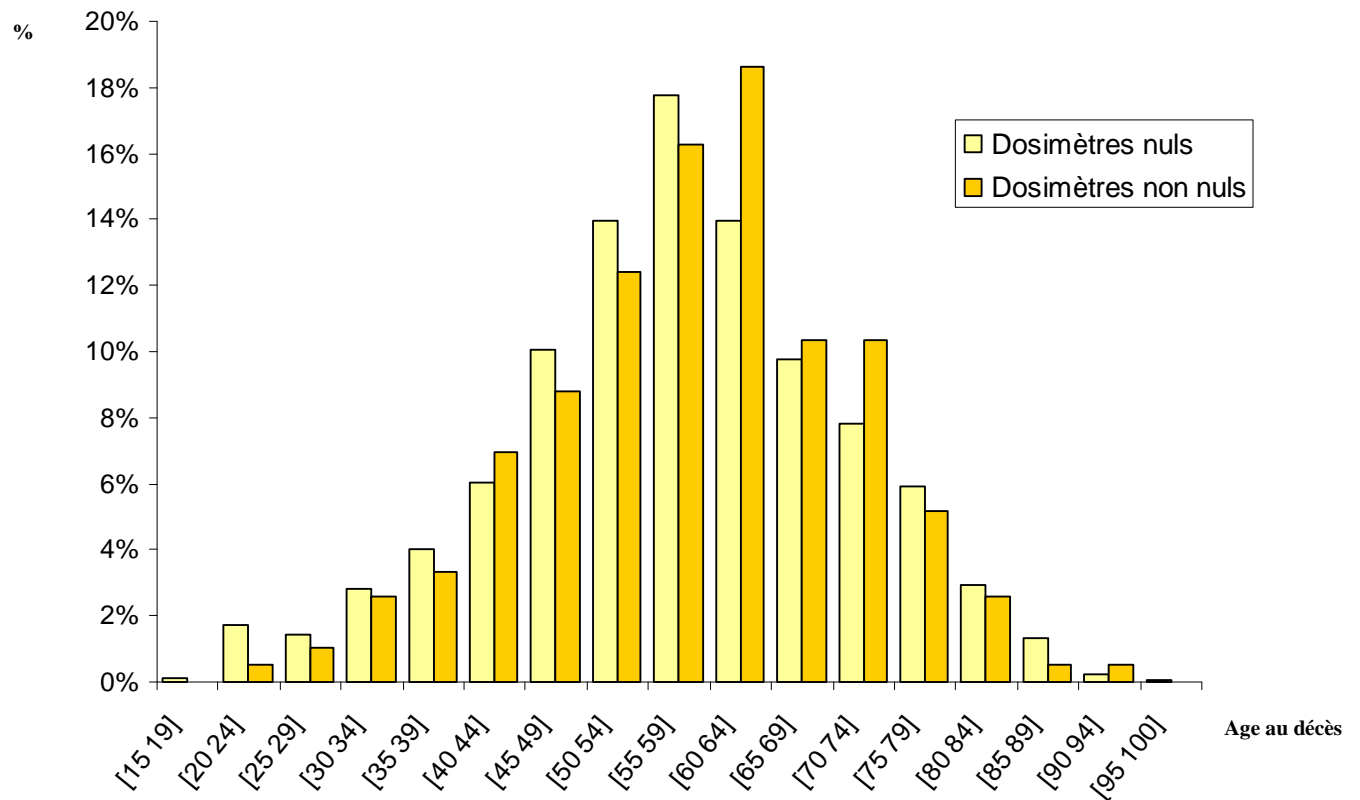


Figure 10 : Répartition de l'âge au décès selon les résultats de dosimétrie

Rappelons que 5 105 décès ont été recensés dans la sous-population « dosimètres nuls » contre 387 dans la sous-population « dosimètres non nuls ».

On constate que la proportion de décès précoces (avant l'âge de 60 ans) est plus importante parmi les vétérans « dosimètres nuls ». En effet, on observe 2 959 (57,97%) décès avant l'âge de 60 ans dans cette sous-population contre 201 (51,94%) chez les vétérans « dosimétrie non nuls », cette différence de proportion est significative ($p = 0,021$). Cette différence ne peut être expliquée par une différence de structures d'âges entre les sous-populations de vétérans (cf. tableau 1).

Le graphique suivant montre la distribution des personnes-années de la cohorte dans le temps.

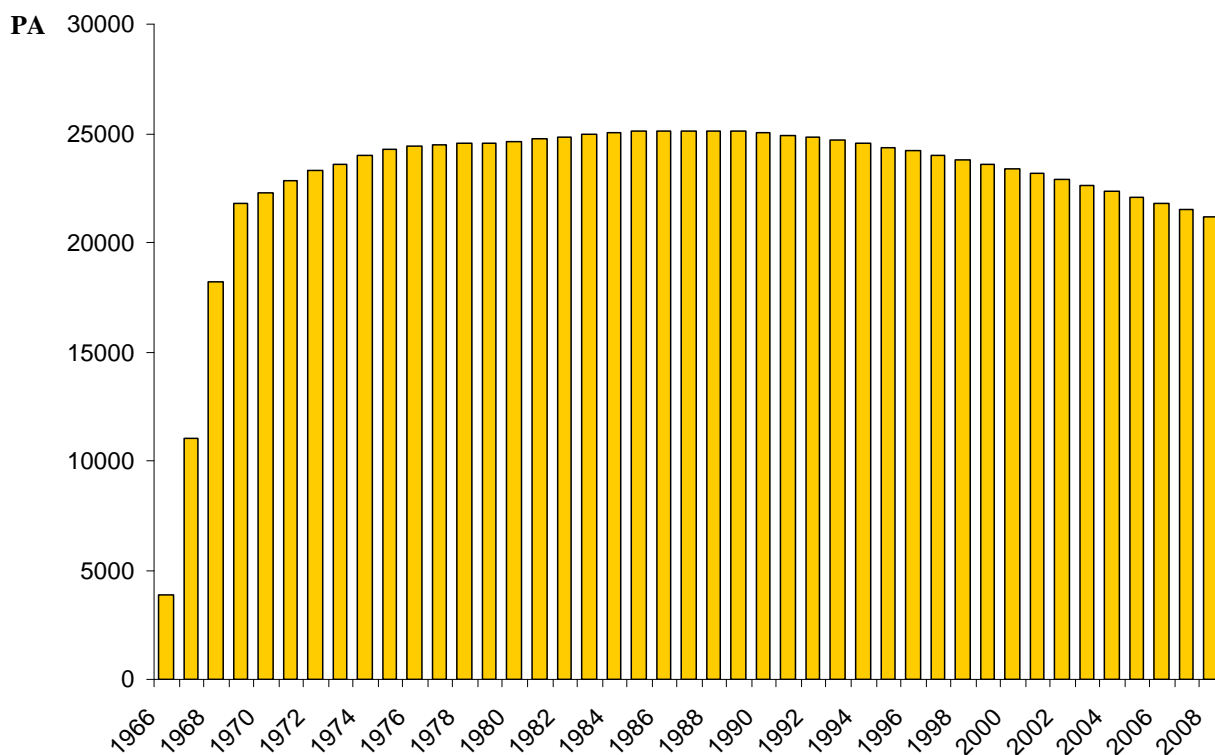


Figure 11 : Distribution des personnes-années de la cohorte dans le temps

En 1966, la cohorte compte environ 3 800 personnes-années. De façon attendue, le nombre de vétérans augmente dès les premières années de l'étude. Entre 1974 et 1989, le nombre de vétérans augmente très légèrement pour atteindre environ 25 000 personnes-années. A partir de 1990, le nombre de vétérans diminue progressivement dû à l'accroissement du nombre des décès. En 2008, la cohorte compte environ 21 200 personnes-années.

3. Répartition par appartenance

Le tableau suivant décrit l'appartenance des vétérans hommes.

Cohorte Vétéran	
Homme (n = 26 524)	
Appartenance	
Marine Nationale n(%)	18 048 (68,04)
Armée de terre n(%)	4 060 (15,31)
Armée de l'air n(%)	3 210 (12,10)
Personnel civil défense n(%)	531 (2,00)
Santé terre n(%)	398 (1,50)
Santé marine n(%)	185 (0,70)
Santé militaire n(%)	46 (0,17)
Santé air n(%)	44 (0,17)
Santé civil défense n(%)	2 (0,01)

Tableau 4 : Répartition des appartenances

La grande majorité (68%) des vétérans appartient à la « Marine Nationale ». Les autres appartiennent essentiellement à l'armée de terre (15%) et l'armée de l'air (12%). Les appartenances les moins fréquentes sont les personnels civil défense et ceux des services de santé qui représentent chacun moins de 2% dans la cohorte.

Le tableau ci-dessous décrit la répartition du nombre de dosimètres attribués selon l'appartenance, ainsi que le nombre moyen de dosimètres par appartenance.

	Nombre dosimètres attribués	Moyenne ± écart-type (min - max)
Homme (n = 145 025)		
Appartenance		
Marine Nationale n(%)	92537 (63,8)	5,1 ± 4,4 (1 - 99)
Armée de terre n(%)	21045 (14,5)	5,2 ± 5,0 (1 - 67)
Armée de l'air n(%)	17795 (12,3)	5,5 ± 5,8 (1 - 129)
Santé terre n(%)	5594 (3,9)	14,1 ± 11,1 (1 - 89)
Personnel civil défense n(%)	3579 (2,5)	6,7 ± 22,4 (1 - 258)
Santé marine n(%)	2430 (1,7)	13,1 ± 8,7 (1 - 46)
Santé militaire n(%)	1393 (1,0)	30,3 ± 15,8 (3 - 89)
Santé air n(%)	614 (0,4)	14,0 ± 7,8 (1 - 26)
Santé civil défense n(%)	38 (0,0)	19,0 ± 7,1 (14 - 24)

Tableau 5 : Nombre de dosimètres attribués selon l'appartenance

Les dosimètres ont principalement été attribués aux vétérans de la « marine nationale », de l'« armée de terre » et de l'« armée de l'air » pour environ 90% d'entre eux. Mais ce sont les vétérans des « services de santé » qui ont eu le plus de dosimètres attribués durant la période d'étude. Rappelons que ces dosimètres étaient attribués dans le cadre d'activités de radiologie médicale [1].

Le graphique suivant montre la répartition des deux sous-populations selon l'appartenance.

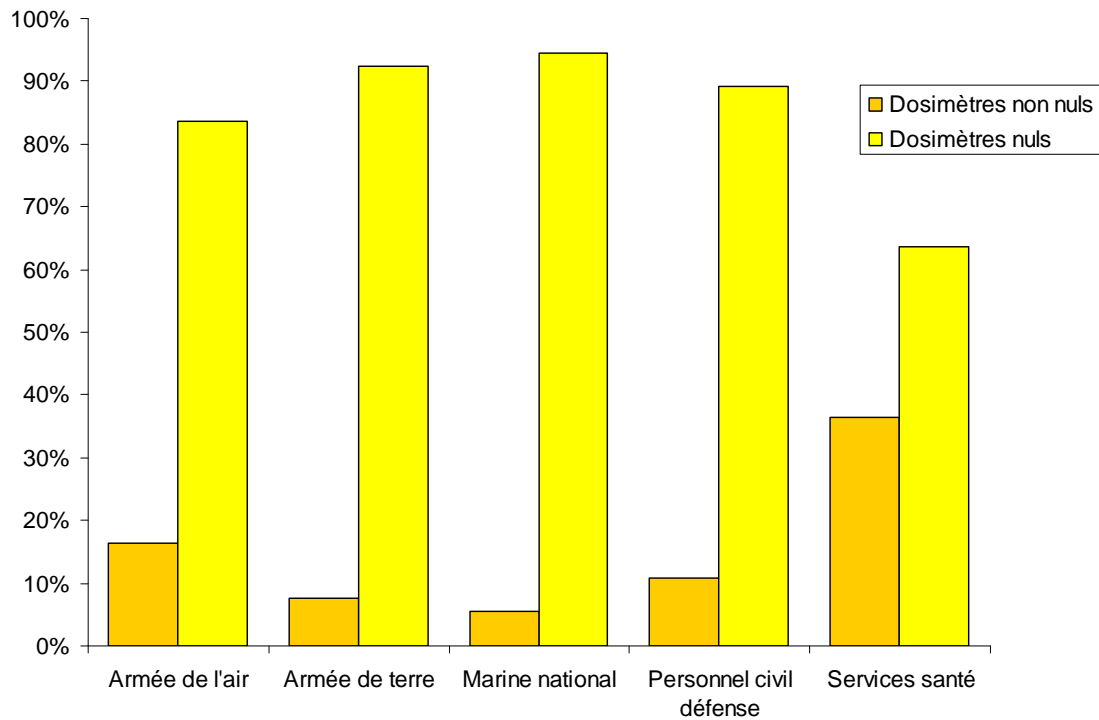


Figure 12 : Répartition des deux sous-populations selon l'appartenance

La proportion de dosimètres négatifs parmi les vétérans des services de santé est la plus importante avec 36%. Cette proportion est de 16% pour les vétérans appartenant à l'armée de l'air. Pour les autres appartenances, cette proportion varie entre 5% et 10%.

La distribution de l'âge au décès selon l'appartenance des vétérans hommes de la cohorte est présentée en annexe 8.

C. Description des causes de décès

La description des causes de décès chez les femmes, non incluses dans les analyses principales du fait de leur faible effectif, est présentée en annexe 6.

Au total, **5 316** causes de décès sont disponibles parmi les 5 492 décès survenus chez les hommes de la cohorte, soit 96,8%. Le pourcentage de causes manquantes est donc de 3,2%. La distribution des causes de décès manquantes par année est présentée en annexe 9. Le pourcentage de données manquantes n'est pas différent en fonction des années.

Le tableau suivant décrit les grandes causes de décès.

Causes de décès	Dosimètre		Total
	Nuls	Non nuls	
	n (%)	n (%)	n (%)
Maladies infectieuses et parasitaires	67 (1,35)	9 (2,47)	76 (1,43)
Tumeurs	2 163 (43,69)	158 (43,29)	2 321 (43,67)
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques	13 (0,26)	2 (0,55)	15 (0,28)
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	84 (1,70)	8 (2,19)	92 (1,73)
Troubles mentaux et du comportement	113 (2,28)	4 (1,10)	117 (2,20)
Maladies du système nerveux et des organes des sens	108 (2,18)	6 (1,64)	114 (2,14)
Maladies de l'appareil circulatoire	943 (19,05)	80 (21,92)	1 023 (19,24)
Maladies de l'appareil respiratoire	149 (3,01)	9 (2,47)	158 (2,97)
Maladies de l'appareil digestif	304 (6,14)	25 (6,85)	329 (6,19)
Infections de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	4 (0,08)	0 (0,00)	4 (0,08)
Maladies du système ostéo-articulaire, des muscles et du tissu conjonctif	11 (0,22)	0 (0,00)	11 (0,21)
Maladies de l'appareil génito-urinaire	21 (0,42)	0 (0,00)	21 (0,40)
Symptômes et états morbides mal définis	246 (4,97)	17 (4,66)	263 (4,95)
Causes externes de blessures et d'empoisonnements	725 (14,64)	47 (12,88)	772 (14,52)
Total	4 951 (100,00)	365 (100,00)	5 316 (100,00)

Tableau 6 : Grandes causes de décès

Parmi les vétérans « hommes » de la cohorte, près de 44% sont décédés de **tumeurs** (bénignes ou malignes). La deuxième cause de décès est représentée par les **maladies de l'appareil circulatoire** avec un pourcentage proche de 19%. Viennent ensuite les causes externes (blessures et empoisonnements) qui représentent plus de 14% des décès. Les autres grandes causes sont moins fréquentes. Environ 6% des vétérans sont décédés de **maladies de l'appareil digestif** et 0,4% de **maladies de l'appareil génito-urinaire**.

Le tableau suivant décrit les différentes causes de décès par tumeurs malignes.

Causes de décès	Dosimètre		Total
	Nuls (%*)	Non nuls (%*)	
Tumeurs Malignes	2 106 (42,54)	155 (42,46)	2 261 (42,53)
Digestif			
Tumeurs malignes de l'oesophage	117 (2,36)	6 (1,64)	123 (2,31)
Tumeurs malignes de l'estomac	45 (0,91)	0 (0,00)	45 (0,85)
Tumeurs malignes du côlon	113 (2,28)	6 (1,64)	119 (2,24)
Tumeurs malignes du rectum et de l'anus	33 (0,67)	2 (0,55)	35 (0,66)
Tumeurs malignes du foie et des voies biliaires intrahépatiques	99 (2,00)	8 (2,19)	107 (2,01)
Tumeurs malignes du pancréas	89 (1,80)	5 (1,37)	94 (1,77)
Autres digestifs	35 (0,71)	4 (1,10)	39 (0,73)
Respiratoire			
Tumeurs malignes du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	686 (13,86)	55 (15,07)	741 (14,0)
Mésothéliomes pleuraux + cancers de la plèvre	29 (0,59)	2 (0,55)	31 (0,58)
Autres respiratoires	67 (1,35)	2 (0,55)	69 (1,30)
Peau			
Mélanomes malins de la peau	23 (0,46)	1 (0,27)	24 (0,45)
Autres cancers de la peau	2 (0,04)	0 (0,00)	2 (0,04)
Génito-urinaire			
Tumeurs malignes de la prostate	93 (1,88)	6 (1,64)	99 (1,86)
Tumeurs malignes du rein	46 (0,93)	4 (1,10)	50 (0,94)
Tumeurs malignes de la vessie	59 (1,20)	5 (1,37)	64 (1,20)
Autres genito-urinaire	8 (0,16)	2 (0,55)	10 (0,19)
Tumeurs malignes de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	178 (3,60)	5 (1,37)	183 (3,44)
Tumeurs maligne du sein	3 (0,06)	0 (0,00)	3 (0,06)
Cancers thyroïdes	7 (0,14)	0 (0,00)	7 (0,13)
Cancers système nerveux central	51 (1,03)	5 (1,37)	56 (1,05)
Cancer os	9 (0,18)	2 (0,55)	11 (0,21)
Cancers sièges multiples indépendants	21 (0,42)	0 (0,00)	21 (0,40)
Autres localisations	16 (0,32)	3 (0,82)	19 (0,36)
Tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	108 (2,18)	15 (4,11)	123 (2,31)
Tumeurs bénignes évolutions indéterminées	57 (1,15)	3 (0,82)	60 (1,13)
Total	2 163 (43,69)	158 (43,29)	2 321 (43,67)

* "%" est le taux de mortalité proportionnel : n / total dosi - (4 951) ou n / total dosi + (365) ou n / total dosi (5 316)

Tableau 7 : Causes de décès : tumeurs

Les décès par tumeur maligne sont au nombre de 2 261, ceux par tumeur bénigne et indéterminée de 60.

Parmi les décès par tumeurs malignes, ceux par tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon sont les plus fréquents au sein de la cohorte avec 741 cas (32% des tumeurs et 14% de la totalité des décès). Les décès par tumeurs de sièges mal définis, secondaires ou mal

précisés viennent en second plan (8% des décès par tumeurs), puis les tumeurs malignes de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx (8% des décès par tumeurs). Les décès par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques sont au nombre de 123 cas sur 2 321, soit environ 5% des tumeurs, ce chiffre est similaire pour les tumeurs de l'œsophage. La cohorte comptabilise 119 cas de décès par tumeurs malignes du côlon, soit environ 5% des tumeurs également. Les décès pour les autres types de tumeurs potentiellement radio-induites représentent une faible proportion de l'ensemble des causes de décès par tumeurs.

Le tableau suivant présente le détail des différentes causes de décès par tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques.

Causes de décès	Dosimètre		Total (%*)
	Nuls (%*)	Non nuls (%*)	
Leucémies hors LLC	46 (0,93)	5 (1,37)	51 (0,96)
Lymphomes non hodgkinien	36 (0,73)	6 (1,64)	42 (0,79)
Myélomes multiples	17 (0,34)	4 (1,10)	21 (0,40)
Maladies de hodgkin	7 (0,14)	0 (0,00)	7 (0,13)
Sarcomes reticulaires	1 (0,02)	0 (0,00)	1 (0,02)
Waldenström	1 (0,02)	0 (0,00)	1 (0,02)
Total	108 (2,18)	15 (4,11)	123 (2,31)

* "%" est le taux de mortalité proportionnel : $n / \text{total dosi} - (4\ 951)$ ou $n / \text{total dosi} + (365)$ ou $n / \text{total dosi} (5\ 316)$

Tableau 8 : Causes de décès : tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques

Les décès par tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques sont principalement des leucémies, lymphomes et myélomes. Les leucémies représentent près de la moitié de ces tumeurs. Aucun cas de décès par leucémie lymphoïde chronique (LLC) n'a été recensé dans la cohorte.

Le détail des causes de décès pour le groupe des tumeurs malignes du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon est décrit ci-dessous.

Causes de décès	Dosimètre		Total
	Nuls	Non nuls	
	(%*)	(%*)	(%*)
Bronches poumons	615 (12,42)	52 (14,25)	667 (12,55)
Larynx	71 (1,43)	3 (0,82)	74 (1,40)
Total	686 (13,86)	55 (15,07)	741 (13,94)

* "%" est le taux de mortalité proportionnel : $n / \text{total dosi} - (4\ 951)$ ou $n / \text{total dosi} + (365)$ ou $n / \text{total dosi} (5\ 316)$

Tableau 9 : Causes de décès : tumeurs malignes du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon

Les tumeurs des bronches et du poumon sont les plus fréquentes.

Le tableau suivant décrit les décès pour les différents types de maladies de l'appareil circulatoire (hors tumeurs malignes).

Causes de décès	Dosimètre		Total
	Nuls	Non nuls	
	(%*)	(%*)	(%*)
Cardiopathies ischémiques	398 (8,04)	27 (7,40)	425 (8,00)
Autres cardiopathies	205 (4,14)	20 (5,48)	225 (4,23)
Maladies cérébrovasculaires	170 (3,43)	16 (4,38)	186 (3,50)
Hypertensions artérielles	23 (0,46)	2 (0,55)	25 (0,47)
Autres maladies de l'appareil circulatoire	147 (2,97)	15 (4,11)	162 (3,05)
Total	943 (19,05)	80 (21,92)	1 023 (19,24)

* "%" est le taux de mortalité proportionnel : $n / \text{total dosi} - (4\ 951)$ ou $n / \text{total dosi} + (365)$ ou $n / \text{total dosi} (5\ 316)$

Tableau 10 : Causes de décès : maladies de l'appareil circulatoire

Les décès par maladies de l'appareil circulatoire sont en premier lieu des décès par cardiopathies ischémiques, puis par d'autres cardiopathies, par maladies cérébrovasculaires et par d'autres maladies de l'appareil circulatoire.

Le tableau suivant décrit les décès pour les différentes maladies de l'appareil digestif (hors tumeurs malignes).

Causes de décès	Dosimètre		Total
	Nuls	Non nuls	
	(%*)	(%*)	(%*)
Ulcères gastro-duodénaux	6 (0,12)	0 (0,00)	6 (0,11)
Maladies chroniques du foie	205 (4,14)	17 (4,66)	222 (4,18)
Autres maladies de l'appareil digestif	93 (1,88)	8 (2,19)	101 (1,90)
Total	304 (6,14)	25 (6,85)	329 (6,19)

* "%" est le taux de mortalité proportionnel : n / total dosi - (4 951) ou n / total dosi + (365) ou n / total dosi (5 316)

Tableau 11 : Causes de décès : maladies de l'appareil digestif

Les décès par maladies chroniques du foie représentent 222 cas sur 329, soit environ 67% des décès parmi les décès par maladies de l'appareil digestif.

Le tableau suivant décrit les décès pour les différentes maladies chroniques du foie.

