Valorisation des pratiques

Contraintes environnementales et professionnelles à bord d'un sous-marin nucléaire

J. SINQUIN[1], B. OLESINSKI[2], J. LOHEZ[3], G. POUS[4], T. COLLÉONY[5], S. DEKALI[6], J. PONTIS[7], A. MAYET[8], F. ENTINE[9], F. LECLERCQ[10]

(1,2,3,4,9) Service Médical pour l'Escadrille des Sous-Marins Nucléaires Lanceurs d'Engins, Brest
(5) École militaire de santé de Lyon Bron
(6) Institut de Recherche Biomédicale des Armées, Brétigny-sur-Orge
(7) Centre Médical de Suivi des Anciens Travailleurs de Moruroa, Polynésie française
(8) Centre d'Épidémiologie et de Santé Publique des Armées, Marseille
(10) Direction centrale du service de santé des armées, Paris

Auteur correspondant : sinquin.jerome@gmail.com

Open access DOI
10.17184/eac.10010

Reçu
le 31 juillet 2025

Accepté
le 14 janvier 2026

Publié
le 6 mars 2026

Conflit d'intérêt
Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt.

Résumé :
Les Forces sous-marines françaises assurent une permanence opérationnelle à la mer. Les données sur les risques spécifiques à bord des sous-marins nucléaires sont rares.
L'objectif de cet article est de présenter les contraintes de ce milieu opérationnel. Le scénario de référence définit la population des sous-mariniers : travailleurs sains d'un âge moyen de 28 ans, ils réalisent dix missions longues en sept ans.
Leur sécurité impose une gestion rigoureuse des facteurs environnementaux. Les principales contraintes identifiées en mission sont liées à une adaptation du mode de vie, intégrant les risques industriels et les défis de l'isolement psychique.
Le confinement physique se traduit par un espace restreint, responsable de sédentarité avec des effets directs sur la santé : prise pondérale, trouble de l'humeur, etc. L'activité permanente impose à 75 % du personnel un travail posté par rythme de quart, complexe en terme de gestion de la fatigue. Les repas ont un rôle social et structurant, mais inadapté aux besoins caloriques. Ainsi, repos, alimentation et activité physique sont trois activités essentielles parfois inconciliables en mission.
Les sous-mariniers sont exposés de manière continue à des polluants industriels et domestiques en faible quantité.
La gestion de la chaufferie nucléaire embarquée implique des règles strictes de radioprotection. Un sous-marin représente un environnement industriel pourvoyeur de pathologies circonstancielles et traumatiques.
L'isolement est une autre contrainte. Les équipages ne disposent pas de communication vers l'extérieur.

Le maintien d'un haut niveau de vigilance est un défi en raison de la fatigue accumulée et d'une possible survenue d'un équivalent de syndrome de dépression saisonnière. De nombreuses contre-mesures permettent de garantir la performance et la résilience des équipages.
Cet environnement cumule des contraintes uniques liées au confinement, à l'environnement industriel et nucléaire et à l'isolement. Les évolutions technologiques et sociétales nécessitent des ajustements continus pour garantir la sécurité et la performance des sous-mariniers.

Mots-clés : Environnement extrême. Environnement isolé. Exposition professionnelle. Sous-marin. Médecine d'armée.

Abstract:
ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL CONSTRAINTS ON BOARD A NUCLEAR SUBMARINE
The French Submarine Forces ensure operational continuity at sea. There is very little data avalaible on the specific risks on board nuclear submarines. The objective is to present the occupational exposures of this operational environment.
Submariners are healthy workers with an average age of 28. They carry out 10 long missions in 7 years.
Their safety requires rigorous management of environmental factors. The main constraints identified during missions are lifestyle adaptation, including industrial risks and the challenges of psychological isolation. Restricted space means physical confinement, causing sedentary behavior with direct effects on health such as weight gain or mood disorders.
Ongoing activity on board results in shift schedule that 75% of the staff have to constantly adapt to, which creates complex fatigue management. Meals have a social and structuring role but are not adapted to caloric needs. Thus, rest, nutrition, and physical activity are three essential fields that cannot follow healthy patterns during a mission.
Submariners are continuously exposed to low levels of industrial and domestic pollutants. The management of the onboard nuclear reactor implies strict radiation protection rules. A submarine is an industrial environment where circumstantial and traumatic pathologies can occur. Isolation is another constraint. Crews do not communicate with the outside world. Maintaining a high level of alertness is a challenge due to accumulated fatigue and a possible onset of a seasonal affective disorder. Countermeasures ensure crew performance and resilience. This environment combines the unique constraints of confinement, industrial and nuclear environment, and isolation. Technological and societal evolutions require continuous adjustments to ensure the safety and performance of submariners.

Keywords: Extreme environment. Isolated and confined environment. Occupational exposure. Submarine medicine. Military medicine.

Published in : SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES, - (dir.), *Médecine et Armées Vol.52 No.1. Dossier Marine*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813006004, doi : 10.17184/eac.9782813006004

Introduction

Les Forces sous-marines françaises comptent 2 800 sous-mariniers qui assurent une permanence opérationnelle à la mer. Peu de nations disposent de Sous-marins à propulsion nucléaire (SMN) et les données de la littérature concernant les expositions et les risques spécifiques à cet environnement sont peu nombreuses.

Le Service de santé des armées (SSA) participe directement à la crédibilité des Forces sous-marines (FSM) en veillant à la sécurité et à la santé des sous-mariniers, en adéquation avec les impératifs technologiques et opérationnels modernes. Outre la préservation de l'état de santé, le maintien de performances neurocognitives est un enjeu de taille compte tenu des exigences inhérentes à la conduite d'un SMN en patrouille opérationnelle.

Dans ce contexte, de nombreux travaux sont menés, prenant pour cadre un scénario d'exposition de référence[1]. Celui-ci précise que les sous-mariniers constituent une population militaire jeune et rigoureusement sélectionnée sur le plan médical, indemne de pathologies chroniques ou évolutives (1). Cette sélection est justifiée par les conditions d'isolement extrême et par les contraintes spécifiques à bord des SMN.
Le scénario de référence estime que la population soutenue est composée de travailleurs sains (moyenne d'âge : 28 ans) qui bénéficient d'un suivi médical strict[2] et réalisent en moyenne dix missions d'une durée maximale de 90 jours en sept ans.

La sécurité à bord des SMN repose sur une connaissance approfondie des risques et sur la capacité à gérer les facteurs environnementaux. Cette approche proactive de l'équipage permet d'assurer la sécurité des missions. Cependant, les enjeux liés à la gestion de ces facteurs environnementaux, qui sont susceptibles d'affecter les performances des sous-mariniers, nécessitent une surveillance et des ajustements continus pour garantir leur santé et leur sécurité.

L'objectif de cet article est de proposer une synthèse des principales contraintes identifiées en mission par les FSM afin de répondre aux enjeux spécifiques de ce « huis clos confiné », auxquels sont confrontés les sous-mariniers en mission, sans aborder ici les contextes particuliers que sont les situations incidentelles et les actions de combat. Il détaillera les contraintes induites par le confinement « physique » et les adaptations du mode de vie en mission, les principaux risques industriels et, enfin, les défis de l'isolement sur le plan psychique.

1 Contraintes physiques et adaptations du mode de vie

L'une des contraintes marquantes à bord des sous-marins est la gestion d'un volume restreint, conçu pour concentrer des installations industrielles normalement dévolues à être disposées dans des infrastructures terrestres de grande taille, et au sein duquel l'homme se contente d'espaces de vie et de travail insérés secondairement.

[