Causes de décès	Dosimètre		Total
	Nuls	Non nuls	
	(%*)	(%*)	(%*)
Cirrhoses alcooliques	134 (2,71)	11 (3,01)	145 (2,73)
Cirrhoses sans mention d'alcool	64 (1,29)	3 (0,82)	67 (1,26)
Hépatites alcooliques	4 (0,08)	2 (0,55)	6 (0,11)
Autres hépatites chroniques	3 (0,06)	1 (0,27)	4 (0,08)
Total	205 (4,14)	17 (4,66)	222 (4,18)

* "%" est le taux de mortalité proportionnel : n / total dosi - (4 951) ou n / total dosi + (365) ou n / total dosi (5 316)

Tableau 12 : Maladies chroniques du foie

Parmi les décès par maladies chroniques du foie, les cirrhoses liées à la consommation d'alcool sont la cause la plus fréquente.

Le tableau suivant décrit les décès pour les différents types de maladies de l'appareil génito-urinaire (hors tumeurs malignes).

Causes de décès	Dosimètre		Total
	Nuls	Non nuls	
	(%*)	(%*)	(%*)
Maladies du rein et de l'uretère	18 (0,36)	0 (0,00)	18 (0,34)
Autres maladies génito-urinaire	3 (0,06)	0 (0,00)	3 (0,06)
Total	21 (0,42)	0 (0,00)	21 (0,40)

* "%" est le taux de mortalité proportionnel : $n / \text{total dosi} - (4\ 951)$ ou $n / \text{total dosi} + (365)$ ou $n / \text{total dosi} (5\ 316)$

Tableau 13 : Causes de décès : maladies de l'appareil génito-urinaire

Les décès par maladies de l'appareil génito-urinaire sont rares. Environ, 86% de ces décès sont des décès par maladies du rein et de l'uretère, parmi lesquels aucun cas de décès par calcul rénal n'a été recensé.

Les causes de décès ont également été décrites par période (1966-1969 ; 1970-1979 ; 1980-1989 ; 1990-1999 ; 2000-2008) et par tranche d'âge (15-39 ; 40-59 ; 60-79 ; 80 ans et plus). Ces résultats sont présentés en annexes 10 et 11.

D. Comparaison de la mortalité de la cohorte des vétérans à celle de la population française

1. Toutes causes de décès

a) Global

Le tableau ci-dessous présente le résultat de la standardisation indirecte des décès toutes causes.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Toutes causes	5 477	6 630,05	0,826	0,80 - 0,85

Tableau 14 : SMR « toutes causes de décès » pour la période 1966 – 2008 (cohorte vs population française)

Rappelons qu'un SMR plus grand que 1 indique que la mortalité est plus forte dans la population étudiée que dans la population française et un SMR inférieur à 1 indique qu'elle est moins forte. L'intervalle de confiance est l'estimation statistique de l'intervalle au sein duquel la valeur réelle du SMR a 95% de chance de se trouver. Si la borne inférieure de l'intervalle de confiance dépasse 1, on peut considérer que la valeur réelle du SMR est supérieure à 1. Dans ce cas le SMR est dit être « significativement augmenté ». A l'opposé, si la borne supérieure de l'intervalle est inférieure à 1, le SMR est dit être « significativement réduit ».

Pour les décès toutes causes, le SMR est de 0,83, ce qui veut dire qu'une sous-mortalité significative de 17% est observée chez les vétérans « hommes » par rapport à la population française.

(1) Par période

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la standardisation indirecte des décès toutes causes selon la période.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Toutes causes confondues				
1966 - 1969	44	111,97	0,393	0,29 - 0,53
1970 - 1979	397	623,22	0,637	0,58 - 0,70
1980 - 1989	884	1 131,16	0,781	0,73 - 0,83
1990 - 1999	1 705	1 997,67	0,853	0,81 - 0,89
2000 - 2008	2 447	2 766,04	0,885	0,85 - 0,92

Tableau 15 : SMR « toutes causes de décès » selon la période (cohorte vs population française)

La sous-mortalité la plus importante (d'environ 60%) chez les vétérans par rapport à la population française est observée durant la période 1966 – 1969. Au fil des années, la sous-mortalité diminue pour atteindre 12% pendant la période 2000 – 2008.

(2) Par tranche d'âge

Le tableau ci-dessous présente le résultat de la standardisation indirecte des décès toutes causes selon l'âge au décès.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Toutes causes confondues				
15 - 39 ans	548	712,95	0,769	0,71 - 0,84
40 - 59 ans	2 616	3 027,36	0,864	0,83 - 0,90
60 - 79 ans	2 073	2 569,77	0,807	0,77 - 0,84
Plus de 80 ans	240	319,98	0,750	0,66 - 0,85

Tableau 16 : SMR « toutes causes de décès » selon l'âge (cohorte vs population française)

La sous-mortalité de la cohorte des vétérans par rapport à la population française est relativement homogène entre les différentes tranches d'âge.

2. Par cause de décès

a) Global

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la standardisation indirecte selon les grandes causes de décès du classement de l'Eurostat.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Maladies infectieuses et parasitaires	76	130,22	0,584	0,46 - 0,73
Tumeurs	2 321	2 528,04	0,918	0,88 - 0,96
<i>Tumeurs malignes</i>	2 261	2 464,32	0,917	0,88 - 0,96
Maladies du sang et des organes hématopoiétiques	15	19,83	0,756	0,42 - 1,25
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	92	126,28	0,729	0,59 - 0,89
Troubles mentaux et du comportement	117	155,31	0,753	0,62 - 0,90
Maladies du système nerveux et des organes des sens	114	148,9	0,766	0,63 - 0,92
Maladies de l'appareil circulatoire	1 023	1 349,48	0,758	0,71 - 0,81
Maladies de l'appareil respiratoire	158	264,42	0,598	0,51 - 0,70
Maladies de l'appareil digestif	329	458,36	0,718	0,64 - 0,80
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	4	5,94	0,674	0,18 - 1,72
Maladies du système ostéo-articulaire	11	17,86	0,616	0,31 - 1,10
Maladies de l'appareil génito-urinaire	21	49,54	0,424	0,26 - 0,65
Symptômes et états morbides mal définis	263	347,19	0,758	0,67 - 0,85
Causes externes	772	1 007,71	0,766	0,71 - 0,82

**Tableau 17 : SMR « grandes causes de décès » pour la période 1966 – 2008
(cohorte vs population française)**

Comme pour l'ensemble des décès, les SMR sont tous inférieurs à 1 et vont dans le sens d'une sous-mortalité de la cohorte des vétérans par rapport à la population française.

Les SMR des deux premières grandes causes (tumeurs et tumeurs malignes) sont les plus proches de 1, c'est-à-dire que la sous-mortalité est plus faible que celle pour les autres grandes causes de décès.

On observe une sous-mortalité significative de 24% pour les maladies de l'appareil circulatoire chez les vétérans par rapport à la population française. Le SMR des maladies de l'appareil digestif est de 0,718, soit une sous-mortalité de 28% pour ces maladies chez les vétérans par rapport à la population française.

Dans ce tableau, seuls trois SMR ne sont pas significativement diminués, ceci s'explique vraisemblablement par un manque de puissance statistique puisque les effectifs des décès concernés sont réduits.

Le tableau suivant présente les SMR pour les différents types de tumeurs malignes.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Tumeurs	2 321	2 528,04	0,918	0,88 - 0,96
Tumeurs malignes	2 261	2 464,32	0,917	0,88 - 0,96
	Digestif			
Tumeurs de l'œsophage	123	138,45	0,888	0,74 - 1,06
Tumeurs de l'estomac	45	83,76	0,537	0,39 - 0,72
Tumeurs du côlon	119	133,85	0,889	0,74 - 1,06
Tumeurs du rectum et de l'anus	35	56,17	0,623	0,43 - 0,87
Tumeurs du foie et des voies biliaires intrahépatiques	107	140,74	0,760	0,62 - 0,92
Tumeurs du pancréas	94	104,98	0,895	0,72 - 1,10
	Respiratoire			
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	741	775,76	0,955	0,89 - 1,03
Tumeurs des bronches et du poumon	667	687,17	0,971	0,90 - 1,05
Tumeurs du larynx	74	88,59	0,835	0,66 - 1,05
Mésothéliomes + cancers de la plèvre	31	18,32	1,692	1,15 - 2,40
	Peau			
Mélanomes de la peau	24	23,33	1,029	0,66 - 1,53
	Génito-urinaire			
Tumeurs de la prostate	99	109,01	0,908	0,74 - 1,11
Tumeurs du rein	50	51,41	0,973	0,72 - 1,28
Tumeurs de la vessie	64	68,53	0,934	0,72 - 1,19
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	183	188,20	0,972	0,84 - 1,12
Tumeurs du sein	3	4,33	0,693	0,14 - 2,02
Cancers de la thyroïde	7	5,00	1,401	0,56 - 2,89
Cancers du système nerveux central	56	57,52	0,974	0,74 - 1,26
Cancers des os	11	13,50	0,810	0,41 - 1,46
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	123	159,28	0,772	0,64 - 0,92
Leucémies hors LLC	51	57,10	0,893	0,67 - 1,17
Myélomes multiples	21	23,15	0,907	0,56 - 1,39
Lymphomes non hodgkinien	42	49,54	0,848	0,61 - 1,15

**Tableau 18 : SMR « tumeurs malignes » pour la période 1966 – 2008
(cohorte vs population française)**

Le SMR des tumeurs malignes indique une sous-mortalité significative de 8% chez les vétérans par rapport à la population française.

Le SMR « mésothéliomes + cancers de la plèvre » est le seul significatif révélant une sur-mortalité de 69% chez les vétérans par rapport à la population française. Les SMR « cancers de la thyroïde » (7 cas) et « mélanomes de la peau » (24 cas) vont également dans le sens d'une sur-mortalité (respectivement de 40% et 3%), mais ne sont pas significatifs.

Les SMR des autres tumeurs malignes témoignent en revanche d'une sous-mortalité des vétérans par rapport à la population française de manière significative pour les « tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques » (SMR = 0,772), les « tumeurs du foie et des voies biliaires intrahépatiques » (SMR = 0,760), les « tumeurs du rectum et de l'anus » (SMR = 0,623) et les « tumeurs de l'estomac » (SMR = 0,537).

Le tableau suivant présente les SMR pour les différents types de maladies de l'appareil circulatoire.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Maladies appareil circulatoire	1 023	1 349,48	0,758	0,71 - 0,81
Cardiopathies ischémiques	425	535,39	0,794	0,72 - 0,87
Autres cardiopathies	225	291,26	0,773	0,67 - 0,88
Maladies cérébrovasculaires	186	270,33	0,688	0,59 - 0,79
Hypertensions artérielles	25	45,22	0,553	0,36 - 0,82

**Tableau 19 : SMR « maladies de l'appareil circulatoire » pour la période 1966 – 2008
(cohorte vs population française)**

Les SMR des maladies de l'appareil circulatoire sont significatifs et témoignent d'une sous-mortalité pour ces causes chez les vétérans par rapport à la population française.

Le tableau suivant présente les SMR pour les différents types de maladies de l'appareil digestif.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Maladies appareil digestif	329	458,36	0,718	0,64 - 0,80
Maladies chroniques du foie	222	329,93	0,673	0,59 - 0,77

**Tableau 20 : SMR « maladies de l'appareil digestif » pour la période 1966 – 2008
(cohorte vs population française)**

Le SMR des maladies chroniques du foie va dans le sens d'une sous-mortalité significative de 33% chez les vétérans par rapport à la population française.

Les SMR pour les « grandes causes de décès » par période sont présentées en annexe 10 et par tranche d'âge en annexe 11.

E. Comparaison de la mortalité à l'intérieur de la cohorte selon les résultats de dosimétrie

1. Ratios standardisés

a) Toutes causes de décès

Le tableau ci-dessous présente le résultat de la comparaison des ratios standardisés des décès toutes causes.

	SMR dosimètres nuls	SMR dosimètres non nuls	RR	IC 95%
Toutes causes	0,83	0,75	0,895	0,80 - 0,99

Tableau 21 : Ratios standardisés « toutes causes de décès » pour la période 1966 – 2008

Une sous-mortalité significative de 10,5% est observée chez les vétérans « dosimètres non nuls » comparés aux vétérans « dosimètres nuls ».

b) Par cause de décès

Le tableau ci-dessous présente le résultat de la comparaison des ratios standardisés pour les « grandes causes » de décès.

	SMR dosimètres nuls	SMR dosimètres non nuls	RR	IC 95%
Maladies infectieuses et parasitaires	0,56	0,87	1,563	0,68 - 3,15
Tumeurs	0,93	0,79	0,850	0,72 - 1,00
Maladies du sang et des organes hématopoiétiques	0,71	1,31	1,846	0,20 - 8,15
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	0,72	0,81	1,122	0,47 - 2,31
Troubles mentaux et du comportement	0,79	0,33	0,418	0,11 - 1,10
Maladies du système nerveux et des organes des sens	0,78	0,52	0,662	0,24 - 1,49
Maladies de l'appareil circulatoire	0,76	0,77	1,014	0,80 - 1,28
Maladies de l'appareil respiratoire	0,61	0,45	0,729	0,33 - 1,42
Maladies de l'appareil digestif	0,72	0,70	0,966	0,62 - 1,45
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	0,73	-	-	-
Maladies du système ostéo-articulaire	0,67	-	-	-
Maladies de l'appareil génito-urinaire	0,46	-	-	-
Symptômes et états morbides mal définis	0,77	0,63	0,824	0,47 - 1,35
Causes externes	0,78	0,62	0,793	0,58 - 1,07

Tableau 22 : Ratios standardisés « grandes causes » pour la période 1966 – 2008

On observe une sous-mortalité significative de 15 % pour les décès par tumeur dans le groupe des vétérans « dosimètres non nuls » par rapport aux vétérans « dosimètres nuls ». Aucun autre risque relatif n'atteint le seuil de signification.

Quatre risques relatifs sont supérieurs à 1, mais non significatifs : celui des décès par maladies du sang et des organes hématopoïétiques (1,846), par maladies infectieuses et parasitaires (1,563), par maladies endocriniennes nutritionnelles et métaboliques (1,122) et par maladies de l'appareil circulatoire (1,014).

Les risques relatifs de décès pour trois pathologies (maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané, maladies du système ostéo-articulaire et maladies de l'appareil génito-urinaire) n'ont pas pu être calculés du fait de l'absence de décès pour ces causes dans le groupe dosimètres non nuls.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la comparaison des ratios standardisés pour les décès par « tumeurs malignes ».

	SMR dosimètres nuls	SMR dosimètres non nuls	RR	IC 95%
Tumeurs	0,93	0,79	0,850	0,72 - 1,00
<i>Tumeurs malignes</i>	<i>0,93</i>	<i>0,79</i>	<i>0,856</i>	<i>0,72 - 1,01</i>
	Digestif			
Tumeurs de l'œsophage	0,92	0,55	0,595	0,21 - 1,33
Tumeurs de l'estomac	0,58	0,00	-	-
Tumeurs du côlon	0,92	0,57	0,619	0,22 - 1,39
Tumeurs du rectum et de l'anus	0,64	0,45	0,707	0,08 - 2,76
Tumeurs du foie et des voies biliaires intrahépatiques	0,76	0,71	0,924	0,39 - 1,89
Tumeurs du pancréas	0,92	0,60	0,649	0,21 - 1,57
	Respiratoire			
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	0,96	0,89	0,929	0,69 - 1,22
Tumeurs des bronches et du poumon	0,97	0,95	0,979	0,72 - 1,30
Tumeurs du larynx	0,87	0,43	0,490	0,10 - 1,49
Mésothéliomes + cancers de la plèvre	1,72	1,36	0,788	0,09 - 3,12
	Peau			
Mélanomes de la peau	1,07	0,54	0,509	0,01 - 3,13
	Génito-urinaire			
Tumeurs de la prostate	0,92	0,72	0,774	0,28 - 1,75
Tumeurs du rein	0,97	0,98	1,009	0,26 - 2,76
Tumeurs de la vessie	0,93	0,92	0,988	0,31 - 2,44
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	1,03	0,34	0,326	0,10 - 0,78
Tumeurs du sein	0,75	0,00	-	-
Cancers de la thyroïde	1,52	0,00	-	-
Cancers du système nerveux central	0,96	1,10	1,142	0,36 - 2,84
Cancers des os	0,72	1,90	2,639	0,28 - 12,70
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	0,74	1,20	1,633	0,88 - 2,82
Leucémies hors LLC	0,87	1,13	1,290	0,40 - 3,23
Myélomes multiples	0,80	2,16	2,713	0,66 - 8,32
Lymphomes non hodgkinien	0,79	1,52	1,929	0,66 - 4,62

Tableau 23 : Ratios standardisés « tumeurs malignes » pour la période 1966 – 2008

Une sous-mortalité significative est observée pour les tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx chez les vétérans « dosimètres non nuls » (RR=0,326). Aucun autre risque relatif n'est significatif.

Néanmoins, une tendance à une sur-mortalité (résultats non significatifs) est observée dans la sous-population « dosimètres non nuls » par rapport à la sous-population « dosimètres nuls » pour les cancers des os (RR = 2,639), les cancers du système nerveux central (RR = 1,142) et les tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques (RR=1,633). Parmi ces tumeurs, le risque relatif des myélomes multiples est le plus élevé (RR = 2,713), puis viennent ceux des lymphomes non hodgkiniens (RR = 1,929) et des leucémies hors LLC (RR=1,290).

Le tableau ci-dessous présente le résultat de la comparaison des ratios standardisés pour les décès par « maladies de l'appareil circulatoire».

	SMR dosimètres nuls	SMR dosimètres non nuls	RR	IC 95%
Maladies appareil circulatoire	0,76	0,77	1,014	0,80 - 1,28
Cardiopathies ischémiques	0,81	0,65	0,805	0,52 - 1,19
Autres cardiopathies	0,76	0,90	1,176	0,70 - 1,86
Maladies cérébrovasculaires	0,68	0,77	1,136	0,63 - 1,90
Hypertensions artérielles	0,55	0,57	1,036	0,12 - 4,19

Tableau 24 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil circulatoire » pour la période 1966 – 2008

Aucun des risques relatifs obtenus pour les décès par maladies de l'appareil circulatoire n'est significatif. Cependant, tous, à l'exception des cardiopathies ischémiques sont supérieurs à 1.

Le tableau ci-dessous présente le résultat de la comparaison des ratios standardisés pour les « maladies de l'appareil digestif».

	SMR dosimètres nuls	SMR dosimètres non nuls	RR	IC 95%
Maladies appareil digestif	0,72	0,70	0,966	0,62 - 1,45
Maladies chroniques du foie	0,67	0,65	0,966	0,55 - 1,59

Tableau 25 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil digestif » pour la période 1966 – 2008

La mortalité des deux sous-populations pour ces causes est comparable, avec des risques relatifs proches de 1 et non significatifs.

Une analyse complémentaire basée sur des SMR a été effectuée comparant la mortalité et les causes de décès dans la sous-population des vétérans « dosimètres non nuls » avec celles dans la population française. Les résultats sont présentés en annexe 12 et confortent l'analyse présentée dans ce chapitre.

2. Modèles de régression de Poisson

Les méthodes de standardisation sont classiquement utilisées dans le cadre des études de mortalité. Cependant, si elles permettent un bon ajustement des résultats sur l'âge et la période, elles n'offrent pas la possibilité d'ajuster les résultats sur des variables individuelles. C'est pourquoi des modèles de régression de Poisson ont été préconisés. Une limite de cette méthode multivariée est qu'elle n'est possible que lorsque les effectifs des événements d'intérêt ne sont pas trop faibles. Dans ce travail, ces modèles de Poisson ont été réalisés pour des causes d'intérêt présentant suffisamment de cas : décès toutes causes, décès par tumeurs et décès par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques.

Le modèle de Poisson permet l'estimation de risques relatifs entre les modalités des variables d'intérêt et fournit ainsi les risques relatifs dans des sous-populations présentant des caractéristiques particulières par rapport au reste de la population présentant une caractéristique choisie en référence. Dans les modèles qui suivent, les caractéristiques de référence ont été choisies comme suit : les personnels de santé pour la variable appartenance car il s'agit de l'appartenance où le risque de décès est le moins important, la région parisienne pour la région de naissance car cette région est la plus peuplée et la dosimétrie nulle pour la variable dosimétrie afin d'estimer le risque lié à une dosimétrie non nulle. Des intervalles de confiance à 95% sont calculés pour chacun des risques relatifs obtenus et un test de signification globale de la variable est réalisé (celui-ci témoigne de la pertinence de la variable dans le modèle).

a) Toutes causes de décès

La survenue de décès toutes causes a été étudiée à l'aide de modèles de régression de Poisson multivariés. Les facteurs associés à la mortalité toutes causes du modèle final sont présentés dans le tableau suivant :

Variable	RR	IC95%	p-value
Appartenance			<0,0001
Armée de Terre	1,57	[1,29-1,91]	
Marine nationale	1,69	[1,40-2,05]	
Armée de l'air	1,26	[1,03-1,54]	
Civil	1,63	[1,32-2,02]	
Santé (référence)			
Région de naissance			<0,0001
Ouest	1,21	[1,15-1,29]	
Nord	1,27	[1,18-1,11]	
Est	1,12	[1,04-1,21]	
Centre	0,97	[0,90-1,04]	
Rhône	1,00	[0,90-1,09]	
Sud Est	0,92	[0,85-1,00]	
Sud Ouest	0,97	[0,91-1,05]	
DOM TOM	0,66	[0,58-0,76]	
Etranger	0,91	[0,83-1,00]	
Paris (référence)			
Dosimétrie (non nulle vs nulle)	0,90	[0,84-0,96]	0,0009
26 524 personnes			
5 477 décès			

Tableau 26 : Modèle final de Poisson pour la mortalité toutes causes ajusté sur l'âge atteint et la période

Ajusté sur l'âge atteint et la période, les facteurs significativement associés à la survenue de décès toutes causes sont : certaines appartenances et régions de naissance et une dosimétrie nulle.

Comparativement aux personnels de santé, les personnels de l'armée de terre ont un risque de décéder 1,57 fois supérieur avec un risque relatif significatif. Les risques des autres appartenances sont également significativement plus importants que ceux des personnels de santé : 1,69 pour la marine nationale, 1,26 pour l'armée de l'air et 1,63 pour les personnels civils. Les régions de naissance connaissant un risque significativement plus fort de décéder comparativement à la région parisienne sont l'Ouest, le Nord et l'Est. Ce risque est en revanche significativement plus faible chez les personnes originaires des DOM-TOM.

Tout comme la méthode de comparaison des ratios standardisés de mortalité, ces résultats montrent un risque significatif de mortalité toutes causes inférieur pour les personnels ayant eu au moins un dosimètre positif.

b) Décès par tumeurs

Les facteurs associés à la mortalité par tumeurs sont présentés dans le tableau suivant :

Variable	RR	IC95%	p-value
Appartenance			<0,0001
Armée de Terre	1,44	[1,12-1,84]	
Marine nationale	1,73	[1,36-2,22]	
Armée de l'air	1,27	[1,00-1,65]	
Civil	1,36	[1,04-1,78]	
Santé (référence)			
Région de naissance			<0,0001
Ouest	1,25	[1,18-1,34]	
Nord	1,13	[1,05-1,22]	
Est	1,10	[1,01-1,20]	
Centre	0,95	[0,87-1,04]	
Rhône	0,97	[0,87-1,09]	
Sud Est	0,91	[0,83-0,99]	
Sud Ouest	1,01	[0,93-1,10]	
DOM TOM	0,49	[0,41-0,58]	
Etranger	0,82	[0,73-0,92]	
Paris (référence)			
Dosimétrie (non nulle vs nulle)	0,86	[0,80-0,93]	0,0001
26 524 personnes			
2 321 décès par tumeurs			

Tableau 27 : Modèle final de Poisson pour la mortalité par tumeurs ajusté sur l'âge atteint et la période

Ajusté sur l'âge atteint et la période, les facteurs significativement associés à la survenue de décès par tumeurs sont : certaines appartenances et régions de naissance et une dosimétrie nulle.

Comparativement aux personnels de santé, les personnels de l'armée de l'air, de la marine nationale et civils ont un risque de décéder par tumeurs significativement augmenté. Comparativement à la région parisienne, les régions de naissance connaissant un risque de décéder par tumeurs significativement plus fort sont l'Ouest, le Nord et l'Est. Ce risque est significativement plus faible pour les régions du Sud-Est, les DOM-TOM et les personnes nées à l'étranger.

Tout comme la méthode de comparaison des ratios standardisés de mortalité, ces résultats montrent un risque significatif de mortalité par tumeurs inférieur pour les personnels ayant eu au moins un dosimètre positif.

c) Décès par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques

Les facteurs associés à la mortalité par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques sont présentés dans le tableau suivant :

Variable	RR	IC95%	p-value
Appartenance			<0,0001
Armée de Terre	1,17	[0,82-1,68]	
Marine nationale	1,36	[0,95-1,93]	
Armée de l'air	0,58	[0,40-0,85]	
Civil	0,95	[0,64-1,41]	
Santé (référence)			
Région de naissance			<0,0001
Ouest	1,15	[1,03-1,27]	
Nord	0,73	[0,63-0,86]	
Est	0,94	[0,77-1,14]	
Centre	0,65	[0,56-0,77]	
Rhône	1,50	[1,29-1,75]	
Sud Est	0,88	[0,77-1,02]	
Sud Ouest	0,71	[0,62-0,83]	
DOM TOM	0,57	[0,44-0,74]	
Etranger	0,17	[0,12-0,24]	
Paris (référence)			
Dosimétrie (non nulle vs nulle)	1,82	[1,65-2,02]	<0,0001
26 524 personnes			
123 décès par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques			

Tableau 28 : Modèle final de Poisson pour la mortalité par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques ajusté sur l'âge atteint et la période

Ajusté sur l'âge atteint et la période, les facteurs significativement associés à la survenue de décès par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques sont : certaines appartenances et régions de naissance et une dosimétrie non nulle.

Comparativement aux personnels de santé, les personnels de l'armée de l'air ont un risque de décéder par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques significativement plus faible. Comparativement à la région parisienne, les régions de naissance connaissant un risque de décéder par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques significativement plus fort sont l'Ouest et le Rhône. Ce risque est significativement plus faible pour les régions du Nord, du Centre, du Sud-Ouest, les DOM-TOM et les personnes nées à l'étranger.

L'association entre la survenue des tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques et la dosimétrie est significative, c'est-à-dire que les vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif ont un risque de décéder par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques 1,82 fois plus important que les vétérans dont tous les dosimètres ont été négatifs.

F. Analyses de sensibilité

Deux analyses de sensibilité ont été menées afin d'une part de juger de la robustesse des résultats dans une population de vétérans plus homogène vis à vis de leurs caractéristiques, d'autre part évaluer la stabilité des résultats selon la période d'attribution du premier dosimètre (1966-1974, 1975-1996).

1. Analyses dans une population « homogène »

Trois groupes de population sont susceptibles de présenter des particularités : les personnels de santé pour lesquels les dosimètres étaient attribués dans le cadre des activités de radiologie médicale, les personnels civils et les personnes nées dans les territoires d'Outre-Mer. Pour ces deux derniers groupes de vétérans, les critères de recrutement ont pu être différents de ceux des autres vétérans de la cohorte. De plus, l'emploi des taux de mortalité de la population française en référence peut ne pas être approprié pour les populations nées dans les territoires d'Outre-Mer, car les taux de mortalité du CépiDc utilisés en référence sont ceux de la France métropolitaine.

1 459 vétérans sont concernés :

- 675 personnels de santé
- 531 personnels civils
- 293 personnes nées dans les territoires d'Outre-Mer.

La description des causes de décès de ces trois groupes figure en annexe 13.

Au final, les analyses ont été faites sans ces trois groupes dans une cohorte plus homogène. Elles portent sur 25 065 vétérans (942 928 personnes-années), avec 23 262 vétérans dont tous les dosimètres se sont révélés négatifs (soit 92,8%, versus 92% dans la cohorte complète) et 1 803 vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif (7,2%, versus 8% dans la cohorte complète).

a) Comparaison de la mortalité de la cohorte « homogène » à celle de la population française

Le tableau suivant présente le résultat de la standardisation indirecte « toutes causes ».

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Toutes causes	5 206	6 234,49	0,835	0,81 - 0,86

Tableau 29 : SMR « toutes causes » (cohorte « homogène » vs population française)

La sous-mortalité dans cette cohorte « homogène » par rapport à la population française est semblable à celle avant exclusion des groupes particuliers : SMR de 0,835 au lieu de 0,826.

Les tableaux suivants présentent les SMR pour les causes de décès retenues dans l'étude. Les résultats sont globalement similaires à ceux calculés pour l'ensemble de la cohorte. L'excès non significatif de décès par mélanome n'est plus observé.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Maladies infectieuses et parasitaires	72	122,16	0,589	0,46 - 0,74
Tumeurs	2 219	2377,23	0,933	0,90 - 0,97
<i>Tumeurs malignes</i>	2 162	2317,39	0,933	0,90 - 0,97
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques	15	18,59	0,807	0,45 - 1,33
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	90	118,28	0,612	0,61 - 0,94
Troubles mentaux et du comportement	111	146,32	0,759	0,62 - 0,91
Maladies du système nerveux et des organes des sens	108	139,28	0,775	0,64 - 0,94
Maladies de l'appareil circulatoire	946	1259,92	0,751	0,70 - 0,80
Maladies de l'appareil respiratoire	145	246,13	0,589	0,50 - 0,69
Maladies de l'appareil digestif	311	431,50	0,721	0,64 - 0,81
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	4	5,51	0,726	0,20 - 1,86
Maladies du système ostéo-articulaire	10	16,70	0,599	0,29 - 1,10
Maladies de l'appareil génito-urinaire	20	46,12	0,434	0,26 - 0,70
Symptômes et états morbides mal définis	248	327,86	0,756	0,67 - 0,86
Causes externes	755	959,58	0,787	0,73 - 0,84

Tableau 30 : SMR « grandes causes de décès » (cohorte « homogène » vs population française)

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Tumeurs	2 219	2377,23	0,933	0,90 - 0,97
Tumeurs malignes	2 162	2317,39	0,933	0,90 - 0,97
Digestif				
Tumeurs de l'œsophage	116	130,32	0,890	0,74 - 1,07
Tumeurs de l'estomac	43	78,41	0,548	0,40 - 0,74
Tumeurs du côlon	111	125,21	0,887	0,73 - 1,07
Tumeurs du rectum et de l'anus	35	52,61	0,665	0,46 - 0,93
Tumeurs du foie et des voies biliaires intra-hépatiques	103	132,05	0,780	0,64 - 0,95
Tumeurs du pancréas	92	98,76	0,932	0,75 - 1,14
Respiratoire				
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	708	731,28	0,968	0,90 - 1,04
Tumeurs des bronches et du poumon	636	648,03	0,981	0,91 - 1,06
Tumeurs du larynx	72	83,25	0,865	0,70 - 1,09
Mésothéliomes + cancers de la plèvre	26	17,21	1,511	0,99 - 2,21
Peau				
Mélanomes de la peau	22	22,08	0,996	0,62 - 1,51
Génito-urinaire				
Tumeurs de la prostate	93	100,75	0,923	0,75 - 1,13
Tumeurs du rein	50	48,26	1,036	0,77 - 1,37
Tumeurs de la vessie	62	64,01	0,969	0,74 - 1,24
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	181	177,84	1,018	0,87 - 1,18
Tumeurs du sein	3	4,07	0,738	0,15 - 2,16
Cancers de la thyroïde	7	4,70	1,488	0,60 - 3,07
Cancers du système nerveux central	54	54,45	0,992	0,74 - 1,29
Cancers des os	10	12,73	0,786	0,38 - 1,44
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	117	149,88	0,781	0,65 - 0,94
Leucémies hors LLC	48	53,80	0,892	0,66 - 1,18
Myélomes multiples	21	21,65	0,970	0,60 - 1,48
Lymphomes non hodgkinien	39	46,59	0,837	0,60 - 1,14

Tableau 31 : SMR « tumeurs malignes » (cohorte « homogène » vs population française)

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Maladies appareil circulatoire	946	1259,92	0,751	0,70 - 0,80
Cardiopathies ischémiques	397	500,53	0,793	0,72 - 1,88
Autres cardiopathies	207	271,81	0,762	0,66 - 0,87
Maladies cérébrovasculaires	171	251,83	0,679	0,58 - 0,79
Hypertensions artérielles	23	42,21	0,545	0,35 - 0,82

Tableau 32 : SMR « maladies appareil circulatoire » (cohorte « homogène » vs population française)

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Maladies appareil digestif	311	431,50	0,721	0,64 - 0,81
Maladies chroniques du foie	213	311,29	0,684	0,60 - 0,78

Tableau 33 : SMR « maladies appareil digestif » (cohorte « homogène » vs population française)

**b) Comparaison de la mortalité à l'intérieur de la cohorte
« homogène » selon les résultats de dosimétrie**

Le tableau suivant présente le résultat de la comparaison de ratios standardisés « toutes causes ».

	SMR dosimètres nuis	SMR dosimètres non nuis	Chi-deux	RR	IC 95%
Toutes causes	0,84	0,77	2,72	0,915	0,82 - 1,02

Tableau 34 : Ratios standardisés « toutes causes » cohorte « homogène »

Le risque relatif observé est légèrement plus important que dans l'ensemble de la cohorte et devient non significatif.

Les tableaux suivants présentent les résultats de la comparaison des ratios standardisés pour les causes de décès retenues dans l'étude. Les résultats sont globalement semblables. Les excès non significatifs pour les hémopathies malignes, les tumeurs du système nerveux central et les tumeurs osseuses persistent, avec une légère tendance à l'augmentation des RR. De même, les RR pour les décès par maladies circulatoires sont augmentés de manière non significative (à l'exception des cardiopathies ischémiques).

	SMR dosimètres nuis	SMR dosimètres non nuis	Chi-deux	RR	IC 95%
Maladies infectieuses et parasitaires	0,57	0,90	1,05	1,592	0,66 - 3,33
Tumeurs	0,94	0,83	2,30	0,882	0,74 - 1,04
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques	0,75	1,47	0,16	1,943	0,21 - 8,58
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	0,76	0,79	0,00	1,043	0,40 - 2,25
Troubles mentaux et du comportement	0,80	0,30	4,21	0,351	0,07 - 1,05
Maladies du système nerveux et des organes des sens	0,79	0,58	0,83	0,738	0,26 - 1,66
Maladies de l'appareil circulatoire	0,75	0,80	0,30	1,077	0,84 - 1,36
Maladies de l'appareil respiratoire	0,61	0,39	1,77	0,637	0,25 - 1,35
Maladies de l'appareil digestif	0,72	0,68	0,14	0,944	0,58 - 1,46
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	0,78	0,00	-	-	-
Maladies du système ostéo-articulaire	0,65	0,00	-	-	-
Maladies de l'appareil génito-urinaire	0,47	0,00	-	-	-
Symptômes et états morbides mal définis	0,76	0,67	0,39	0,878	0,49 - 1,46
Causes externes	0,80	0,62	2,90	0,772	0,55 - 1,05

Tableau 35 : Ratios standardisés « grandes causes de décès » cohorte « homogène »

	SMR dosimètres nuls	SMR dosimètres non nuls	Chi-deux	RR	IC 95%
Tumeurs	0,94	0,83	2,30	0,882	0,74 - 1,04
<i>Tumeurs malignes</i>	0,94	0,83	2,06	0,887	0,74 - 1,05
	Digestif				
Tumeurs de l'œsophage	0,92	0,51	2,26	0,550	0,18 - 1,32
Tumeurs de l'estomac	0,59	0,00	-	-	-
Tumeurs du côlon	0,92	0,53	1,97	0,575	0,18 - 1,39
Tumeurs du rectum et de l'anus	0,68	0,50	0,54	0,741	0,09 - 2,90
Tumeurs du foie et des voies biliaires intra-hépatiques	0,78	0,79	0,03	1,009	0,42 - 2,07
Tumeurs du pancréas	0,96	0,53	1,88	0,553	0,15 - 1,47
	Respiratoire				
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	0,97	0,92	0,19	0,949	0,70 - 1,26
Tumeurs des bronches et du poumon	0,98	1,00	0,00	1,021	0,75 - 0,37
Tumeurs du larynx	0,91	0,32	3,12	0,347	0,04 - 1,30
Mésotéliomes + cancers de la plèvre	1,51	1,51	0,14	0,998	0,11 - 4,02
	Peau				
Mélanomes de la peau	1,03	0,61	0,84	0,596	0,01 - 3,70
	Génito-urinaire				
Tumeurs de la prostate	0,93	0,80	0,33	0,854	0,31 - 1,94
Tumeurs du rein	1,03	1,09	0,02	1,060	0,28 - 2,90
Tumeurs de la vessie	0,96	1,03	0,01	1,067	0,33 - 2,64
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	1,07	0,37	6,60	0,349	0,11 - 0,83
Tumeurs du sein	0,80	0,00	-	-	-
Cancers de la thyroïde	1,61	0,00	-	-	-
Cancers du système nerveux central	0,97	1,23	0,06	1,268	0,39 - 3,16
Cancers des os	0,68	2,12	0,84	3,119	0,32 - 15,63
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	0,74	1,34	4,08	1,819	0,98 - 3,14
Leucémies hors LLC	0,86	1,25	0,27	1,452	0,45 - 3,66
Myélomes multiples	0,85	2,41	2,41	2,836	0,69 - 8,70
Lymphomes non hodgkinien	0,77	1,71	2,40	2,226	0,76 - 5,38

Tableau 36 : Ratios standardisés « tumeurs malignes » cohorte « homogène »

	SMR dosimètres nuls	SMR dosimètres non nuls	Chi-deux	RR	IC 95%
Maladies appareil circulatoire	0,75	0,80	0,30	1,077	0,84 - 1,36
Cardiopathies ischémiques	0,8	0,67	0,93	0,836	0,53 - 1,25
Autres cardiopathies	0,75	0,90	0,37	1,201	0,70 - 1,95
Maladies cérébrovasculaires	0,67	0,81	0,32	1,211	0,66 - 2,06
Hypertensions artérielles	0,54	0,64	0,03	1,182	0,13 - 4,84

Tableau 37 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil circulatoire » cohorte « homogène »

	SMR dosimètres nuls	SMR dosimètres non nuls	Chi-deux	RR	IC 95%
Maladies appareil digestif	0,72	0,68	0,14	0,944	0,58 - 1,46
Maladies chroniques du foie	0,69	0,64	0,15	0,933	0,51 - 1,58

Tableau 38 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil digestif » cohorte « homogène »

Une analyse multivariée par régression de Poisson a été menée dans cette population homogène pour les décès par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques. Le risque relatif de survenue de ce type de tumeurs pour les personnels ayant une dosimétrie non nulle est le suivant : RR=2,07 [1,84-2,34]. L'excès de risque significatif mis en évidence dans l'ensemble de la population est également observé dans cette sous-population avec une force d'association plus importante.

2. Analyses selon la période d'attribution du premier dosimètre

Les vétérans de la cohorte ont été classés en deux groupes selon la période d'attribution du premier dosimètre, pendant les essais aériens (1966 à 1974) ou pendant les essais souterrains (1975 à 1996). Dans la mesure où la majorité des vétérans sont entrés dans la cohorte les premières années (figure 8), l'effectif du premier groupe est important avec 24 445 vétérans dont 5 186 décès tandis que le deuxième groupe est de taille réduite avec seulement 2 079 vétérans dont 130 décès. Avant 1975, 7,4% des vétérans (soit 1 801) ont eu au moins un dosimètre positif, tandis qu'après cette date, cette proportion atteint 15,8% (soit 329). Cette différence est cohérente avec les critères d'attribution des dosimètres évoqués en introduction.

La répartition des causes de décès des vétérans dans les deux sous-populations (« dosimètres nuls » et « dosimètres non nuls ») et selon leur période d'attribution du premier dosimètre figure en annexe 13.

a) Comparaison de la mortalité de la cohorte des vétérans à celle de la population française

Le tableau suivant présente le résultat de la standardisation indirecte « toutes causes » selon la période d'attribution du premier dosimètre.

	Nombre décès observés		Nombre décès attendus		SMR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Toutes causes	5 338	139	6 414,99	215,06	0,832	0,646	0,81 - 0,85	0,54 - 0,76

Tableau 39 : SMR « toutes causes de décès » avant/après 1975 (cohorte vs population française)

La sous-mortalité des vétérans par rapport à la population française est significative pendant les deux périodes, mais deux fois plus importante pour les vétérans qui n'ont été présents qu'après 1975 (35% vs. 17%).

Les tableaux suivants présentent les résultats des SMR pour les causes de décès retenues pour l'étude. Plusieurs SMR ne sont pas calculables pour la période à partir de 1975 du fait de l'absence de cas pour certaines pathologies. L'excès de mésothéliome est mis en évidence pour les deux périodes (mais n'est pas significatif après 1975 vraisemblablement par manque de puissance). L'excès non significatif de mélanome n'est retrouvé qu'après 1975, mais

repose sur 2 cas. Des excès non significatifs de tumeurs du système nerveux central, leucémies hors LLC et lymphomes non hodgkiniens sont constatés après 1975, mais reposent là encore sur des très faibles nombres de cas (respectivement 1, 2, 2).

	Nombre décès observés		Nombre décès attendus		SMR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Maladies infectieuses et parasitaires	70	6	121,99	8,22	0,574	0,729	0,44 - 0,72	0,27 - 1,59
Tumeurs	2 281	40	2456,26	71,77	0,929	0,557	0,89 - 0,97	0,40 - 0,76
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques	15	0	19,19	0,64	0,782	-	0,44 - 1,30	-
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	90	2	122,75	3,53	0,733	0,567	0,59 - 0,90	0,06 - 2,05
Troubles mentaux et du comportement	114	3	148,48	6,83	0,768	0,439	0,63 - 0,92	0,09 - 1,28
Maladies du système nerveux et des organes des sens	112	2	144,10	4,80	0,777	0,417	0,64 - 0,94	0,05 - 1,51
Maladies de l'appareil circulatoire	1 011	12	1315,79	33,69	0,768	0,356	0,72 - 0,82	0,18 - 0,62
Maladies de l'appareil respiratoire	155	3	258,60	5,82	0,599	0,515	0,51 - 0,70	0,10 - 0,51
Maladies de l'appareil digestif	314	17	444,19	14,17	0,702	1,200	0,63 - 0,78	0,70 - 1,92
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	4	0	5,82	0,12	0,687	-	0,18 - 1,76	-
Maladies du système ostéo-articulaire	11	0	17,44	0,43	0,631	-	0,31 - 1,13	-
Maladies de l'appareil génito-urinaire	21	0	48,58	0,97	0,432	-	0,27 - 0,66	-
Symptômes et états morbides mal définis	255	8	332,41	14,78	0,767	0,541	0,68 - 0,87	0,23 - 1,07
Causes externes	735	37	959,59	48,12	0,766	0,769	0,71 - 0,82	0,54 - 1,06

Tableau 40 : SMR « grandes causes de décès » avant/après 1975 (cohorte vs population française)

	Nombre décès observés		Nombre décès attendus		SMR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Tumeurs	2 281	40	2456,26	71,77	0,929	0,557	0,89 - 0,97	0,40 - 0,76
Tumeurs malignes	2 221	40	2394,35	69,97	0,928	0,572	0,89 - 0,97	0,41 - 0,78
			Digestif					
Tumeurs de l'œsophage	122	1	134,66	3,79	0,906	0,264	0,75 - 1,08	0,00 - 1,47
Tumeurs de l'estomac	45	0	81,57	2,19	0,552	-	0,40 - 0,74	-
Tumeurs du côlon	116	3	130,64	3,21	0,888	0,935	0,73 - 1,06	0,19 - 2,73
Tumeurs du rectum et de l'anus	35	0	54,73	1,44	0,640	-	0,45 - 0,89	-
Tumeurs du foie et des voies biliaires intrahépatiques	106	1	137,15	3,59	0,773	0,278	0,63 - 0,93	0,00 - 1,55
Tumeurs du pancréas	93	1	102,00	2,97	0,912	0,336	0,74 - 1,12	0,00 - 1,87
			Respiratoire					
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	728	13	752,73	23,03	0,967	0,564	0,90 - 1,04	0,30 - 0,97
Tumeurs des bronches et du poumon	656	11	666,37	20,80	0,984	0,529	0,91 - 1,06	0,26 - 0,95
Tumeurs du larynx	72	2	86,36	2,23	0,834	0,896	0,65 - 1,05	0,10 - 3,24
Mésothéliomes + cancers de la plèvre	30	1	17,87	0,45	1,679	2,221	1,13 - 2,40	0,03 - 12,36
			Peau					
Mélanomes de la peau	22	2	22,39	0,93	0,982	2,149	0,62 - 1,49	0,24 - 7,76
			Génito-urinaire					
Tumeurs de la prostate	99	0	107,30	1,70	0,923	-	0,75 - 1,12	-
Tumeurs du rein	50	0	50,01	1,40	1,000	-	0,74 - 1,32	-
Tumeurs de la vessie	64	0	67,02	1,51	0,955	-	0,74 - 1,22	-
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	180	3	182,22	5,98	0,988	0,502	0,85 - 1,14	0,10 - 1,47
Tumeurs du sein	3	0	4,21	0,12	0,713	-	0,14 - 2,08	-
Cancers de la thyroïde	7	0	4,86	0,13	1,439	-	0,58 - 2,97	-
Cancers du système nerveux central	54	2	55,33	2,18	0,976	0,916	0,73 - 1,27	0,10 - 3,31
Cancers des os	10	1	13,06	0,43	0,765	2,312	0,37 - 1,41	0,03 - 12,86
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	119	4	154,63	4,65	0,770	0,860	0,64 - 0,92	0,23 - 2,20
Leucémies hors LLC	49	2	55,38	1,72	0,885	1,164	0,65 - 1,17	0,13 - 4,20
Myélomes multiples	21	0	22,60	0,55	0,929	-	0,58 - 1,42	-
Lymphomes non hodgkinien	40	2	47,92	1,62	0,835	1,237	0,60 - 1,14	0,14 - 4,47

Tableau 41 : SMR « tumeurs malignes » avant/après 1975 (cohorte vs population française)

	Nombre décès observés		Nombre décès attendus		SMR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Maladies appareil circulatoire	1 011	12	1315,79	33,69	0,768	0,356	0,72 - 0,82	0,18 - 0,62
Cardiopathies ischémiques	423	2	521,55	13,84	0,811	0,144	0,74 - 0,89	0,02 - 0,52
Autres cardiopathies	222	3	283,91	7,35	0,782	0,408	0,68 - 0,89	0,08 - 1,19
Maladies cérébrovasculaires	180	6	263,96	6,37	0,682	0,941	0,59 - 0,79	0,34 - 2,05
Hypertensions artérielles	24	1	44,17	1,04	0,543	0,957	0,35 - 0,81	0,01 - 5,33

Tableau 42 : SMR « maladies de l'appareil circulatoire » avant/après 1975 (cohorte vs population française)

	Nombre décès observés		Nombre décès attendus		SMR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Maladies appareil digestif	314	17	444,19	14,17	0,702	1,200	0,63 - 0,78	0,70 - 1,92
Maladies chroniques du foie	213	9	319,26	10,67	0,667	0,843	0,58 - 0,76	0,38 - 1,60

Tableau 43 : SMR « maladies de l'appareil digestif » avant/après 1975 (cohorte vs population française)

b) Comparaison de la mortalité à l'intérieur de la cohorte selon les résultats de dosimétrie

Le tableau suivant présente le résultat de la comparaison de ratios standardisés «toutes causes» selon la période d'attribution du premier dosimètre.

	SMR dosimètres nuls		SMR dosimètres non nuls		RR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Toutes causes	0,84	0,66	0,76	0,55	0,903	0,828	0,81 - 1,00	0,46 - 1,40

Tableau 44 : Ratios standardisés « toutes causes de décès » avant/après 1975

Les tableaux suivants présentent les résultats des risques relatifs pour les causes de décès retenues pour l'étude. Beaucoup de risques relatifs ne sont pas calculables pour la période à partir de 1975 du fait de l'absence de cas pour certaines pathologies. Globalement les résultats observés dans la cohorte des vétérans présents avant 1975 sont semblables à ceux dans l'ensemble de la cohorte.

	SMR dosimètres nuls		SMR dosimètres non nuls		RR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Maladies infectieuses et parasitaires	0.54	0.85	0.99	-	1.825	-	0,80 - 3,70	-
Tumeurs	0.94	0.60	0.82	0.30	0.870	0.503	0,73 - 1,02	0,10 - 0,59
Maladies du sang et des organes hématopoiétiques	0.73	-	1.38	-	1.891	-	0,21 - 8,35	-
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	0.72	0.66	0.85	-	1.176	-	0,49 - 2,43	-
Troubles mentaux et du comportement	0.81	0.34	0.27	1.03	0.333	3.016	0,07 - 1,00	0,05 - 57,94
Maladies du système nerveux et des organes des sens	0.80	0.48	0.55	-	0.693	-	0,25 - 1,56	-
Maladies de l'appareil circulatoire	0.77	0.38	0.79	0.22	1.034	0.597	0,81 - 1,30	0,01 - 4,11
Maladies de l'appareil respiratoire	0.61	0.59	0.46	-	0.756	-	0,34 - 1,48	-
Maladies de l'appareil digestif	0.71	1.15	0.65	1.52	0.916	1.322	0,57 - 1,41	0,24 - 4,74
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	0.74	-	-	-	-	-	-	-
Maladies du système ostéo-articulaire	0.68	-	-	-	-	-	-	-
Maladies de l'appareil génito-urinaire	0.47	-	-	-	-	-	-	-
Symptômes et états morbides mal définis	0.78	0.55	0.64	0.49	0.829	0.891	0,47 - 1,37	0,02 - 6,94
Causes externes	0.78	0.77	0.60	0.79	0.772	1.031	0,55 - 1,06	0,31 - 2,67

Tableau 45 : Ratios standardisés « grandes causes de décès » avant/après 1975

	SMR dosimètres nuls		SMR dosimètres non nuls		RR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Tumeurs	0.94	0.60	0.82	0.30	0.870	0.503	0,73 - 1,02	0,10 - 0,59
<i>Tumeurs malignes</i>	0.94	0.61	0.82	0.31	0.876	0.503	0,74 - 1,03	0,10 - 0,60
Digestif								
Tumeurs de l'oesophage	0.93	0.31	0.57	-	0.614	-	0,22 - 1,38	-
Tumeurs de l'estomac	0.60	-	-	-	-	-	-	-
Tumeurs du côlon	0.92	0.72	0.49	2.33	0.535	3.234	0,17 - 1,29	0,05 - 62,11
Tumeurs du rectum et de l'anus	0.65	-	0.47	-	0.722	-	0,08 - 2,82	-
Tumeurs du foie et des voies biliaires intra-hépatiques	0.78	0.32	0.74	-	0.952	-	0,40 - 1,95	-
Tumeurs du pancréas	0.94	0.39	0.63	-	0.672	-	0,21 - 1,63	-
Respiratoire								
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	0.97	0.61	0.92	0.31	0.952	0.506	0,71 - 1,26	0,01 - 3,42
Tumeurs des bronches et du poumon	0.98	0.56	0.99	0.34	1.003	0.605	0,74 - 1,34	0,01 - 4,26
Tumeurs du larynx	0.87	1.04	0.47	-	0.515	-	0,10 - 1,57	-
Mésothéliomes + cancers de la plèvre	1.70	2.57	1.42	-	0.832	-	0,10 - 3,30	-
Peau								
Mélanomes de la peau	1.01	2.51	0.59	-	0.579	-	0,01 - 3,60	-
Géno-urinaire								
Tumeurs de la prostate	0.94	-	0.73	-	0.781	-	0,30 - 1,76	-
Tumeurs du rein	1.00	-	1.03	-	1.032	-	0,27 - 2,83	-
Tumeurs de la vessie	0.95	-	0.96	-	1.004	-	0,31 - 2,48	-
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	1.04	0.59	0.36	-	0.342	-	0,11 - 0,81	-
Tumeurs du sein	0.77	-	-	-	-	-	-	-
Cancers de la thyroïde	1.56	-	-	-	-	-	-	-
Cancers du système nerveux central	0.96	1.07	1.18	-	1.231	-	0,38 - 3,07	-
Cancers des os	0.66	2.67	2.01	-	3.036	-	0,31 - 15,22	-
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	0.73	0.99	1.26	-	1.736	-	0,94 - 3,00	-
Leucémies hors LLC	0.86	1.34	1.19	-	1.381	-	0,43 - 3,47	-
Myélomes multiples	0.82	-	2.26	-	2.260	-	0,68 - 8,47	-
Lymphomes non hodgkinien	0.77	1.44	1.61	-	2.100	-	0,72 - 5,06	-

Tableau 46 : Ratios standardisés « tumeurs malignes » avant/après 1975

	SMR dosimètres nuls		SMR dosimètres non nuls		RR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Maladies appareil circulatoire	0.77	0.38	0.79	0.22	1.034	0.597	0,81 - 1,30	0,01 - 4,11
Cardiopathies ischémiques	0.82	0.08	0.65	0.54	0.794	6.414	0,51 - 1,18	0,08 - 503,47
Autres cardiopathies	0.77	0.47	0.94	-	1.218	-	0,73 - 1,93	-
Maladies cérébrovasculaires	0.67	1.08	0.81	-	1.198	-	0,67 - 2,01	-
Hypertensions artérielles	0.54	1.10	0.59	-	1.102	-	0,13 - 4,48	-

Tableau 47 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil circulatoire » avant/après 1975

	SMR dosimètres nuls		SMR dosimètres non nuls		RR		IC 95%	
	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975	Avant 1975	Après 1975
Maladies appareil digestif	0.71	1,15	0,65	1,52	0,916	1,322	0,57 - 1,41	0,24 - 4,74
Maladies chroniques du foie	0.67	0,76	0,61	1,33	0,909	1,737	0,50 - 1,54	0,18 - 9,12

Tableau 48 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil digestif » avant/après 1975

Une analyse multivariée par régression de Poisson a été menée dans la population des personnes ayant reçu leur premier dosimètre avant 1975 pour les décès par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques. Les effectifs des personnels ayant reçu leur premier dosimètre après 1975 sont trop faibles pour permettre une analyse multivariée.

Le risque relatif de survenue de ce type de tumeurs pour les personnels ayant une dosimétrie non nulle est le suivant : RR=2,07 [1,94-2,46]. L'excès de risque significatif mis en évidence dans l'ensemble de la population est également observé dans cette sous-population avec une force d'association plus importante.

V. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Une sous-mortalité significative de 18% « toutes causes » est observée dans la cohorte des vétérans hommes par rapport à la population française. Ce type de résultat est habituel dans la surveillance de populations professionnelles. En effet, les personnes qui travaillent sont en meilleure santé que la population générale, cette dernière comprenant des personnes qui n'ont pas eu ou plus accès au monde du travail du fait de leurs problèmes de santé. Ce phénomène se nomme le *biais du travailleur sain* ou « healthy worker effect ». Cette cohorte inclut des militaires appelés ou de carrière et des personnels civils de la Défense ; il s'agit donc de personnes en bonne santé au moment de leur recrutement. Cette population s'apparente donc à une cohorte de travailleurs en bonne santé par rapport à l'ensemble de la population française. Cette sous-mortalité est également mise en évidence pour les grandes causes de mortalité, aussi bien pour l'ensemble des tumeurs et les tumeurs malignes, que pour les maladies cardio-vasculaires et les maladies des appareils digestif et respiratoire entre autres. Dans cette étude, l'effet du travailleur sain diminue avec la période calendaire, comme cela est généralement trouvé dans la littérature [9]; le fait que la sous-mortalité « toutes causes » soit particulièrement importante pour les années antérieures et se rapproche de la mortalité de la population française pour les années récentes plaide aussi en faveur du biais du travailleur sain. Les vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif, c'est-à-dire ayant été « exposés » au moins une fois à un niveau de radiations ionisantes supérieur au seuil de détection de 0,2 mSv, ont quant à eux une mortalité « toutes causes » significativement inférieure de 25% par rapport à celle de la population française et inférieure de 11% par rapport à celle des autres vétérans de la cohorte. Cette différence suggère une plus grande sélection (et donc un meilleur état de santé) des sujets qui étaient susceptibles d'être exposés dans leurs activités professionnelles sur les sites du CEP.

A la suite des expérimentations nucléaires anglaises et américaines, plusieurs études de cohorte de mortalité, mais aussi de morbidité, ont été réalisées auprès de vétérans américains, britanniques, australiens et de Nouvelle-Zélande. Les travaux américains et de Nouvelle Zélande comparent la mortalité de vétérans présents lors d'essais nucléaires à des groupes de « vétérans témoins » comparables en tous points aux vétérans étudiés mais n'ayant pas été présents lors d'expérimentations nucléaires, afin de s'affranchir du « biais du travailleur sain » [10-13]. Les travaux britanniques comparent la mortalité des vétérans à la fois à un groupe témoin et aux chiffres nationaux [14,15], tandis que les travaux australiens

retiennent la même approche que dans ce travail, en comparant la mortalité des vétérans des essais nucléaires à la mortalité de la population australienne [16]. Si la mortalité « toutes causes » était significativement inférieure chez les vétérans australiens [SMR = 0,95 (0,94-0,96)], en revanche la mortalité par tumeur était de 18% supérieure à la mortalité nationale, essentiellement liée à des cancers de la cavité buccale, du poumon, du colon, du rectum et de la prostate. Dans l'étude britannique, une moindre mortalité est observée dans les deux cohortes (vétérans présents lors des essais et vétérans témoins) par rapport à la population nationale, que ce soit pour les décès « toutes causes » (respectivement de 11% et 12%) et les décès par tumeur (respectivement de 7% et 8%).

La comparaison de la cohorte à la population française permet de détecter un excès significatif de décès par mésothéliomes et cancers de la plèvre. De tels excès sont classiquement mis en évidence dans des populations ayant été exposées professionnellement à l'amiante. Le fait que 23 des 31 décès liés aux mésothéliomes et cancers de la plèvre soient survenus chez des vétérans de la Marine Nationale, alors que l'amiante était très utilisé sur les bâtiments, plaide en faveur de l'origine de l'exposition à l'amiante. En effet si des cas de mésothéliomes en relation avec une exposition aux rayonnements ionisants ont été décrits, il s'agit, sur la base de plusieurs études, de cas survenus après une irradiation thérapeutique antérieure [17]. Par ailleurs, les vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif ont le même risque de mésothéliome que les vétérans ayant eu tous leurs dosimètres négatifs.

Des excès de mortalité pour les cancers de la thyroïde et pour les mélanomes ont également été observés. Ces deux cancers ont été décrits comme pouvant être liés aux rayonnements ionisants [18,19], avec un lien de causalité très fort entre l'exposition aux rayons ultraviolets et les mélanomes. Dans notre cohorte, les excès ne sont pas significatifs et l'effet du hasard ne peut pas fermement être écarté, d'autant qu'il n'y a pas de lien avec la dosimétrie : les 7 décès par cancer de la thyroïde et 23 des 24 décès par mélanome sont survenus chez des vétérans qui présentaient une dosimétrie nulle.

Dans la sous population des vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif, le « déficit » de décès pour les tumeurs des lèvres, de la cavité buccale et du pharynx atteint 67% et est significatif, que ce soit vis-à-vis des autres vétérans de la cohorte que vis-à-vis de la population française. Ces cancers sont essentiellement liés à la consommation de tabac et d'alcool. Ainsi, ce résultat sous-entend que la population des vétérans pour lesquels tous les dosimètres ont été négatifs est plus proche de la population générale, que celle des vétérans

qui ont été exposés aux radiations. Par ailleurs, des excès non significatifs de mortalité sont observés pour certaines affections dans la sous population de vétérans qui ont été exposés (au moins un dosimètre positif). Bien que ces excès soient faibles et non significatifs, il n'en demeure pas moins qu'ils sont observés pour des maladies qui peuvent être d'origine radio-induite et que certains de ces excès sont constatés pour les deux types de comparaison (vis-à-vis des vétérans ayant tous leurs dosimètres négatifs et vis-à-vis de la population française). Il s'agit des maladies du sang et organes hématopoïétiques et de plusieurs cancers : les tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques (hémopathies malignes), les tumeurs du système nerveux central et les tumeurs osseuses. Mais les excès de risque des maladies du sang, des tumeurs du système nerveux central et des tumeurs osseuses reposent sur des effectifs faibles, respectivement 2, 5 et 2 décès dans la population des vétérans exposés, et l'effet du hasard ne peut être fermement écarté. Les résultats pour l'ensemble des hémopathies malignes apparaissent plus consistants. Ils portent sur 123 décès dont 15 parmi les vétérans pour lesquels au moins un des dosimètres a été positif. Ces 15 décès se répartissent en 5 décès par leucémies hors LLC, 4 décès par myélomes multiples et 6 décès par lymphomes non hodgkiniens. L'excès non significatif d'hémopathies malignes mis en évidence par la comparaison des ratios standardisés ($RR = 1,63 [0,9-2,8]$) est conforté par l'analyse multivariée qui met en évidence une relation significative entre une dosimétrie positive et la mortalité par hémopathies malignes, après ajustement sur l'âge atteint, la période, l'appartenance et la région de naissance ($RR = 1,82 [1,6-2,0]$). *Les résultats d'autres cohortes de vétérans présents lors d'expérimentations nucléaires vont dans le même sens. L'étude de cohorte de Nouvelle Zélande met en évidence chez les vétérans présents lors des essais vis-à-vis de vétérans témoins un risque de mortalité significativement augmenté pour les tumeurs des tissus hématopoïétiques ($RR=3,8 [1,4-10,8]$), et plus particulièrement pour les leucémies ($RR = 5,6 [1,0-41,7]$). Les risques relatifs pour les autres hémopathies malignes sont également élevés, mais non significatifs : risque relatif de 5,7 [0,4-165]) pour les lymphomes non hodgkiniens, de 2,8 [0,1-109] pour la maladie de Hodgkin et 1,4 [0,1-18] pour les myélomes multiples, mais cette étude porte sur un nombre limité de vétérans (528 hommes) [12]. La plus récente étude sur les vétérans américains des essais nucléaires conduits entre 1945 et 1962 a comparé la mortalité entre les vétérans présents lors des essais les plus exposés et celle des moins exposés [13]. La mortalité toutes causes et la mortalité par cancers hématopoïétiques sont significativement augmentées (respectivement 1,22 [1,04-1,44] et 3,72 [1,28-10,83], mais comme dans notre travail, le risque relatif pour les leucémies (1,51 [0,2-9,7]) est inférieur à celui des autres hémopathies malignes (15,9 [1,8-136,2]), parmi*

lesquelles 2 décès par myélomes multiples et 5 par lymphomes non spécifiés. Dans notre étude, le risque relatif le plus élevé est celui des myélomes multiples (RR = 2,7 [0,7-8,3]), puis celui des lymphomes non hodgkiniens (RR = 1,9 [0,7-4,6]) ; celui des leucémies hors LLC est le moins élevé des trois hémopathies malignes : (RR = 1,3 [0,4-3,2]). Plus de 20 000 vétérans britanniques ont également été suivis et la mortalité a été comparée à la fois à celle d'une cohorte de témoins de même taille et à celle de la population britannique [15]. Il apparaît un excès de risque de mortalité dans le groupe des vétérans exposés par rapport au groupe témoin, pour les leucémies, une fois exclues les leucémies lymphoïdes chroniques (RR=1,83 [1,15-2,93]). Quand l'analyse porte sur une période restreinte de 2 à 25 ans après la première participation, le risque relatif est plus important : RR = 3,0 [1,3-7,4]. Si pour la première période de suivi jusqu'à 1990, le risque relatif pour le myélome multiple atteignait 1,9 [0,7-5,2], pour l'ensemble de la période 1952-1998, ce risque est de 1,3 [0,7-2,3]. En revanche, la mortalité par leucémies, et également par myélomes multiples, est similaire à celle de la population nationale. Dans notre étude également, la mortalité par hémopathies malignes chez les vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif est proche de celle observée dans la population française, avec un excès non significatif de 20%.

Enfin des *études de sensibilité* de différents types ont été réalisées. En premier lieu, la robustesse des résultats a été testée sur une cohorte dans laquelle ont été retirés trois groupes de vétérans présentant des particularités : les personnels de santé pour lesquels les dosimètres étaient attribués dans le cadre d'activités de radiologie médicale, les personnels civils et les personnes nées dans les territoires d'Outre Mer. Après exclusion de ces personnes, l'ensemble des résultats est similaire, les excès non significatifs pour les hémopathies malignes, les tumeurs du système nerveux central et les tumeurs osseuses persistent, avec une légère tendance à l'augmentation. La deuxième analyse de sensibilité ne permet pas d'indiquer un risque accru lié à une présence pendant les essais atmosphériques, mais l'analyse de la période des essais souterrains manque de puissance dans la mesure où seuls 13% des vétérans de la cohorte n'ont eu leur premier dosimètre qu'à partir de 1975.

Tout comme dans l'ensemble de la cohorte, les modèles de régression de Poisson conduites dans ces sous-populations mettent en évidence un excès significatif des hémopathies malignes.

L'étude comporte *plusieurs limites* qu'il convient d'évoquer.

L'étude concerne les seuls vétérans relevant du ministère de la Défense qui ont bénéficié d'une surveillance par dosimétrie externe et pour lesquels les résultats des dosimètres étaient disponibles. De ce fait, l'effectif total de l'étude est de 32 550 sujets. Suite aux contrôles de qualité et à la disponibilité des causes de décès, les analyses de mortalité n'ont pu porter que sur 26 625 sujets. Rappelons aussi que d'autres populations ont été présentes sur les sites d'expérimentations : le personnel du CEA et le personnel d'entreprises sous-traitantes ; elles ne sont pas incluses dans l'étude. La puissance de l'étude doit être discutée, avec un nombre de personnes incluses inférieur au nombre sur lequel s'était basé le calcul de puissance de l'étude (42 000). Il s'avère que l'étude de comparaison de la mortalité de l'ensemble de la cohorte avec celle de la population française a une puissance suffisante pour détecter des différences de mortalité significatives « toutes causes » et pour la plupart des causes étudiées (y compris pour les tumeurs). Les comparaisons à l'intérieur de la cohorte ont également une puissance suffisante pour détecter une différence de mortalité significative de faible importance pour l'ensemble des tumeurs, mais pas pour les causes spécifiques d'intérêt (hémopathies malignes dans l'ensemble ou par sous-catégorie, tumeurs du système nerveux central et osseuses). Un calcul des risques relatifs détectables avec les données disponibles a été effectué a posteriori et est présenté en annexe 14. Au final, il s'avère que la méthode de comparaison des ratios de mortalité standardisés n'avait pas la puissance nécessaire pour être en mesure de mettre en évidence un excès de mortalité pour les hémopathies malignes. En revanche, la modélisation par régression de Poisson, permettant un ajustement des résultats sur des facteurs de confusion comme l'âge atteint et la période mais également l'appartenance et la région de naissance, met en évidence un risque relatif significativement augmenté chez les vétérans ayant eu au moins un dosimètre positif. En revanche, les faibles effectifs des autres causes d'intérêt (notamment leucémies hors LLC, myélomes multiples, lymphomes non hodgkiniens) ne permettent pas la mise en place de modèles multivariés suffisamment robustes.

Pour les personnes responsables des fichiers transmis, il est improbable qu'il y ait d'importantes erreurs de classification entre les deux sous populations de vétérans. Le document du Ministère de la Défense « La dimension radiologique des essais nucléaires français en Polynésie. A l'épreuve des faits » [1] rapporte les opérations particulières qui ont donné lieu à des expositions. Avant 1975, il s'agissait des missions de pénétration pilotée et de poursuite de nuages, des missions d'écoute des réseaux de bouées radiologiques, des investigations et prélèvements dans la zone de retombées proches, du repérage et du chalutage

des têtes de fusées tirées dans le nuage, de la réception des missions aéroportées et de la décontamination des matériels. A partir de 1975, seul le personnel effectuant des opérations spécifiques suivantes étaient susceptibles d'être exposés : montage des engins nucléaires à tester, exécution des post-forages après les essais, traitement des échantillons de lave issus des cavités et décontamination des instruments de forage. Les premières années, 1966 à 1968, la plupart du personnel recevait un dosimètre mensuel quels que soient son activité professionnelle, sa fonction, la durée du séjour ou le lieu de travail. A partir de 1969, les dosimètres mensuels étaient attribués aux vétérans sur des critères de risque d'exposition lors de leurs activités professionnelles, soit 52 750 dosimètres distribués parmi lesquels 3 425 supérieurs au seuil de détection [1]. Après 1974, période des essais souterrains, la surveillance dosimétrique était aussi fonction de l'affectation et de la période de présence sur site et était limitée aux personnels susceptibles d'être exposés dans leur poste de travail, soit 5 200 dosimètres distribués dont 2 124 supérieurs au seuil de détection. Ainsi, les vétérans dont au moins un des dosimètre a dépassé le seuil de détection (0,2 mSv) représenteraient la totalité des vétérans exposés aux radiations, tandis que les vétérans dont tous les dosimètres ont été négatifs représenteraient une fraction des vétérans qui n'ont pas été exposés à des doses supérieures à ce seuil à chacune des fois où ils ont porté un dosimètre. Rappelons que dans le cadre de cette étude, seule la dosimétrie externe a été considérée. Des mesures de l'exposition interne (examens anthropogammamétriques et analyses radiotoxicologiques) ont pu par ailleurs être réalisées dans le cadre de la surveillance médicale du personnel.

Le niveau moyen des doses externes individuelles n'est pas exploité dans le cadre de cette étude ; de même les dates des dosimètres positifs ne sont pas connues. Le document déjà cité du Ministère de la Défense [1] documente les doses annuelles calendaires reçues. Pour la période des essais atmosphériques (avant 1975), après exclusion du personnel médical, 2 701 personnes ont reçu une dose annuelle calendaire comprise entre 0,2 et 1 mSv, 1 303 une dose entre 1 et 5 mSv, 234 une dose entre 5 et 15 mSv, 42 une dose entre 15 et 30 mSv, 12 une dose entre 30 et 50 mSv et 3 une dose supérieure à 50 (respectivement 60, 120 et 180 mSv). Pendant la période des essais souterrains, 2 104 doses annuelles individuelles ont été supérieures à 0,2 mSv (hors personnel médical), dont 1 788 doses comprises entre 0,2 et 1 mSv, 325 doses entre 1 et 5 mSv, 10 doses entre 5 et 15 mSv et 1 dose entre 15 et 30 mSv. Rappelons que dans ce travail, l'information sur l'exposition est disponible à l'échelle individuelle pour toute la période d'étude et qu'un individu a pu avoir un dosimètre positif à plusieurs reprises.

Le statut vital et les causes de décès ont pu être identifiés pour 82% des vétérans de la cohorte, mais pour 18% les informations nécessaires à la connaissance du statut vital et a fortiori des causes de décès n'étaient pas disponibles. Ces personnes n'ont pas pu être prises en compte dans les analyses de mortalité (personnes-années non comptabilisées), donc un biais de sélection ne peut être exclu, pouvant entraîner une surestimation ou une sous-estimation des risques de mortalité. Par ailleurs, il est impossible de décrire les caractéristiques de ces personnes.

Le statut vital a été déterminé à partir du RNIPP, source qui ne permet pas de connaître les décès survenus à l'étranger. Néanmoins, le taux d'appariement est très bon puisque la cause a été identifiée pour 96,8% des décès. Seules les données du RNIPP, basées sur les certificats de décès ont été utilisées. La qualité de ces certificats n'est pas parfaite [20]. Néanmoins dans la mesure où cette même source d'information est utilisée pour la population étudiée et la population de référence, l'utilisation de ces données ne peut introduire de biais dans les résultats de ce point de vue. Par ailleurs, trois différentes classifications des causes de décès (CIM) ont dû être utilisées pour la période d'étude. Ce travail s'est basé dans la mesure du possible sur un classement existant Eurostat qui permet d'harmoniser les différents codes pour une même affection. Là encore, dans la mesure où les mêmes classements ont été opérés sur la cohorte et la population de référence, aucun biais ne peut advenir.

A côté du biais du travailleur sain, un autre biais peut être évoqué. En effet la population étudiée n'a pas la même distribution géographique que la population française dans son ensemble, avec notamment une surreprésentation de certaines régions, en particulier la Bretagne. Or des inégalités des taux de mortalité, en particulier pour les décès par tumeur selon les régions françaises ont été décrites [21] et sont d'ailleurs mises en évidence dans les modèles multivariés.

Dans cette étude, comme dans beaucoup d'études de mortalité, aucun facteur de confusion individuel n'a pu être pris en compte. La mortalité est pourtant dépendante d'un grand nombre de facteurs individuels comme le tabagisme (actif et passif), la consommation d'alcool, l'histoire professionnelle, l'hygiène de vie (alimentation, activité sportive), le niveau socio-économique, le statut marital, l'hérédité etc. Les résultats de modélisation sont donc à interpréter avec précaution puisqu'ils ne sont pas ajustés sur ces facteurs individuels.

Enfin, une autre limite tient au fait que l'étude n'a pas forcément assez de recul, du fait du délai habituel d'apparition des maladies radio-induites. Ajoutons à cela que la mortalité ne permet d'expliquer les conséquences sanitaires que de façon partielle. Des maladies radio-induites peuvent survenir chez les vétérans encore vivants ou des vétérans peuvent avoir été

atteints de maladies pouvant être radio-induites sans que cette maladie n'ait entraîné de décès. De même des troubles non directement responsables de décès peuvent également être liés aux rayonnements ionisants, telles des perturbations du système immunitaire qui ne peuvent pas être étudiées dans une étude de mortalité.

Le temps de latence entre l'exposition et la survenue de l'événement associé n'a pas été pris en compte. Il apparaît que plusieurs auteurs retiennent un décalage d'au moins 10 ans pour les cancers radio-induits, à l'exception des leucémies pour lesquelles ce temps de latence serait plus bref, avec un risque prédominant pour la période de 2 à 25 ans après l'exposition [15]. Pour prendre en compte le temps de latence d'apparition dans cette étude, il serait nécessaire de faire l'hypothèse que l'exposition a démarré à la date d'attribution du premier dosimètre. Dans la mesure où dans la cohorte étudiée, seul un cas d'hémopathie maligne (leucémie) est survenu moins de 2 ans après l'attribution du premier dosimètre (sous population « dosimètres nuls »), aucune analyse complémentaire n'a été réalisée.

Enfin, les résultats présentés ne concernent que les hommes, puisque cette cohorte est constituée à 99,6% d'hommes.

Malgré les limites évoquées, cette étude constitue un bilan robuste de la mortalité des vétérans présents sur les sites du CEP. Les méthodes employées sont celles qui sont préconisées dans ce type d'étude. La méthodologie statistique est basée sur des comparaisons de mortalité avec référence externe, c'est à dire la population nationale et des comparaisons avec référence interne, avec deux types de méthodes : comparaison des ratios de mortalité standardisés et régressions de Poisson. Toutes les méthodes utilisées permettent de prendre en compte l'âge et la période calendaire. La taille de la cohorte, même si elle n'inclut pas l'ensemble des vétérans ayant été présents lors des essais nucléaires, est de taille importante avec plus de 26 000 personnes et le suivi est effectué pour une durée médiane de 40 ans pour la période d'étude 1966-2008.

Pour compléter les résultats de cette étude, la conduite d'une étude de morbidité a été décidée. Elle aura pour objectif d'évaluer l'existence d'une éventuelle sur-morbidité parmi les personnels toujours vivants au 1^{er} janvier 2009. L'étude se basera sur les données d'admission en Affections de Longue Durée (ALD) pendant la période 2003-2007.

D'autre part, malgré un suivi d'une durée médiane de 40 ans, 79% des vétérans inclus dans l'étude sont encore vivants à la date de fin d'étude avec un âge médian de 62 ans. Cette cohorte est donc encore jeune et il serait intéressant de renouveler les analyses. En effet, c'est dans les années futures qu'elle fournira l'essentiel de l'information sur la mortalité.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Ministère de la Défense. La dimension radiologique des essais nucléaires français en Polynésie. A l'épreuve des faits. 2006.

[2] Rapport IRSN / DRPH / 2006-01. Laurier D., Gourmelon P. : Evaluation du risque radio-induit chez une cohorte « fictive » de personnels ayant participé aux expérimentations nucléaires dans le pacifique et suivis en dosimétrie externe – Calcul du nombre de décès spontanés attendus du risque détectable et du risque radio-induit.

[3] Site INED : <http://www.ined.fr>

[4] Site Eco-Santé : <http://www.ecosante.fr>

[5] CépiDc (Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès) : <http://www.cepidc.vesinet.inserm.fr>

[6] Logiciel ARTICQUE : <http://www.articque.com>

[7] Breslow & Day Statistical methods in cancer research. Volume II – the design and analysis of cohort studies. IARC Scientific publication No82.1987.

[8] INSERM. Epidémiologie Principes et méthodes quantitatives J.Bouyer, D. Hémon, S. Cordier, F.Derriennic, I.Stucker, B. Stengel, J. Clavel. Août 1994.

[9] Goldberg M, Luce D. Les effets de sélection dans les cohortes épidémiologiques. Nature, causes et conséquences. Rev Epidemiol Santé Publique 2001 ;477-92.

[10] Pearce N, Prior I, Methven D, et al. Follow-up of New-Zealand participants in British atmospheric nuclear weapons tests in the Pacific. Br Med J 1990;300:1161-6.

[11] Watanabe KK, Kang HK, Dalager NA. Cancer mortality risk among military participants of a 1958 atmospheric nuclear weapons test. Am J Public Health 1995;85:523-7.

[12] Pearce N, Winkelmann R, Kennedy J, et al. Further follow-up of New-Zealand participants in United Kingdom atmospheric nuclear weapons tests in the Pacific. *Cancer Causes and Control* 1997;8:139-45.

[13] Dalager NA, Kang HK, Mahan CM. Cancer mortality among the highest exposed US atmospheric nuclear test participants. *J Occup Environ Med* 2000;42:798-805.

[14] Darby SC, Kendall GM, Fell TP, et al. Further follow-up of mortality and incidence of cancer in men from the United Kingdom who participated in the United Kingdom's atmospheric nuclear weapon tests and experimental programmes. *BMJ* 1993;307:1530-35.

[15] Muirhead C, Bingham D, Haylock RGE, et al. Follow-up of mortality and incidence of cancer 1952-98 in men from the UK who participated in the UK's atmospheric nuclear weapon tests and experimental programmes. *Occup Environ Med* 2003;60:165-72.

[16] Gun R, Parsons J, Ryan P, Crouch P, Hiller J. Australian participants in British nuclear tests in Australia. Vol 2 Mortality and cancer incidence. Department of Veterans' Affairs, Canberra, 2006.

[17] INSERM. *Cancers-environnement*. Editions INSERM, octobre 2008, 907 pages. Collection Expertise Collective.

[18] Preston DL, Ron E, Tokuoka S, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat Res* 2007; 168:1-64.

[19] Telle-Lamberton M, Samson E, Caër S, et al. External radiation exposure and mortality in a cohort of French nuclear Workers. *Occup Environ Med* 2007;64:694-700.

[20] Laplanche A. Qualité des certificats de décès en cas de décès par cancer en France. *Bulletin du Cancer* 1998 ; 85 : 967-969.

[21] Atlas de la santé en France. Les causes de décès (volume 1). Gérard Salem, Stéphane Rican, Éric Jouglu, Cyrille Suss.

Table des tableaux

Tableau 1 : Répartition des vétérans selon l'âge et le sexe	30
Tableau 2 : Répartition des dosimètres nuls et non nuls selon le statut vital	34
Tableau 3 : Nombre de dosimètres non nuls parmi les vétérans « dosimètres non nuls »	34
Tableau 4 : Répartition des appartenances	38
Tableau 5 : Nombre de dosimètres attribués selon l'appartenance	39
Tableau 6 : Grandes causes de décès.....	41
Tableau 7 : Causes de décès : tumeurs	42
Tableau 8 : Causes de décès : tumeurs malignes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	43
Tableau 9 : Causes de décès : tumeurs malignes du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon.....	44
Tableau 10 : Causes de décès : maladies de l'appareil circulatoire.....	44
Tableau 11 : Causes de décès : maladies de l'appareil digestif.....	45
Tableau 12 : Maladies chroniques du foie.....	45
Tableau 13 : Causes de décès : maladies de l'appareil génito-urinaire	46
Tableau 14 : SMR « toutes causes de décès » pour la période 1966 – 2008.....	47
Tableau 15 : SMR « toutes causes de décès » selon la période (cohorte vs population française)	48
Tableau 16 : SMR « toutes causes de décès » selon l'âge (cohorte vs population française)	48
Tableau 17 : SMR « grandes causes de décès » pour la période 1966 – 2008	49
Tableau 18 : SMR « tumeurs malignes » pour la période 1966 – 2008	50
Tableau 19 : SMR « maladies de l'appareil circulatoire » pour la période 1966 – 2008	51
Tableau 20 : SMR « maladies de l'appareil digestif » pour la période 1966 – 2008	51
Tableau 21 : Ratios standardisés « toutes causes de décès » pour la période 1966 – 2008.....	52
Tableau 22 : Ratios standardisés « grandes causes » pour la période 1966 – 2008	52
Tableau 23 : Ratios standardisés « tumeurs malignes » pour la période 1966 – 2008	53
Tableau 24 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil circulatoire » pour la période 1966 – 2008	54
Tableau 25 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil digestif » pour la période 1966 – 2008	54
Tableau 26 : Modèle final de Poisson pour la mortalité toutes causes.....	56
Tableau 27 : Modèle final de Poisson pour la mortalité par tumeurs.....	57
Tableau 28 : Modèle final de Poisson pour la mortalité par tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques.....	58
Tableau 29 : SMR « toutes causes » (cohorte « homogène » vs population française)	60
Tableau 30 : SMR « grandes causes de décès » (cohorte « homogène » vs population française)	60
Tableau 31 : SMR « tumeurs malignes » (cohorte « homogène » vs population française)	61
Tableau 32 : SMR « maladies appareil circulatoire » (cohorte « homogène » vs pop. française)	61
Tableau 33 : SMR « maladies appareil digestif » (cohorte « homogène » vs population française)	61
Tableau 34 : Ratios standardisés « toutes causes » cohorte « homogène »	62
Tableau 35 : Ratios standardisés « grandes causes de décès » cohorte « homogène »	62
Tableau 36 : Ratios standardisés « tumeurs malignes » cohorte « homogène »	63
Tableau 37 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil circulatoire » cohorte « homogène »	63
Tableau 38 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil digestif » cohorte « homogène »	63
Tableau 39 : SMR « toutes causes de décès » avant/après 1975 (cohorte vs population française)	64
Tableau 40 : SMR « grandes causes de décès » avant/après 1975 (cohorte vs population française) ..	65
Tableau 41 : SMR « tumeurs malignes » avant/après 1975 (cohorte vs population française).....	65
Tableau 42 : SMR « maladies de l'appareil circulatoire » avant/après 1975	65
Tableau 43 : SMR « maladies de l'appareil digestif » avant/après 1975	66
Tableau 44 : Ratios standardisés « toutes causes de décès » avant/après 1975.....	66
Tableau 45 : Ratios standardisés « grandes causes de décès » avant/après 1975.....	66
Tableau 46 : Ratios standardisés « tumeurs malignes » avant/après 1975.....	67
Tableau 47 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil circulatoire » avant/après 1975.....	67
Tableau 48 : Ratios standardisés « maladies de l'appareil digestif » avant/après 1975.....	67
Tableau 49 : Les résultats de la dosimétrie selon l'appartenance chez les femmes	95
Tableau 50 : Causes de décès chez les femmes.....	95
Tableau 51 : Répartition des vétérans selon les régions françaises, les DOM-TOM et l'étranger.....	96

Tableau 52 : Répartition des causes de décès selon la période	99
Tableau 53 : SMR « grandes causes de décès » par période	100
Tableau 54 : Répartition des causes de décès selon l'âge	101
Tableau 55 : SMR de mortalité « grandes causes de décès » par tranche d'âge	102
Tableau 56 : SMR « toutes causes de décès » pour la période 1966 – 2008	103
Tableau 57 : SMR « grandes causes » pour la période 1966 – 2008.....	103
Tableau 58 : SMR « tumeurs malignes » pour la période 1966 – 2008	104
Tableau 59 : SMR « maladies de l'appareil circulatoire » pour la période 1966 – 2008	105
Tableau 60 : SMR « maladies de l'appareil digestif » pour la période 1966 – 2008	105
Tableau 61 : Causes de décès dans les trois groupes.....	106
Tableau 62 : Répartition des causes de décès dans les deux sous-populations selon la période.....	107
Tableau 63 : SMR observés et détectables	108
Tableau 64: Risques relatifs observés et détectables.....	109

Table des figures

Figure 1 : Frise chronologique « organisation de l'étude ».....	10
Figure 2 : Organigramme « mise en place de la cohorte ».....	15
Figure 3 : Schéma « dates de l'étude ».....	22
Figure 4 : Comparaison des vétérans « exclus » vs « inclus » selon l'appartenance	28
Figure 5 : Comparaison des vétérans « exclus » vs « inclus » selon l'année de naissance	29
Figure 6 : Répartition des vétérans selon leur région de naissance	31
Figure 7 : Répartition de l'année de naissance des vétérans	32
Figure 8 : Répartition de l'année d'entrée dans la cohorte selon les résultats de dosimétrie	33
Figure 9 : Répartition de l'année de décès des vétérans.....	35
Figure 10 : Répartition de l'âge au décès selon les résultats de dosimétrie	36
Figure 11 : Distribution des personnes-années de la cohorte dans le temps	37
Figure 12 : Répartition des deux sous-populations selon l'appartenance	40
Figure 13 : Liste des essais aériens	82
Figure 14 : Liste des essais souterrains	85
Figure 15 : Classement Eurostat des causes de maladies	93
Figure 16 : Schéma méthode de calcul du SMR	94
Figure 17 : Répartition de l'âge au décès selon l'appartenance	97
Figure 18 : Distribution des causes de décès manquantes par année	98

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des essais nucléaires du Pacifique

	Date	Nom de l'essai	Mode	Lieu
1	2-juil.-66	Aldébaran	Barge	Mururoa
2	19-juil.-66	Tamouré	Mirage IV	Fangataufa
3	21-juil.-66	Ganymède	Exp. sécurité (tour)	Mururoa
4	11-sept.-66	Bételgeuse	Ballon	Mururoa
5	24-sept.-66	Rigel	Barge	Fangataufa
6	4-oct.-66	Sirius	Barge	Mururoa
7	5-juin-67	Altair	Ballon	Mururoa
8	27-juin-67	Antarès	Ballon	Mururoa
9	2-juil.-67	Arcturus	Barge	Mururoa
10	7-juil.-68	Capella	Ballon	Mururoa
11	15-juil.-68	Castor	Ballon	Mururoa
12	3-août-68	Pollux	Ballon	Mururoa
13	24-août-68	Canopus	Ballon	Fangataufa
14	8-sept.-68	Procyon	Ballon	Mururoa
15	15-mai-70	Andromède	Ballon	Mururoa
16	22-mai-70	Cassiopee	Ballon	Mururoa
17	30-mai-70	Dragon	Ballon	Fangataufa
18	24-juin-70	Eridan	Ballon	Mururoa
19	3-juil.-70	Licorne	Ballon	Mururoa
20	27-juil.-70	Pégase	Ballon	Mururoa
21	2-août-70	Orion	Ballon	Fangataufa
22	6-août-70	Toucan	Ballon	Mururoa
23	5-juin-71	Dioné	Ballon	Mururoa
24	12-juin-71	Encelade	Ballon	Mururoa
25	4-juil.-71	Japet	Ballon	Mururoa
26	8-août-71	Phoebé	Ballon	Mururoa
27	14-août-71	Rhéa	Ballon	Mururoa
28	25-juin-72	Umbriel	Ballon	Mururoa
29	30-juin-72	Titania	Ballon	Mururoa
30	27-juil.-72	Obéron	Ballon	Mururoa
31	31-juil.-72	Ariel	Exp. sécurité (tour)	Mururoa
32	21-juil.-73	Euterpe	Ballon	Mururoa
33	28-juil.-73	Melpomène	Ballon	Mururoa
34	18-août-73	Pallas	Ballon	Mururoa
35	24-août-73	Parthénope	Ballon	Mururoa
36	28-août-73	Tamara	Mirage III	Mururoa
37	13-sept.-73	Vesta	Exp. sécurité (tour)	Mururoa
38	16-juin-74	Capricorne	Ballon	Mururoa
39	1-juil.-74	Bélier	Exp. sécurité (tour)	Mururoa
40	7-juil.-74	Gémeaux	Ballon	Mururoa
41	17-juil.-74	Centaure	Ballon	Mururoa
42	25-juil.-74	Maquis	Jaguar A	Mururoa
43	28-juil.-74	Persée	Exp. sécurité (tour)	Mururoa
44	14-août-74	Scorpion	Ballon	Mururoa
45	24-août-74	Taureau	Ballon	Mururoa
46	14-sept.-74	Verseau	Ballon	Mururoa
47	5-juin-75	Achille	puits à terre	Fangataufa
48	26-nov.-75	Hector	puits à terre	Fangataufa
49	3-avr.-76	Patrocle	puits à terre	Mururoa
50	11-juil.-76	Ménélas	puits à terre	Mururoa
51	22-juil.-76	Calypso	puits à terre	Mururoa
52	30-oct.-76	Ulysse A	puits à terre	Mururoa

	Date	Nom de l'essai	Mode	Lieu
53	5-déc.-76	Astyanax	puits à terre	Mururoa
54	19-févr.-77	Ulysse B	puits à terre	Mururoa
55	19-mars-77	Nestor	puits à terre	Mururoa
56	2-avr.-77	Oedipe	puits à terre	Mururoa
57	28-juin-77	Andromaque	puits à terre	Mururoa
58	6-juil.-77	Ajax	puits à terre	Mururoa
59	12-juil.-77	Clytemnestre	puits à terre	Mururoa
60	12-nov.-77	Oreste	puits à terre	Mururoa
61	24-nov.-77	Enée	puits à terre	Mururoa
62	17-déc.-77	Laocoon	puits à terre	Mururoa
63	27-févr.-78	Polyphème	puits à terre	Mururoa
64	22-mars-78	Pylade	puits à terre	Mururoa
65	25-mars-78	Hécube	puits à terre	Mururoa
66	1-juil.-78	Xanthos	puits à terre	Mururoa
67	19-juil.-78	Arès	puits à terre	Mururoa
68	26-juil.-78	Idoménée	puits à terre	Mururoa
69	2-nov.-78	Schédios	puits à terre	Mururoa
70	14-nov.-78	Aphrodite	puits à terre	Mururoa
71	30-nov.-78	Priam	puits à terre	Mururoa
72	17-déc.-78	Étéocle	puits à terre	Mururoa
73	19-déc.-78	Eumée	puits à terre	Mururoa
74	1-mars-79	Penthésilée	puits à terre	Mururoa
75	9-mars-79	Philoctète	puits à terre	Mururoa
76	24-mars-79	Agapénor	puits à terre	Mururoa
77	4-avr.-79	Polydore	puits à terre	Mururoa
78	18-juin-79	Pyrrhos	puits à terre	Mururoa
79	29-juin-79	Egiste	puits à terre	Mururoa
80	25-juil.-79	Tydée	puits à terre	Mururoa
81	28-juil.-79	Palamède	puits à terre	Mururoa
82	19-nov.-79	Chrysotémis	puits à terre	Mururoa
83	22-nov.-79	Atrée	puits à terre	Mururoa
84	23-févr.-80	Thyeste	puits à terre	Mururoa
85	3-mars-80	Adraste	puits à terre	Mururoa
86	23-mars-80	Thésée	puits à terre	Mururoa
87	1-avr.-80	Boros	puits à terre	Mururoa
88	4-avr.-80	Pélops	puits à terre	Mururoa
89	16-juin-80	Eurypyle	puits à terre	Mururoa
90	21-juin-80	Ilus	puits à terre	Mururoa
91	6-juil.-80	Chrysès	puits à terre	Mururoa
92	9-juil.-80	Léda	puits à terre	Mururoa
93	19-juil.-80	Asios	puits à terre	Mururoa
94	25-nov.-80	Laërte	puits à terre	Mururoa
95	3-déc.-80	Diomède	puits à terre	Mururoa
96	27-févr.-81	Brotéas	puits à terre	Mururoa
97	6-mars-81	Tyro	puits à terre	Mururoa
98	28-mars-81	Iphiclès	puits à terre	Mururoa
99	10-avr.-81	Clymène	sous lagon	Mururoa
100	8-juil.-81	Lyncée	puits à terre	Mururoa

	Date	Nom de l'essai	Mode	Lieu
101	11-juil.-81	Eryx	puits à terre	Mururoa
102	18-juil.-81	Théras	puits à terre	Mururoa
103	3-août-81	Agénor	puits à terre	Mururoa
104	6-nov.-81	Léto	puits à terre	Mururoa
105	11-nov.-81	Proclès	puits à terre	Mururoa
106	5-déc.-81	Cilix	puits à terre	Mururoa
107	8-déc.-81	Cadmos	sous lagon	Mururoa
108	20-févr.-82	Aérope	puits à terre	Mururoa
109	24-févr.-82	Déiphobe	puits à terre	Mururoa
110	20-mars-82	Rhésos	sous lagon	Mururoa
111	23-mars-82	Evénos	puits à terre	Mururoa
112	31-mars-82	Aéson	puits à terre	Mururoa
113	27-juin-82	Laodice	puits à terre	Mururoa
114	1-juil.-82	Antilokos	puits à terre	Mururoa
115	21-juil.-82	Pitane	puits à terre	Mururoa
116	25-juil.-82	Laios	sous lagon	Mururoa
117	27-nov.-82	Procris	puits à terre	Mururoa
118	19-avr.-83	Eurytos	sous lagon	Mururoa
119	25-avr.-83	Automédon	puits à terre	Mururoa
120	25-mai-83	Cinyras	sous lagon	Mururoa
121	18-juin-83	Burisis	puits à terre	Mururoa
122	28-juin-83	Oxylos	sous lagon	Mururoa
123	20-juil.-83	Battos	puits à terre	Mururoa
124	4-août-83	Carnabon	sous lagon	Mururoa
125	3-déc.-83	Linos	puits à terre	Mururoa
126	7-déc.-83	Gygès	sous lagon	Mururoa
127	3-mai-84	Démophon	puits à terre	Mururoa
128	12-mai-84	Midas	sous lagon	Mururoa
129	12-juin-84	Aristée	puits à terre	Mururoa
130	16-juin-84	Echémos	sous lagon	Mururoa
131	27-oct.-84	Machaon	puits à terre	Mururoa
132	2-nov.-84	Acaste	sous lagon	Mururoa
133	1-déc.-84	Miléto	puits à terre	Mururoa
134	6-déc.-84	Memnon	sous lagon	Mururoa
135	3-avr.-85	Cercyon	puits à terre	Mururoa
136	8-mai-85	Nisos	sous lagon	Mururoa
137	3-juin-85	Talaos	puits à terre	Mururoa
138	7-juin-85	Erginos	sous lagon	Mururoa
139	24-oct.-85	Héro	puits à terre	Mururoa
140	26-oct.-85	Codros	sous lagon	Mururoa
141	24-nov.-85	Zétès	puits à terre	Mururoa
142	26-nov.-85	Mégarée	sous lagon	Mururoa
143	26-avr.-86	Hyllos	puits à terre	Mururoa
144	6-mai-86	Céto	puits à terre	Mururoa
145	27-mai-86	Sthénélos	puits à terre	Mururoa
146	30-mai-86	Galatée	sous lagon	Mururoa
147	10-nov.-86	Hésione	puits à terre	Mururoa
148	12-nov.-86	Nauplios	sous lagon	Mururoa

	Date	Nom de l'essai	Mode	Lieu
149	6-déc.-86	Pénéleos	puits à terre	Mururoa
150	10-déc.-86	Circé	sous lagon	Mururoa
151	5-mai-87	Jocaste	sous lagon	Mururoa
152	20-mai-87	Lycomède	sous lagon	Mururoa
153	6-juin-87	Dircé	sous lagon	Mururoa
154	21-juin-87	Iphitos	sous lagon	Mururoa
155	23-oct.-87	Hélénos	sous lagon	Mururoa
156	5-nov.-87	Pasiphaé	sous lagon	Mururoa
157	19-nov.-87	Peléé	sous lagon	Mururoa
158	29-nov.-87	Danaé	sous lagon	Mururoa
159	11-mai-88	Nelée	sous lagon	Mururoa
160	25-mai-88	Niobé	sous lagon	Mururoa
161	16-juin-88	Antigone	sous lagon	Mururoa
162	23-juin-88	Déjanire	sous lagon	Mururoa
163	25-oct.-88	Acrisios	sous lagon	Mururoa
164	5-nov.-88	Thrasymédès	sous lagon	Mururoa
165	23-nov.-88	Phères	sous lagon	Mururoa
166	30-nov.-88	Cycnos	sous lagon	Fangataufa
167	11-mai-89	Epéios	sous lagon	Mururoa
168	20-mai-89	Tecmessa	sous lagon	Mururoa
169	3-juin-89	Nyctée	sous lagon	Mururoa
170	10-juin-89	Cyzicos	sous lagon	Fangataufa
171	24-oct.-89	Hypsipyle	sous lagon	Mururoa
172	31-oct.-89	Erigone	sous lagon	Mururoa
173	20-nov.-89	Tros	sous lagon	Mururoa
174	25-nov.-89	Danus	puits à terre	Mururoa
175	27-nov.-89	Lycos	sous lagon	Fangataufa
176	2-juin-90	Téléphe	sous lagon	Mururoa
177	7-juin-90	Mégapenthès	sous lagon	Mururoa
178	26-juin-90	Cypsélos	sous lagon	Fangataufa
179	4-juil.-90	Anticlée	sous lagon	Mururoa
180	14-nov.-90	Hyrtacos	sous lagon	Fangataufa
181	21-nov.-90	Thoas	sous lagon	Mururoa
182	7-mai-91	Mélanippe	sous lagon	Mururoa
183	18-mai-91	Alcinoos	sous lagon	Mururoa
184	29-mai-91	Périclyménos	sous lagon	Fangataufa
185	14-juin-91	Pitthée	sous lagon	Mururoa
186	5-juil.-91	Coronis	sous lagon	Mururoa
187	15-juil.-91	Lycurgue	sous lagon	Mururoa
188	5-sept.-95	Thétys	sous lagon	Mururoa
189	1-oct.-95	Ploutos	sous lagon	Fangataufa
190	27-oct.-95	Aepytos	sous lagon	Mururoa
191	21-nov.-95	Phégée	sous lagon	Mururoa
192	27-déc.-95	Thémisto	sous lagon	Mururoa
193	27-janv.-96	Xouthos	sous lagon	Fangataufa

Figure 13 : Liste des essais du Pacifique

Annexe 2 : Effets sanitaires des radiations ionisantes : maladies radio-induites

L'exposition aux rayonnements ionisants, qui peut être externe (avec ou sans contact cutané) ou interne (ingestion, inhalation ou pénétration par contact de substances radioactives), joue un rôle sur l'état de santé des populations exposées et représente un facteur de risque reconnu de plusieurs maladies.

Les rayonnements ionisants ont fait l'objet de nombreuses études épidémiologiques. Ces études se sont intéressées à des populations et des modes d'exposition très variés, tels que les survivants des bombardements atomiques de Hiroshima et Nagasaki au Japon, les professionnels exposés (radiologues et techniciens radiologistes, personnel navigant, travailleurs du nucléaire civil), les personnes vivant à proximité de sites nucléaires et celles vivant dans les zones contaminées par l'accident de Tchernobyl en Ukraine, la population générale dans le cas de l'exposition au radon, les personnes touchées par les retombées des essais nucléaires, ou les patients exposés médicalement (radiodiagnostic, médecine nucléaire et radiothérapie).

Parmi les maladies étudiées, figurent les cancers dits « radio-induits ». Ils ont la particularité de se déclarer plusieurs années après l'exposition et de ne pas être différents des autres cancers, induits par d'autres facteurs de risque [INSERM, 2008 ; UNSCEAR, 2000]. Les rayonnements ionisants sont d'ailleurs classés comme cancérogènes certains pour l'homme par l'IARC.

Les types de cancers radio-induits les plus évoqués sont **les hémopathies malignes (leucémies, myélome multiple, lymphomes non-hodgkiniens ou LNH) et les cancers du poumon, du sein, du système nerveux central et de la thyroïde** [UNSCEAR, 2000 ; INSERM, 2008].

L'étude de la cohorte des *survivants des bombardements de Hiroshima et Nagasaki* au Japon, incluant plus de 86 000 personnes pour lesquelles la dose a été estimée, représente une des principales sources d'information sur les effets cancérogènes des rayonnements ionisants. Pour les *leucémies*, comparativement aux cancers solides, l'augmentation du risque de leucémie apparaît beaucoup plus tôt après l'exposition (quelques années au lieu de quelques

dizaines d'années), et pour une dose donnée, l'augmentation du risque est beaucoup plus forte. De plus, l'excès de risque par unité de dose est plus élevé pour une exposition pendant l'enfance qu'à l'âge adulte, mais cet excès de risque par unité de dose diminue avec le délai depuis l'exposition [INSERM, 2008]. Une association entre l'exposition et le risque de **LNH** a été observée chez les hommes, mais pas chez les femmes [INSERM, 2008]. Pour le **cancer du poumon**, une augmentation du risque de décès après l'exposition avec un délai de latence moyen d'environ 20 ans a été mise en évidence. Après prise en compte de la consommation individuelle de tabac, l'excès de risque par unité de dose diminue avec le délai depuis l'exposition [INSERM, 2008]. Pour le cancer de la **thyroïde**, il existe un excès de risque relatif de cancer qui diminue avec l'âge à l'exposition [Preston, 2007]. Pour le **cancer du sein**, le suivi de près de 70 000 femmes suivies 45 ans en moyenne, a montré une relation dose-effet linéaire, mais une sensibilité diminuée avec l'âge à l'irradiation [Land, 2003]. Si aucune association n'a été montrée avec le risque de mortalité par **tumeur du système nerveux central**, des analyses fondées sur des données d'incidence et d'autopsies font apparaître une augmentation du risque avec la dose pour les **gliomes**, les **méningiomes** et une augmentation plus forte pour les **neurinomes** [INSERM, 2008].

Ces résultats ont été retrouvés dans d'autres études menées au sein des *populations ayant été exposées aux radiations ionisantes durant leur vie professionnelle*. Il s'agit notamment de l'étude internationale incluant des travailleurs de l'industrie nucléaire de 15 pays, soit plus de 400 000 individus [Cardis, 2007 ; Vrijheid, 2007a]. Une augmentation de risque de décès a été retrouvée avec l'exposition externe aux radiations pour la **leucémie**, le **myélome multiple** et le **cancer du poumon**. En ce qui concerne la mortalité par **cancer de la thyroïde**, aucun excès de mortalité n'a pu être mis en évidence, mais la mortalité n'est pas un bon indicateur de l'incidence du cancer de la thyroïde. En France, une étude a été menée auprès de 30 000 travailleurs du nucléaire. Cette étude de cohorte a rapporté un excès de **myélome multiple** et une relation dose-réponse pour le risque de **leucémie** (leucémies lymphoïdes chroniques exclues) [Telle-Lamberton, 2007].

Le constat est similaire pour les *personnes ayant été exposées aux radiations ionisantes présentes dans l'environnement* (exposition industrielle provenant des rejets ou des retombées d'accidents nucléaires). Les résultats récents issus de la cohorte des riverains de la rivière Tetcha en Oural (près de 30 000 individus depuis 1950) mettent en évidence une relation dose-effet pour les **leucémies** hors LLC [INSERM, 2008]. Un excès de cas de **leucémies**

infantiles a également été identifié récemment en Allemagne chez des enfants vivants à proximité d'une centrale nucléaire [Kaatsch, 2008]. Cependant, la synthèse des études internationales dans ce domaine réalisée par l'IRSN conclut à l'absence d'augmentation de la fréquence des leucémies chez les enfants vivants autour des industries nucléaires [IRSN, 2008]. Une étude cas-témoins réalisée sur des enfants exposés avant l'âge de 15 ans dans les zones les plus contaminées par l'accident nucléaire de Tchernobyl en 1986 en Ukraine, montre un excès de risque relatif de **cancer thyroïdien** significatif selon la dose reçue ; de plus il a été estimé que le risque était multiplié par 3 en cas de déficience iodée [Cardis 2005b]. L'effet chez les adultes exposés est cependant beaucoup moins documenté et démontré [INSERM, 2008]. Une étude géographique a également été réalisée dans ces zones et a montré une augmentation du risque de **cancer du sein** durant la période allant de 1997 à 2001, chez les femmes habitant dans les districts les plus contaminés par rapport à d'autres districts moins contaminés, mais les résultats de cette étude n'ont pas été confirmés par d'autres études [INSERM, 2008].

L'exposition aux *radiations ionisantes dans un cadre médical*, surtout à l'adolescence, augmente le risque de **cancer du sein** [INSERM, 2008]. Une étude a montré que l'exposition durant l'enfance aux rayons X, dans le cadre d'un traitement pour des teignes du cuir chevelu datant des années 1950, augmentait le risque de **méningiomes** et de **tumeurs cérébrales malignes** [INSERM, 2008].

D'autres études ont également rapporté une relation significative entre l'*exposition au radon*, présent dans les habitations (exposition domestique) ou dans les mines, et l'apparition de **cancer du poumon** chez les personnes exposées [INSERM 2008]. Dans ces études, la relation persistait après la prise en compte de la consommation tabagique. En revanche, les études sont discordantes en ce qui concerne l'association exposition au radon et **leucémies**.

Le rôle de l'exposition externe aux radiations ionisantes dans la survenue d'autres cancers a également été retrouvé. Il s'agit notamment du **mésothéliome**, habituellement lié à une exposition à l'amiante, et du **cancer de la peau**. Sur la base de plusieurs études, il est admis que certains cas de **mésothéliome** pourraient être liés à une irradiation thérapeutique antérieure [INSERM, 2008]. Un excès, statistiquement significatif, a également été observé pour le **mélanome de la peau**, au sein d'une cohorte française constituée de près de 30 000 travailleurs du nucléaire [Telle-Lamberton, 2007].

Parmi les autres maladies étudiées en relation avec l'exposition aux rayonnements ionisants, figurent également des **pathologies non-cancéreuses**, en particulier les affections cardiovasculaires, mais d'autres systèmes peuvent être atteints : le cristallin de l'œil, la thyroïde et de façon moins convaincante les systèmes digestifs et respiratoires [IRSN, 2006]. Les études menées au sein des survivants des attaques atomiques au Japon mettent en évidence une association dose-réponse significative et positive entre les rayonnements ionisants et certaines maladies non-cancéreuses, comme les *maladies thyroïdiennes*, les *maladies chroniques du foie* et la *cirrhose*, le *myome utérin*, *l'hypertension artérielle*, *l'infarctus du myocarde* (chez les sujets dont l'exposition est survenue quand ils avaient moins de 40 ans), le *calcul de l'uretère et du rein* (chez les hommes uniquement), et la *cataracte*, a été rapportée, ainsi qu'une relation significative et négative pour le glaucome [Yamada 2004]. La prise en compte dans l'étude de la consommation de tabac et d'alcool ne modifie pas les résultats. D'autres études chez les travailleurs de l'industrie nucléaire ont mis en évidence un léger excès de risque notamment pour les maladies circulatoires [Vrijheid 2007b ; McGeoghegan 2008].

Références :

Cardis E, Kesminiene A, Ivanov V, et al. Risk of cancer after exposure to ¹³¹I in childhood. J Natl Cancer Inst 2005 ;97 :724-32.

Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, et al. The 15-country collaborative study of cancer risk among radiation workers in the Nuclear industry : estimates of radiation-related cancer risks. Radiation Research 2007;167:396-416.

IARC 1988, 2000 et 2001

INSERM. Cancers-environnements. Editions INSERM, octobre 2008, 907 pages. Collection Expertise collective.

IRSN. Synthèse par l'IRSN des rapports de l'UNSCEAR // période 2003-2007. Rapport 2006-74.

IRSN. Les études épidémiologiques des leucémies autour des installations nucléaires chez l'enfant et le jeune adulte : revue critique. Rapport DRPH/SRBE, n°2008-001.

Kaatsch P, Spix C, Schulze-Rath R, Schmiedel S, Blettner M. Leukaemia in young children living in the vicinity of German nuclear power plants. Int J Cancer 2008;1220:721-6.

Land CE, Tokunaga M, Koyama K, et al. Incidence of female breast cancer among atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki, 1950-1990.

McGeoghegan D, Binks K, Gilles M, Jones S, Whaley S. The non-cancer mortality experience of male workers at British Nuclear Fuels plc, 1946-2005. Int J Epidemiol 2008;37:506-18.

Preston DL, Ron E, Tokuoka S, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat Res* 2007; 168:1-64.

Telle-Lamberton M, Samson E, Caër S, et al. External radiation exposure and mortality in a cohort of French nuclear Workers. *Occupa Environ Med* 2007;64:694-700.

UNSCEAR, Rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants. Vol 2. 2000.

Vrijheid M, Cardis E, Blettner M, et al. The 15-country collaborative study of cancer risk among radiation workers in the Nuclear industry : design, epidemiological methods and descriptive results. *Radiation Research* 2007a; 167:361-379.

Vrijheid M, Cardis E, Ashmore P, et al. Mortality from diseases other than cancer following low doses of ionizing radiation: results from the 15-Country Study of nuclear industry workers. *Int J Epidemiol* 2007b; 36:1126-35.

Yamada M, Wong FL, Fujiwara S, Akahoshi M, Suzuki G. Noncancer disease incidence in atomic bomb survivors, 1958-1998. *Radiation Research* 2004;161:622-632.

Annexe 3 : Bilan des recherches RNIPP

Suite aux recherches du RNIPP, chaque vétéran est associé à un code chiffre décrivant le résultat de la recherche du statut vital :

- le code « **3** » correspond à une demande « identifiée » (n = 26 381 vétérans).
- le code « **4** » correspond à une demande pour laquelle il y a « un seul voisin » (n = 737 vétérans).
- le code « **6** » correspond à une demande pour laquelle il y a « plusieurs voisins » (n = 884 vétérans). Le 1^{er} voisin, c'est-à-dire le mieux noté, est donné en réponse.
- le code « **8** » correspond à une demande non identifiée, c'est-à-dire sans voisin (n = 4 195 vétérans).
- le code « **9** » correspond à une demande « rejetée au contrôle en raison d'erreurs de syntaxe sur les éléments d'état civil (n = 96 vétérans). Ces cas ont fait l'objet d'un deuxième envoi au RNIPP suite à la rectification de ces erreurs.

Annexe 4 : Classement Eurostat des causes de maladies (adapté pour les besoins de l'étude)

Code	Description	CIM10	CIM9	CIM8
1	Maladies infectieuses et parasitaires	A00-B99	001-139	000-136
2	Tuberculose	A15-A19, B90	010-018, 137	010-019
3	Infection à méningocoques	A39	36	36
4	SIDA et maladies VIH	B20-B24	042-044	-
5	Hépatites virales	B15-B19	70	70
66	Autres	A00-A14, A20-A38, A40-A99, B00-B15, B25-B89, B91-B99	001-010, 019-041, 045-36, 37-69, 71-136, 138-139	000-009, 020-35, 37-69, 71-136
6	Tumeurs	C00-D48	140-239	140-239
67	Tumeurs bénignes et évolution indéterminée	C98-D48	209-239	210-239
68	Tumeurs bénignes	D35	209-229	210-229
69	Carcinomes in situ	D36-D40	230-234	230-234
70	Tumeurs à évolution imprévisible	D32-D34, D41-D48	235-238	235-238
71	Nature non précisée	C98-D31	239	239
7	Tumeurs malignes	C00-C97	140-208	140-209
SOLIDE				
	9 Tumeur maligne du oesophage	C15	150	150
	10 Tumeur maligne de l'estomac	C16	151	151
Digestif	11 Tumeur maligne du côlon	C18	153	153
	12 Tumeur maligne du rectum et de l'anus	C19-C20, C21	154	154
	13 Tumeur maligne du foie et des voies biliaires intrahépatiques	C22	155	155, 197, 8
	14 Tumeur maligne du pancréas	C25	157	157
	72 Tumeurs digestives intestin grêle	C17	152	152
	73 Autres digestif	C23, C24, C26	156, 159	156, 159
Respiratoire	15 Tumeur maligne du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	C32-C34	161-162	161-162
	74 Mésothéliomes + cancers plèvre	C45	163	163
	75 Autres respiratoire	C31, C38, C39	160, 164, 165	160, 165
Peau	16 Mélanomes malins de la peau	C43	172	172
	76 Autres cancers de la peau	C44	173	173
Femme	18 Tumeur maligne du col de l'utérus	C53	180	180
	19 Tumeur maligne d'autres parties de l'utérus	C54-55	179, 182	182
	20 Tumeur maligne de l'ovaire	C56	183	183
Genito-urinaire	21 Tumeur maligne de la prostate	C61	185	185
	22 Tumeur maligne du rein	C64	189	189
	23 Tumeur maligne de la vessie	C67	188	188
	77 Autres genito-urinaire	C68	186	187
	8 Tumeur maligne de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	C00-C14	140-149	140-149
	17 Tumeur maligne du sein	C50	174-175	174
	78 Cancer thyroïde	C73	193	193
	79 Cancer système nerveux central	C70, C72	191	191
	80 Cancer des os	C41	170	170
	81 Sièges mal définis secondaire ou mal précisé	C76, C80	199	199
	82 Cancers sièges multiples indépendants	C97	208	208
	83 Autres localisations	C48, C49, C69	158, 171, 190, 194, 198	158, 171, 190, 194, 198
NON SOLIDE	24 Tumeur maligne des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	C81-C96	200-208	200-209
	84 Leucémie hors LLC	C83, C92 - C95	205 - 208	205 - 208
	85 Lymphômes non hodgkiniens	C85, C96	202	202
	86 Myélomes multiples	C90	203	203
25	Maladies du sang et des organes hématopoïétiques	D50-D89	279-289	280-289
26	Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	E00-E90	240-278	240-279
27	Diabète sucré	E10-E14	250	250
87	Autres	E00-E09, E15-E90	240-249, 251-278	240-249, 251-279

28	Troubles mentaux et du comportement	F00-F99	290-319	290-315
29	Abus d'alcool (y compris psychose alcoolique)	F10	291, 303	291, 303
30	Pharmacodépendance, toxicomanie	F11-F16, F18-F19	304-305	304-305
88	Autres	F00-F09, F19, F20-F99	290, 292-302, 306-319	290, 292-302, 306-315
31	Maladies du système nerveux et des organes des sens	G00-H95	320-389	320-389
32	Méningites (autres que 03)	G00-G03	320-322	320
89	Autres	G04-H95	323, 389	321, 389
33	Maladie de l'appareil circulatoire	I00-I99	390-459	390-444.1, 444.3-458, 782.4
34	Cardiopathies ischémiques \ infarctus myocarde	I20-I25	410-414	410-414
35	Autres cardiopathies	I30-I33, I39-I52	420-423, 425-429	420-423, 425-429
36	Maladies cérébrovasculaires	I60-I69	430-438	430-438
90	Hypertensions artérielles	I10-I12	401, 402	401, 402
91	Autres	I00-I09, I13-I20, I26-I29, I34-I38, I53-I59, I70-I99	390-400, 403-409, 415-419, 424, 439-459	390-400, 403-409, 415-419, 424, 439-444.1, 444.3-458, 782.4
37	Maladies de l'appareil respiratoire	J00-J99	460-519	460-519
38	Grippe	J10-J11	487	470-474
39	Pneumonie	J12-J18	480-486	480-486
40	Maladies chroniques des voies respiratoires inférieures	J40-J47	490-494, 496	491-493, 518
41	Asthme	J45-J46	493	493
92	Autres	J00-J09, J19-J39, J47-J99	460-479, 488-489, 495, 497-519	460-469, 475-479, 487-490, 494-517, 519
42	Maladies de l'appareil digestif	K00-K93	520-579	520-577, 444.2
43	Ulcères gastro-duodénaux	K25-K28	531-534	531-534
44	Maladies chroniques du foie : cirrhose	K70, K73-K74	571.0-571.9	571.0-571.9
93	Autres	K00-K24, K29-K69, K72, K75-K93	521-530, 535-570, 572-579	521-530, 535-570, 572-577, 444.2
45	Infections de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	L00-L99	680-709	680-709
46	Maladies du système ostéo-articulaire, des muscles et du tissu cor	M00-M99	710-739	710-738
47	Arthrite rhumatoïde et ostéoartrite	M05-M06, M15-M19	714-715	712-713
94	Autres	M00-M04, M07-M14, M20-M99	710-713, 716-739	710-711, 714-738
48	Maladies de l'appareil génito-urinaire	N00-N99	580-629	580-629, 792
49	Maladies du rein et de l'uretère	N00-N29	580-594	580-594
95	Autres	N30-N99	595-629	595-629, 792
50	Complications de grossesse, accouchement et puerpéralité	O00-O99	630-676	630-678
51	Certaines infections dont l'origine se situe dans la période périnatale	P00-P96	760-779	760-779
52	Malformations congénitales et anomalies chromosomiques	Q00-Q99	740-759	740-759
53	Malformations congénitales du système nerveux	Q00-Q07	740-742	740-743
54	Malformations congénitales de l'appareil circulatoire	Q20-Q28	745-747	746-747
96	Autres	Q08-Q19, Q29-Q99	743-744, 748-759	744, 745, 748-759
55	Symptômes et états morbides mal définis	R00-R99	780-799	780-782.3, 782.5-791, 793-796
56	Syndrome de mort subite du nourrisson	R95	798	-
57	Causes inconnues ou non précisées	R96-R99	798.1-9, 799	795-796
97	Autres	R00-R94	780-797	780-782.3, 782.5-791, 793-794
58	Causes externes de blessure et d'empoisonnement	V01-Y89	E800-E999	E800-E999
59	Accidents	V01-X59	E800-E929	E800-E929, E940-E942
60	Accidents de transport	V01-V99	E800-E848	E800-E845
61	Chutes accidentelles	W00-W19	E880-E888	E880-E887
62	Intoxications accidentelles	X40-X49	E850-E869	E850-E877
98	Autres accidents	X00-X09, X50-X59	E89-E92	E89-E92
99	Pas accidents	X60 - Y99	E930-E999	E930-E939, E943-E999
63	Suicides	X60-X84	E950-E959	E950-E959
64	Homicides	X85-Y09	E960-E969	E960-E969
65	Événements dont l'intention n'est pas déterminée	Y10-Y34	E980-E989	E980-E989
100	Autres pas accidents	Y34-Y99	E931-E949, E970-E979, E990-E999	E930-E939, E943-E949, E970-E979, E990-E999

66 : Codes en gras et italique sont les ajouts apportés au classement EUROSTAT des 65 grandes causes

Grandes causes de décès

Sous grandes causes de décès

Causes EUROSTAT de décès

Figure 14 : Classement Eurostat des causes de maladies

Annexe 5 : Méthode de calcul du SMR : schéma explicatif

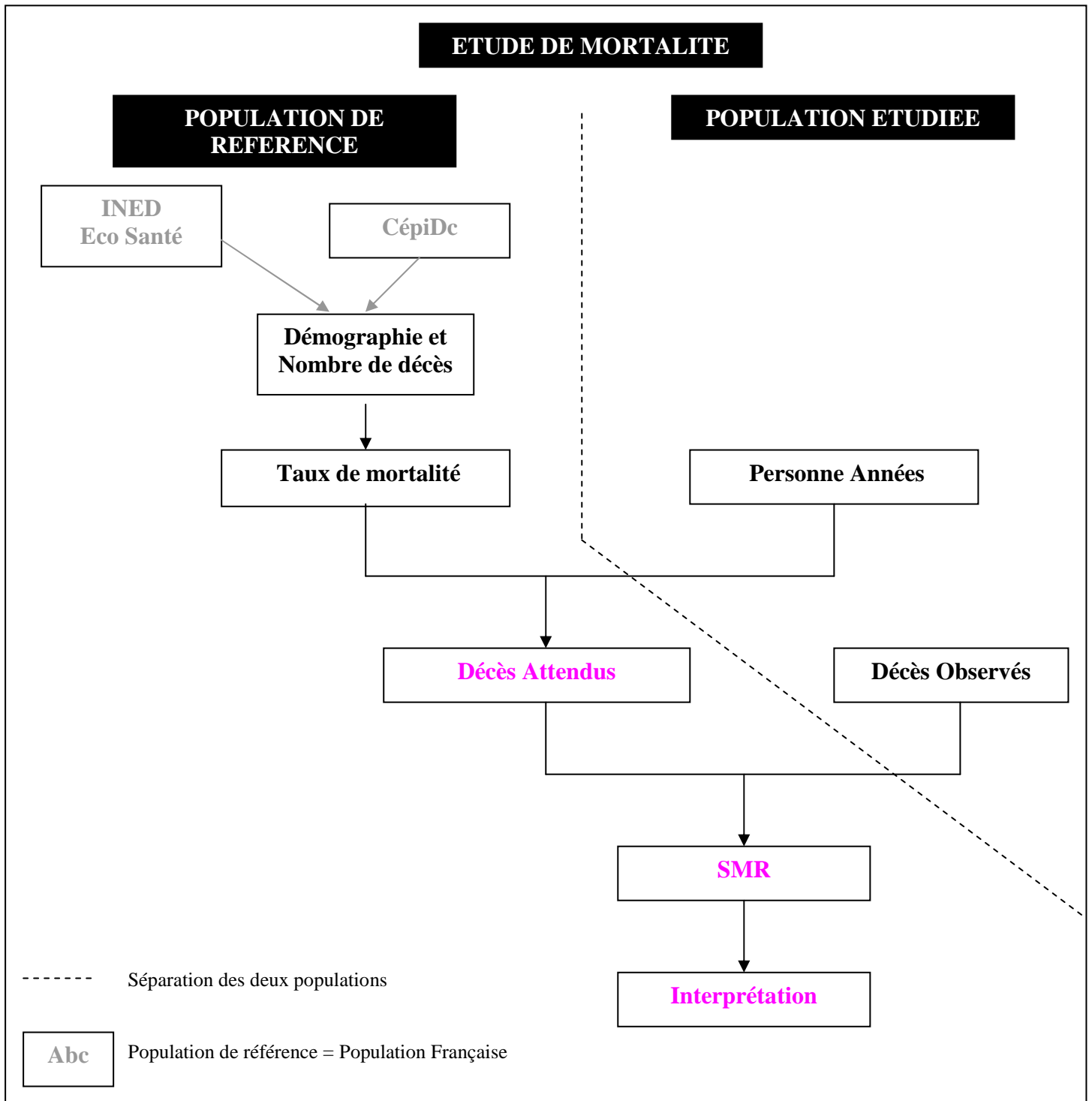


Figure 15 : Schéma méthode de calcul du SMR

Annexe 6 : Résultats descriptifs chez les femmes

	Dosimètres non nuls (15)	Dosimètres nuls (86)	Cohorte Vétéran
Femme (n = 101)			
Appartenance			
Marine Nationale n(%)	0 (0,00)	2 (2,33)	2 (1,98)
Armée de l'air n(%)	1 (6,68)	48 (55,81)	49 (48,51)
Armée de terre n(%)	1 (6,68)	18 (20,93)	19 (18,81)
Personnel civil défense n(%)	0 (0,00)	11 (12,79)	11 (10,89)
Santé terre n(%)	11 (73,33)	3 (3,49)	14 (13,86)
Santé marine n(%)	1 (6,68)	2 (2,33)	3 (2,97)
Santé civil défense n(%)	1 (6,68)	1 (1,16)	2 (1,98)
Santé militaire n(%)	0 (0,00)	1 (1,16)	1 (0,99)
Santé air n(%)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)

Tableau 49 : Les résultats de la dosimétrie selon l'appartenance chez les femmes

La répartition des vétérans « femmes » dans la cohorte selon l'appartenance est différente de celle des vétérans « hommes ». L'appartenance « santé terre » se démarque, avec 11 dosimètres non nuls soit 73 % des dosimètres non nuls.

Causes de décès	Cohorte Vétéran
Femme (n = 16)	
Maladies infectieuses et parasitaires n(%)	1 (6,25)
Tumeurs n(%)	5 (31,25)
Tumeurs malignes du rein	1
Tumeurs malignes du pancréas	1
Tumeurs malignes du sein	1
Tumeurs malignes du côlon	1
Tumeurs malignes de l'ovaire	1
Maladies du système nerveux et des organes des sens n(%)	1 (6,25)
Maladies de l'appareil circulatoire n(%)	5 (31,25)
Cardiopathies ischémiques	1
Autres cardiopathies	3
Hypertensions artérielles	1
Symptômes et états morbides mal définis n(%)	2 (12,50)
Causes externes n(%)	2 (12,50)

Tableau 50 : Causes de décès chez les femmes

Parmi les causes de décès chez les femmes, les tumeurs et les maladies de l'appareil circulatoire (5 cas) sont les plus fréquentes. Aucun calcul de taux standardisé n'a été mené chez les femmes. En effet, le très faible nombre de décès (16) ne permettait pas de calculer des estimateurs de mortalité fiables.

Annexe 7 : Répartition des vétérans par zone géographique

Cohorte Vétéran	
Régions Françaises (n = 24 744)	
Alsace n (%)	510 (1,92)
Aquitaine n (%)	1296 (4,87)
Auvergne n (%)	441 (1,66)
Basse-Normandie n (%)	834 (3,13)
Bourgogne n (%)	594 (2,23)
Bretagne n (%)	5164 (19,40)
Centre n (%)	766 (2,88)
Champagne-Ardenne n (%)	671 (2,52)
Corse n (%)	126 (0,47)
Franche-Comté n (%)	461 (1,73)
Haute-Normandie n (%)	559 (2,10)
Ile-de-France n (%)	3277 (12,31)
Languedoc-Rousillon n (%)	621 (2,33)
Limousin n (%)	237 (0,89)
Lorraine n (%)	1369 (5,14)
Midi-Pyrénées n (%)	835 (3,14)
Nord-Pas-De-Calais n (%)	1467 (5,51)
Pays-De-La-Loire n (%)	1261 (4,74)
Picardie n (%)	609 (2,29)
Poitou-Charentes n (%)	908 (3,41)
Povence-Alpes-Côte-d'Azur n (%)	1358 (5,10)
Rhône-Alpes n (%)	1380 (5,18)
DOM-TOM n (%)	600 (2,25)
Etranger n (%)	1280 (4,81)

Tableau 51 : Répartition des vétérans selon les régions françaises, les DOM-TOM et l'étranger

Annexe 8 : Distribution de l'âge au décès selon l'appartenance

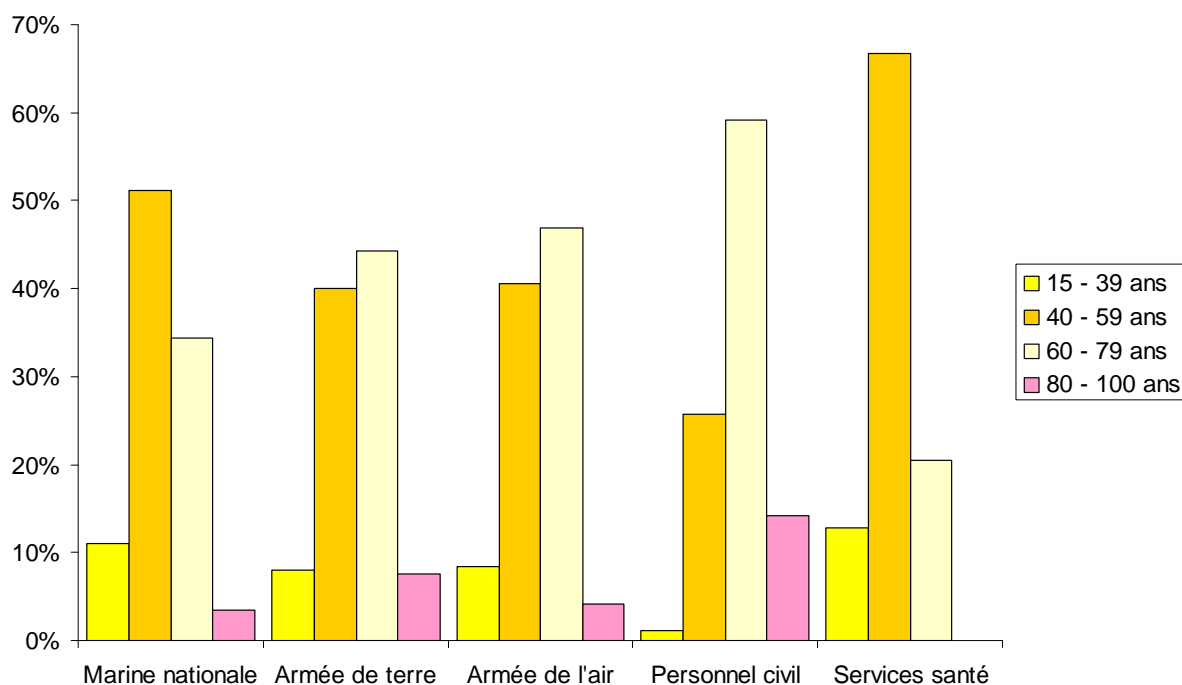


Figure 16 : Répartition de l'âge au décès selon l'appartenance

Les vétérans décédés de la « marine nationale » et des « services de santé » sont morts principalement entre l'âge de 40 et 59 ans (plus de 50% des décès). Les vétérans de l'« armée de terre », de l'« armée de l'air » et du « personnel civil » comptabilisent davantage de décès dans la période 60 à 79 ans. La proportion de décès avant l'âge de 40 ans est assez faible quelle que soit l'appartenance, bien que cette proportion soient plus élevée parmi les vétérans de la « marine nationale » et des « service de santé ». C'est également le cas des décès après 80 ans puisque bon nombre des vétérans de la cohorte encore en vie n'ont pas atteint cet âge.

Annexe 9 : Causes décès manquantes

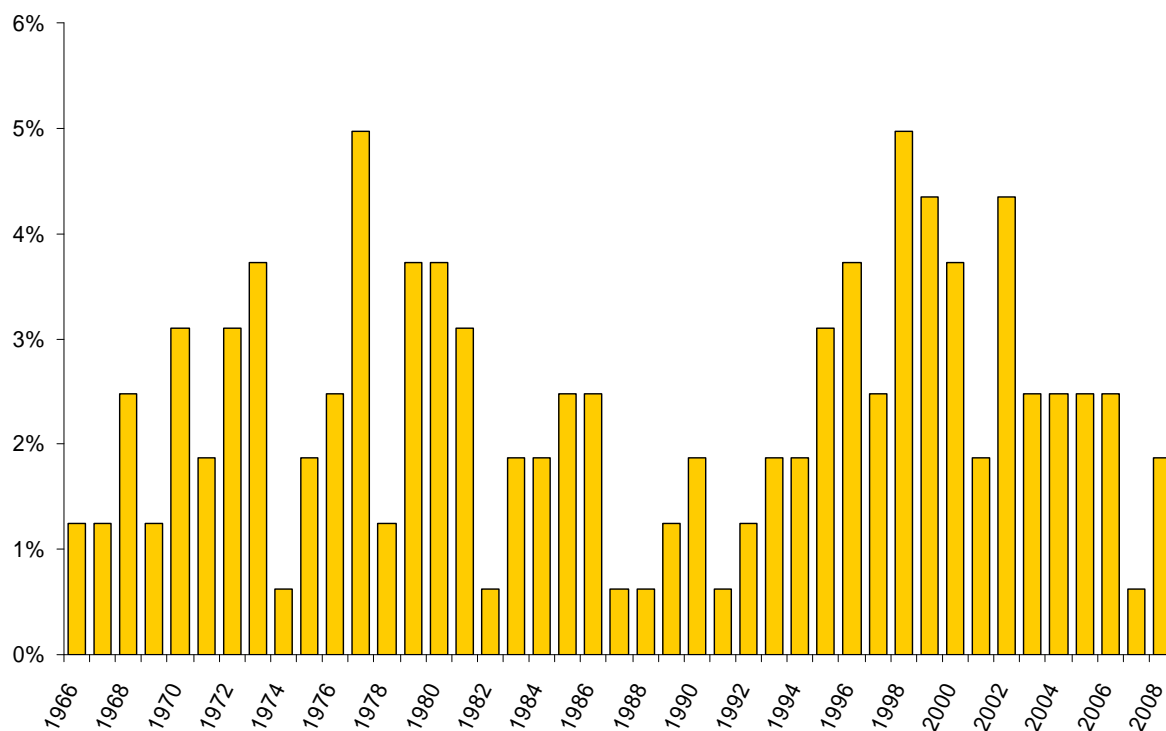


Figure 17 : Distribution des causes de décès manquantes par année

Annexe 10 : Analyses par période

Causes de décès	Période				
	1966 - 1969	1970 - 1979	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2008
Toutes causes	44 (100,00)	397 (100,00)	884 (100,00)	1705 (100,00)	2447 (100,00)
Maladies infectieuses et parasitaires	0 (0,00)	1 (0,25)	12 (1,36)	37 (2,17)	26 (1,06)
Tumeurs	1 (2,27)	97 (24,43)	287 (32,47)	782 (45,87)	1154 (47,16)
<i>Tumeurs malignes</i>	1 (2,27)	89 (22,42)	278 (31,45)	769 (45,10)	1124 (45,93)
Tumeurs de l'œsophage	0 (0,00)	6 (1,51)	25 (2,83)	42 (2,46)	50 (2,04)
Tumeurs de l'estomac	0 (0,00)	6 (1,51)	6 (0,68)	12 (0,70)	21 (0,86)
Tumeurs du côlon	0 (0,00)	5 (1,26)	5 (0,57)	37 (2,17)	72 (2,94)
Tumeurs du rectum et de l'anus	0 (0,00)	0 (0,00)	6 (0,68)	14 (0,82)	15 (0,61)
Tumeurs du foie et des voies biliaires intrahépatiques	0 (0,00)	0 (0,00)	8 (0,90)	41 (2,40)	58 (2,37)
Tumeurs du pancréas	0 (0,00)	2 (0,50)	13 (1,47)	26 (1,52)	53 (2,17)
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	0 (0,00)	28 (7,05)	76 (8,60)	262 (15,37)	375 (15,32)
Mésothéliomes + cancers de la plèvre	0 (0,00)	1 (0,25)	4 (0,45)	8 (0,47)	18 (0,74)
Mélanomes de la peau	0 (0,00)	3 (0,76)	3 (0,34)	10 (0,59)	8 (0,33)
Tumeurs de la prostate	0 (0,00)	0 (0,00)	9 (1,02)	36 (2,11)	54 (2,21)
Tumeurs du rein	0 (0,00)	3 (0,76)	8 (0,90)	16 (0,94)	23 (0,94)
Tumeurs de la vessie	0 (0,00)	0 (0,00)	4 (0,45)	20 (1,17)	40 (1,63)
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	0 (0,00)	10 (2,52)	32 (3,62)	64 (3,75)	77 (3,15)
Tumeurs du sein	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	2 (0,12)	1 (0,04)
Cancers de la thyroïde	0 (0,00)	2 (0,50)	0 (0,00)	3 (0,18)	2 (0,08)
Cancers du système nerveux central	0 (0,00)	1 (0,25)	13 (1,47)	20 (1,17)	22 (0,90)
Cancer des os	0 (0,00)	2 (0,50)	1 (0,11)	7 (0,41)	1 (0,04)
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoeitiques	1 (2,27)	9 (2,27)	18 (2,04)	36 (2,11)	59 (2,41)
Maladies du sang et des organes hématopoeitiques	0 (0,00)	0 (0,00)	4 (0,45)	5 (0,29)	6 (0,25)
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	0 (0,00)	2 (0,50)	8 (0,90)	15 (0,88)	67 (2,74)
Troubles mentaux et du comportement	0 (0,00)	2 (0,50)	30 (3,39)	35 (2,05)	50 (2,04)
Maladies système nerveux et organes des sens	0 (0,00)	3 (0,76)	10 (1,13)	22 (1,29)	79 (3,23)
Maladies appareil circulatoire	0 (0,00)	33 (8,31)	160 (18,10)	340 (19,94)	490 (20,02)
Cardiopathies ischémiques	0 (0,00)	16 (4,03)	84 (9,50)	145 (8,50)	180 (7,36)
Autres cardiopathies	0 (0,00)	4 (1,01)	29 (3,28)	75 (4,40)	117 (4,78)
Maladies cérébrovasculaires	0 (0,00)	9 (2,27)	26 (2,94)	60 (3,52)	91 (3,72)
Hypertensions artérielles	0 (0,00)	0 (0,00)	4 (0,45)	11 (0,65)	10 (0,41)
Maladies appareil respiratoire	0 (0,00)	4 (1,01)	13 (1,47)	39 (2,29)	102 (4,17)
Maladies appareil digestif	1 (2,27)	19 (4,79)	72 (8,14)	106 (2,22)	131 (5,35)
Maladies chroniques du foie	0 (0,00)	13 (3,27)	54 (6,11)	68 (3,99)	87 (3,56)
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	1 (0,06)	3 (0,12)
Maladie système ostéo-articulaire	0 (0,00)	0 (0,00)	1 (0,11)	2 (0,12)	8 (0,33)
Maladies appareil génito-urinaire	0 (0,00)	1 (0,25)	5 (0,57)	3 (0,18)	12 (0,49)
Symptômes et états morbides mal définis	0 (0,00)	28 (7,05)	43 (4,86)	78 (4,57)	114 (4,66)
Causes externes	32	164 (41,31)	209 (23,64)	198 (11,61)	169 (6,90)

Tableau 52 : Répartition des causes de décès selon la période

	SMR				
	IC 95%				
	1966 - 1969	1970 - 1979	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2008
Maladies infectieuses et parasitaires	0	0,10 (1/9,97)	0,65 (12/18,56)	0,70 (37/53,10)	0,56 (26/46,39)
	0	[0,00 - 0,55]	[0,33 - 1,13]	[0,49 - 0,96]	[0,37 - 0,82]
Tumeurs	0,08 (1/12,81)	0,82 (97/117,92)	0,80 (287/359,53)	0,94 (782/828,01)	0,95 (1 154/1 209,77)
	[0,00 - 0,43]	[0,67 - 1,00]	[0,71 - 0,90]	[0,88 - 1,01]	[0,90 - 1,01]
<i>Tumeurs malignes</i>	0,09 (1/11,66)	0,80 (89/111,62)	0,79 (278/349,75)	0,95 (769/812,94)	0,95 (1 124/1 178,36)
	[0,00 - 0,48]	[0,64 - 0,98]	[0,70 - 0,89]	[0,88 - 1,02]	[0,90 - 1,01]
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques	0	0	0,93 (4/4,31)	0,85 (5/5,91)	0,75 (6/8,02)
	0	0	[0,25 - 2,37]	[0,27 - 1,97]	[0,27 - 1,63]
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	0	0,32 (2/6,33)	0,60 (8/13,34)	0,51 (15/29,51)	0,88 (67/76,25)
	0	[0,04 - 1,14]	[0,26 - 1,18]	[0,28 - 0,84]	[0,68 - 1,12]
Troubles mentaux et du comportement	0	0,14 (2/14,06)	0,98 (30/30,56)	0,78 (35/44,89)	0,78 (50/63,76)
	0	[0,02 - 0,51]	[0,66 - 1,40]	[0,54 - 1,08]	0,58 - 1,03
Maladies du système nerveux et des organes des sens	0	0,30 (3/10,02)	0,52 (10/19,33)	0,62 (22/35,21)	0,96 (79/82,33)
	0	[0,06 - 0,87]	[0,25 - 0,95]	[0,39 - 0,95]	[0,76 - 1,20]
Maladies de l'appareil circulatoire	0,18 (1/5,68)	0,36 (19/52,38)	0,74 (72/97,70)	0,75 (106/141,89)	0,82 (131/160,70)
	[0,00 - 0,98]	[0,22 - 0,57]	[0,58 - 0,93]	[0,61 - 0,90]	[0,68 - 0,97]
Maladies de l'appareil respiratoire	0	0,23 (4/17,33)	0,38 (13/34,30)	0,47 (39/82,21)	0,80 (102/127,73)
	0	[0,06 - 0,59]	[0,20 - 0,65]	[0,34 - 0,65]	[0,65 - 0,97]
Maladies de l'appareil digestif	0,18 (1/5,68)	0,36 (19/52,38)	0,74 (72/97,70)	0,75 (106/141,89)	0,82 (131/160,70)
	[0,00 - 0,98]	[0,22 - 0,57]	[0,58 - 0,93]	[0,61 - 0,90]	[0,68 - 0,97]
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	0	0	0	0,54 (1/1,86)	0,97 (3/3,10)
	0	0	0	[0,00 - 2,99]	[0,19 - 2,82]
Maladies du système ostéo-articulaire	0	0	0,49 (1/2,03)	0,50 (2/4,00)	0,79 (8/10,15)
	0	0	[0,00 - 2,74]	[0,06 - 1,81]	[0,34 - 1,55]
Maladies de l'appareil génito-urinaire	0	0,25 (1/4,06)	0,93 (5/5,37)	0,25 (3/11,98)	0,45 (12/26,59)
	0	[0,00 - 1,37]	[0,30 - 2,17]	[0,05 - 0,73]	[0,23 - 0,79]
Symptômes et états morbides mal définis	0	0,65 (28/42,88)	0,63 (43/68,56)	0,84 (78/92,74)	0,84 (114/135,75)
	0	[0,43 - 0,94]	[0,45 - 0,84]	[0,66 - 1,05]	[0,69 - 1,01]
Causes externes	0,51 (32/62,84)	0,65 (164 - 252,87)	0,81 (209/257,83)	0,80 (198/247,01)	0,90 (169/187,16)
	[0,35 - 0,72]	[0,55 - 0,76]	[0,70 - 0,93]	[0,69 - 0,92]	[0,77 - 1,05]

**Tableau 53 : SMR « grandes causes de décès » par période
(cohorte vs population française)**

Annexe 11 : Analyses par tranche d'âge

Causes de décès	Age			
	15 - 39 ans	40 - 59 ans	60 - 79 ans	Plus de 80 ans
Toutes causes	548 (100,00)	2616 (100,00)	2082 (100,00)	246 (100,00)
Maladies infectieuses et parasitaires	4 (0,73)	50 (1,91)	17 (0,82)	5 (2,03)
Tumeurs	58 (10,58)	1173 (44,84)	1033 (49,62)	57 (23,17)
<i>Tumeurs malignes</i>	54 (9,85)	1148 (43,88)	1005 (48,27)	54 (21,95)
Tumeurs de l'œsophage	2 (0,36)	77 (2,94)	43 (2,07)	1 (0,41)
Tumeurs de l'estomac	2 (0,36)	27 (1,03)	15 (0,72)	1 (0,41)
Tumeurs du côlon	1 (0,18)	47 (1,80)	65 (3,12)	6 (2,44)
Tumeurs du rectum et de l'anus	0 (0,00)	22 (0,84)	11 (0,53)	2 (0,81)
Tumeurs du foie et des voies biliaires intrahépatiques	0 (0,00)	44 (1,68)	61 (2,93)	2 (0,81)
Tumeurs du pancréas	3 (0,55)	47 (1,80)	42 (2,02)	2 (0,81)
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	14 (2,55)	399 (15,25)	318 (15,27)	10 (4,07)
Mésothéliomes + cancers de la plèvre	0 (0,00)	9 (0,34)	20 (0,96)	2 (0,81)
Mélanomes de la peau	1 (0,18)	17 (0,65)	6 (0,29)	0 (0,00)
Tumeurs de la prostate	0 (0,00)	15 (0,57)	76 (3,65)	8 (3,25)
Tumeurs du rein	0 (0,00)	27 (1,03)	22 (1,06)	1 (0,41)
Tumeurs de la vessie	0 (0,00)	15 (0,57)	47 (2,26)	2 (0,81)
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	3 (0,55)	133 (5,08)	46 (2,21)	1 (0,41)
Tumeurs du sein	0 (0,00)	2 (0,08)	1 (0,05)	0 (0,00)
Cancers de la thyroïde	0 (0,00)	4 (0,15)	3 (0,14)	0 (0,00)
Cancers du système nerveux central	6 (1,09)	22 (0,84)	28 (1,34)	0 (0,00)
Cancer des os	1 (0,18)	7 (0,27)	3 (0,14)	0 (0,00)
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoeitiques	9 (1,64)	55 (2,10)	53 (2,55)	6 (2,44)
Maladies du sang et des organes hématopoeitiques	0 (0,00)	7 (0,27)	6 (0,29)	2 (0,81)
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	2 (0,36)	37 (1,41)	46 (2,21)	7 (2,85)
Troubles mentaux et du comportement	9 (1,64)	76 (2,91)	27 (1,30)	5 (2,03)
Maladies système nerveux et organes des sens	5 (0,91)	35 (1,34)	56 (2,69)	18 (7,32)
Maladies appareil circulatoire	43 (7,85)	423 (16,17)	468 (22,48)	89 (36,18)
Cardiopathies ischémiques	18 (3,28)	199 (7,61)	178 (8,55)	30 (12,20)
Autres cardiopathies	6 (1,09)	94 (3,59)	101 (4,85)	24 (9,76)
Maladies cérébrovasculaires	15 (2,74)	62 (2,37)	91 (4,37)	18 (7,32)
Hypertensions artérielles	1 (0,18)	11 (0,42)	7 (0,34)	6 (2,44)
Maladies appareil respiratoire	5 (0,91)	43 (1,64)	88 (4,23)	22 (8,94)
Maladies appareil digestif	21 (3,83)	200 (7,65)	102 (4,90)	6 (2,44)
Maladies chroniques du foie	16 (2,92)	144 (5,50)	62 (2,98)	0 (0,00)
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	0 (0,00)	0 (0,00)	2 (0,10)	2 (0,81)
Maladie système ostéo-articulaire	0 (0,00)	6 (0,23)	4 (0,19)	1 (0,41)
Maladies appareil génito-urinaire	1 (0,18)	5 (0,19)	12 (0,58)	3 (1,22)
Symptômes et états morbides mal définis	43 (7,85)	137 (5,24)	67 (3,22)	16 (6,50)
Causes externes	293 (53,47)	365 (13,95)	108 (5,19)	6 (2,44)

Tableau 54 : Répartition des causes de décès selon l'âge

	SMR			
	IC 95%			
	15 - 39 ans	40 - 59 ans	60 - 79 ans	Plus de 80 ans
Maladies infectieuses et parasitaires	0,28 (4/14,53) [0,70 - 6,93]	0,70 (50/71,16) [0,52 - 0,93]	0,44 (17/38,50) [0,26 - 0,71]	0,83 (5/6,03) [0,27 - 1,94]
Tumeurs	0,68 (58/85,23) [0,52 - 0,88]	0,97 (1 173/1 213,14) [0,91 - 1,02]	0,90 (1 033/1 144,72) [0,85 - 0,96]	0,67 (57/84,95) [0,51 - 0,87]
<i>Tumeurs malignes</i>	0,69 (54/78,48) [0,52 - 0,90]	0,97 (1 148/1 187,19) [0,91 - 1,02]	0,90 (1 005/1 117,66) [0,84 - 0,96]	0,67 (54/80,97) [0,50 - 0,87]
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques	0 0	0,93 (7/7,50) [0,37 - 1,92]	0,70 (6/8,51) [0,26 - 1,53]	1,49 (2/1,34) [0,17 - 5,39]
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	0,35 (2/5,78) [0,04 - 1,25]	0,81 (37/48,82) [0,57 - 1,11]	0,72 (46/63,92) [0,53 - 0,96]	0,65 (7/10,75) [0,26 - 1,34]
Troubles mentaux et du comportement	0,60 (9/15,10) [0,27 - 1,13]	0,84 (76/90,07) [0,66 - 1,06]	0,65 (27/41,57) [0,43 - 0,95]	0,58 (5/8,58) [0,19 - 1,36]
Maladies du système nerveux et des organes des sens	0,36 (5/13,90) [0,12 - 0,84]	0,66 (35/52,86) [0,46 - 0,92]	0,85 (56/65,91) [0,64 - 1,10]	1,11 (18/16,24) [0,66 - 1,75]
Maladies de l'appareil circulatoire	0,64 (43/67,48) [0,46 - 0,86]	0,78 (423/541,55) [0,71 - 0,86]	0,74 (468/631,04) [0,68 - 0,81]	0,81 (89/109,42) [0,65 - 1,00]
Maladies de l'appareil respiratoire	0,36 (5/13,99) [0,12 - 0,83]	0,51 (43/84,85) [0,37 - 0,68]	0,64 (88/136,68) [0,52 - 0,79]	0,76 (22/28,90) [0,48 - 1,15]
Maladies de l'appareil digestif	0,56 (21/37,54) [0,35 - 0,86]	0,76 (200/263,25) [0,66 - 0,87]	0,70 (102/146,04) [0,57 - 0,85]	0,52 (6/11,53) [0,19 - 1,13]
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	0 0	0 0	0,67 (2/2,98) [0,08 - 2,42]	1,75 (2/1,14) [0,20 - 6,33]
Maladies du système ostéo-articulaire	0 0	1,08 (6/5,54) [0,40 - 2,36]	0,45 (4/8,91) [0,12 - 1,15]	0,53 (1/1,89) [0,00 - 2,94]
Maladies de l'appareil génito-urinaire	0,23 (1/4,39) [0,00 - 1,27]	0,38 (5/13,31) [0,12 - 0,88]	0,49 (12/24,71) [0,25 - 0,85]	0,42 (3/7,14) [0,08 - 1,23]
Symptômes et états morbides mal définis	0,73 (43/58,99) [0,53 - 0,98]	0,81 (137/170,02) [0,68 - 0,95]	0,65 (67/102,64) [0,51 - 0,83]	1,03 (16/15,55) [0,59 - 1,67]
Causes externes	0,76 (293/387,90) [0,67 - 0,85]	0,79 (365/461,65) [0,71 - 0,88]	0,76 (108/142,81) [0,62 - 0,91]	0,39 (6/15,34) [0,14 - 0,85]

Tableau 55 : SMR de mortalité « grandes causes de décès » par tranche d'âge (cohorte vs population française)

Annexe 12 : Comparaison de la mortalité des vétérans dosimètres non nuls à celle de la population française

Toutes causes de décès

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Toutes causes	385	516,43	0,746	0,67 - 0,82

Tableau 56 : SMR « toutes causes de décès » pour la période 1966 – 2008 (dosimètres non nuls vs population française)

De manière générale, on observe une sous-mortalité significative d'environ 25% chez les vétérans dosimètres non nuls par rapport à la population française.

Par cause de décès

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Maladies infectieuses et parasitaires	9	10,31	0,873	0,40 - 1,66
Tumeurs	158	199,98	0,790	0,67 - 0,92
Maladies du sang et des organes hématopoiétiques	2	1,53	1,311	0,15 - 4,73
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	8	9,88	0,810	0,35 - 1,60
Troubles mentaux et du comportement	4	12,13	0,330	0,09 - 0,84
Maladies du système nerveux et des organes des sens	6	11,52	0,521	0,19 - 1,13
Maladies de l'appareil circulatoire	80	104,18	0,768	0,61 - 0,96
Maladies de l'appareil respiratoire	9	20,22	0,445	0,20 - 0,84
Maladies de l'appareil digestif	25	35,96	0,695	0,45 - 1,03
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	0	0,44	-	-
Maladies du système ostéo-articulaire	0	1,37	-	-
Maladies de l'appareil génito-urinaire	0	3,75	-	-
Symptômes et états morbides mal définis	17	26,87	0,633	0,37 - 1,01
Causes externes	47	76,15	0,617	0,45 - 0,82

Tableau 57 : SMR « grandes causes » pour la période 1966 – 2008 (dosimètres non nuls vs population française)

De manière générale, on observe une sous-mortalité des vétérans dosimètres non nuls par rapport à la population française quelle que soit la cause de décès concerné. Néanmoins, un seul SMR est supérieur à 1 mais non significatif. Il s'agit des maladies du sang et des organes hématopoiétiques avec une surmortalité de 31%.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Tumeurs	158	199,98	0,790	0,67 - 0,92
Tumeurs malignes	155	195,01	0,795	0,67 - 0,93
Digestif				
Tumeurs de l'œsophage	6	10,99	0,546	0,20 - 1,19
Tumeurs de l'estomac	0	6,57	-	-
Tumeurs du côlon	6	10,57	0,568	0,21 - 1,24
Tumeurs du rectum et de l'anus	2	4,44	0,451	0,05 - 1,63
Tumeurs du foie et des voies biliaires intrahépatiques	8	11,32	0,707	0,30 - 1,39
Tumeurs du pancréas	5	8,37	0,598	0,19 - 1,39
Respiratoire				
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	55	61,66	0,892	0,67 - 1,16
Tumeurs des bronches et du poumon	52	54,63	0,952	0,71 - 1,25
Tumeurs du larynx	3	7,03	0,427	0,09 - 1,25
Mésothéliomes + cancers de la plèvre	2	1,47	1,357	0,15 - 4,90
Peau				
Mélanomes de la peau	1	1,84	0,544	0,01 - 3,03
Génito-urinaire				
Tumeurs de la prostate	6	8,38	0,716	0,26 - 1,56
Tumeurs du rein	4	4,08	0,981	0,26 - 2,51
Tumeurs de la vessie	5	5,41	0,923	0,30 - 2,15
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	5	14,91	0,335	0,11 - 0,78
Tumeurs du sein	0	0,34	-	-
Cancers de la thyroïde	0	0,39	-	-
Cancers du système nerveux central	5	4,55	1,100	0,35 - 2,57
Cancers des os	2	1,05	1,902	0,21 - 6,87
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	15	12,48	1,202	0,67 - 1,98
Leucémies hors LLC	5	4,44	1,127	0,36 - 2,63
Myélomes multiples	4	1,85	2,165	0,58 - 5,54
Lymphomes non hodgkinien	6	3,94	1,523	0,56 - 3,31

**Tableau 58 : SMR « tumeurs malignes » pour la période 1966 – 2008
(dosimètres non nuls vs population française)**

Le SMR des « tumeurs malignes » témoigne d'une sous-mortalité significative de 20% chez les vétérans dosimètres non nuls par rapport à la population française.

En revanche, les SMR « cancers des os » (SMR = 1,902), « tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques » (SMR = 1,202), « mésothéliomes + cancers de la plèvre » (SMR = 1,357) et « cancers du système nerveux central » (SMR = 1,100) révèlent une sur-mortalité qui n'est pas significative.

Les SMR des autres tumeurs malignes témoignent d'une sous-mortalité des vétérans dosimètres non nuls par rapport à la population française, dont le SMR « tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx » de manière significative (SMR = 0,335).

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Maladies appareil circulatoire	80	104,18	0,768	0,61 - 0,96
Cardiopathies ischémiques	27	41,59	0,649	0,43 - 0,94
Autres cardiopathies	20	22,30	0,897	0,55 - 1,38
Maladies cérébrovasculaires	16	20,69	0,773	0,44 - 1,26
Hypertensions artérielles	2	3,50	0,571	0,06 - 2,06

**Tableau 59 : SMR « maladies de l'appareil circulatoire » pour la période 1966 – 2008
(dosimètres non nuls vs population française)**

L'ensemble des SMR des maladies de l'appareil circulatoire montre une sous-mortalité chez les vétérans dosimètres non nuls par rapport à la population française.

	Nombre décès observés	Nombre décès attendus	SMR	IC 95%
Maladies appareil digestif	25	35,96	0,695	0,45 - 1,03
Maladies chroniques du foie	17	26,08	0,652	0,38 - 1,04

**Tableau 60 : SMR « maladies de l'appareil digestif » pour la période 1966 – 2008
(dosimètres non nuls vs population française)**

L'ensemble des SMR des maladies de l'appareil digestif montre une sous-mortalité chez les vétérans dosimètres non nuls par rapport à la population française de manière non significative.

Annexe 13 : Analyses de sensibilité

1. Causes de décès dans les trois groupes

Causes de décès	Nés dans les Territoires d'Outre Mer	Civils	Personnels santé
Toutes causes	43	191	39
Maladies infectieuses et parasitaires	0	2	2
Tumeurs	17	71	14
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	1	1	0
Troubles mentaux et du comportement	0	4	2
Maladies système nerveux et organes des sens	1	5	0
Maladies appareil circulatoire	12	63	3
Maladies appareil respiratoire	3	10	0
Maladies appareil digestif	1	11	6
Maladie système ostéo-articulaire	0	1	0
Maladies appareil génito-urinaire	0	1	0
Symptômes et états morbides mal définis	1	13	2
Causes externes	3	7	7

Tableau 61 : Causes de décès dans les trois groupes

2. Causes de décès selon la période d'attribution du premier dosimètre

Causes de décès	Dosimètres non nuls (365)		Dosimètres nuls (4 951)	
	Essais aériens	Essais souterrains	Essais aériens	Essais souterrains
	1966 - 1974	1975 - 1996	1966 - 1974	1975 - 1996
Toutes causes	351 (96,16)	14 (3,84)	4835 (97,66)	116 (2,34)
Maladies infectieuses et parasitaires	9 (2,74)	0 (0,00)	61 (1,23)	6 (0,12)
Tumeurs	155 (42,47)	3 (0,82)	2126 (42,94)	37 (0,75)
<i>Tumeurs malignes</i>	152 (41,64)	3 (0,82)	2069 (41,79)	37 (0,75)
Tumeurs de l'œsophage	6 (1,64)	0 (0,00)	116 (2,34)	1 (0,02)
Tumeurs de l'estomac	0 (0,00)	0 (0,00)	45 (0,91)	0 (0,00)
Tumeurs du côlon	5 (1,37)	1 (0,27)	111 (2,24)	2 (0,04)
Tumeurs du rectum et de l'anus	2 (0,55)	0 (0,00)	33 (0,67)	0 (0,00)
Tumeurs du foie et des voies biliaires intra-hépatiques	8 (2,19)	0 (0,00)	98 (1,98)	1 (0,02)
Tumeurs du pancréas	5 (1,37)	0 (0,00)	88 (1,78)	1 (0,02)
Tumeurs du larynx, de la trachée, des bronches et du poumon	54 (14,79)	1 (0,27)	674 (13,61)	12 (0,24)
Mésothéliomes + cancers de la plèvre	2 (0,55)	0 (0,00)	28 (0,57)	1 (0,02)
Mélanomes de la peau	1 (0,27)	0 (0,00)	21 (0,42)	2 (0,04)
Tumeurs de la prostate	6 (1,64)	0 (0,00)	93 (1,88)	0 (0,00)
Tumeurs du rein	4 (1,10)	0 (0,00)	46 (0,93)	0 (0,00)
Tumeurs de la vessie	5 (1,37)	0 (0,00)	59 (1,19)	0 (0,00)
Tumeurs de la lèvre, de la cavité buccale et du pharynx	5 (1,37)	0 (0,00)	175 (3,53)	3 (0,06)
Tumeurs du sein	0 (0,00)	0 (0,00)	3 (0,06)	0 (0,00)
Cancers de la thyroïde	0 (0,00)	0 (0,00)	7 (0,14)	0 (0,00)
Cancers du système nerveux central	5 (1,37)	0 (0,00)	49 (0,99)	2 (0,04)
Cancer des os	2 (0,55)	0 (0,00)	8 (0,16)	1 (0,02)
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	15 (4,11)	0 (0,00)	104 (2,10)	4 (0,08)
Maladies du sang et des organes hématopoïétiques	2 (0,55)	0 (0,00)	13 (0,26)	0 (0,00)
Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques	8 (2,19)	0 (0,00)	82 (1,66)	2 (0,04)
Troubles mentaux et du comportement	3 (0,82)	1 (0,27)	111 (2,24)	2 (0,04)
Maladies système nerveux et organes des sens	6 (1,64)	0 (0,00)	106 (2,14)	2 (0,04)
Maladies appareil circulatoire	79 (21,64)	1 (0,27)	932 (18,82)	11 (0,22)
Cardiopathies ischémiques	26 (7,12)	1 (0,27)	397 (8,02)	1 (0,02)
Autres cardiopathies	20 (5,48)	0 (0,00)	202 (4,08)	3 (0,06)
Maladies cérébrovasculaires	16 (4,38)	0 (0,00)	164 (3,31)	6 (0,12)
Hypertensions artérielles	2 (0,55)	0 (0,00)	22 (0,44)	1 (0,02)
Maladies appareil respiratoire	9 (2,74)	0 (0,00)	146 (2,95)	3 (0,06)
Maladies appareil digestif	22 (6,03)	3 (0,82)	290 (5,86)	14 (0,28)
Maladies chroniques du foie	15 (4,11)	2 (0,55)	198 (4,00)	7 (0,14)
Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané	0 (0,00)	0 (0,00)	4 (0,08)	0 (0,00)
Maladie système ostéo-articulaire	0 (0,00)	0 (0,00)	11 (0,22)	0 (0,00)
Maladies appareil génito-urinaire	0 (0,00)	0 (0,00)	21 (0,42)	0 (0,00)
Symptômes et états morbides mal définis	16 (4,38)	1 (0,27)	239 (4,83)	7 (0,14)
Causes externes	42 (11,51)	5 (1,37)	693 (14,00)	32 (0,65)

Tableau 62 : Répartition des causes de décès dans les deux sous-populations selon la période de présence

Annexe 14 : Analyse de puissance

1. Comparaison de la mortalité de la cohorte à celle de la population française

Un calcul des SMR détectables en fonction de la taille de la cohorte a été effectué a posteriori pour les causes de décès d'intérêt.

Méthode : La méthode est celle utilisée pour les calculs de SMR, les calculs ont été effectués en fixant le seuil de signification α à 0,05 (test unilatéral) et la puissance $1-\beta$ à 80% (à l'aide de la PROC Power de SAS). Les effectifs de décès attendus et détectables ont été arrondis à l'unité. Les effectifs détectables représentent le nombre de décès dans la cohorte au dessus duquel une différence significative entre cohorte et population française aurait pu être mise en évidence.

Résultats :

Le tableau suivant résume les résultats :

Cause de décès	Effectif observé	Effectif attendu	Effectif détectable	SMR observé	SMR détectable
Toutes causes	5316	6630	6869	0,83	1,04
Tumeurs	2321	2528	2662	0,92	1,05
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	123	159	193	0,77	1,21
- leucémies hors LLC	51	57	78	0,89	1,37
- myélomes multiples	21	23	37	0,91	1,61
- lymphomes non hodgkiniens	42	50	69	0,85	1,40

Tableau 63 : SMR observés et détectables

Le SMR détectable d'une cause donnée est le plus petit SMR au-dessus duquel le seuil de significativité aurait été atteint si des excès de mortalité avaient été mis en évidence.

On constate que l'étude avait une puissance nécessaire pour montrer des excès de mortalité assez faible (par exemple, un SMR de 1,37 pour les leucémies hors LLC). Ceci revient à dire que la taille de la cohorte confère à l'étude une puissance statistique satisfaisante pour l'étude de la mortalité sur l'ensemble de la cohorte.

2. Comparaison de la mortalité à l'intérieur de la cohorte selon les résultats de dosimétrie

Un calcul des risques relatifs détectables avec les données disponibles a été effectué a posteriori pour les causes de décès d'intérêt et pour lesquelles un excès de mortalité a été mis en évidence lors des comparaisons de la sous-population dont au moins un dosimètre était non nul avec la sous-population dont tous les dosimètres étaient négatifs.

Méthode : La méthode est celle utilisée pour les comparaisons de ratios standardisés, les calculs ont été effectués en fixant le seuil de signification α à 0,05 (test unilatéral) et la puissance $1-\beta$ à 80% (à l'aide de la PROC Power de SAS). Les effectifs détectables sont arrondis à l'unité.

Résultats :

Le tableau suivant résume les résultats :

Cause de décès	Effectif observé*	Effectif détectable*	RR observé	RR détectable
Tumeurs	158	194	0,85	1,21
Tumeurs du système nerveux central	5	16	1,14	2,72
Tumeurs osseuses	2	9	2,64	6,14
Tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques	15	20	1,63	1,91
- leucémies hors LLC	5	13	1,29	2,73
- myélomes multiples	4	10	2,71	4,50
- lymphomes non hodgkiniens	6	12	1,93	3,24

* parmi la sous-population de vétérans dosimètres non nuls

Tableau 64: Risques relatifs observés et détectables

Excepté pour les tumeurs, les risques relatifs observés étaient non significatifs pour l'ensemble des causes listées. Le risque relatif détectable d'une cause donnée est le plus petit risque relatif au-dessus duquel le seuil de significativité aurait été atteint.

Pour les tumeurs, l'étude avait une puissance suffisante pour mettre en évidence un risque relatif de 1,21 entre les deux sous-populations. Autrement dit, s'il y avait eu plus de 194 décès par tumeurs chez les vétérans dosimètres non nuls (au lieu de 158), l'étude aurait montré un risque relatif significatif.

Pour les tumeurs du système nerveux central, un risque relatif de 2,72 et au delà aurait pu être mis en évidence avec les données disponibles (au lieu de RR=1,14 obtenu). C'est-à-dire que si le risque de décéder par tumeurs du système nerveux central était 2,72 fois supérieur dans le

groupe des dosimètres non nuls pas rapport au groupe des dosimètres nuls, l'étude aurait permis de le mettre en évidence.

Concernant les tumeurs des tissus lymphatiques et hématopoïétiques, ce risque relatif est de 1,91 (au lieu de RR=1,63 obtenu). Il était de 2,73 pour les leucémies hors CLL (au lieu de RR=1,29), de 4,50 pour les myélomes multiples (au lieu de RR=2,71), de 3,24 pour les lymphomes non hodgkiniens (au lieu de RR=1,93) et de 6,14 pour les tumeurs osseuses (au lieu de RR=2,64).

On constate donc que pour cette méthode de comparaison des ratios standardisés, l'étude n'avait pas la puissance nécessaire pour être en mesure de prouver des excès de mortalité entre les deux sous-populations pour ces différentes causes.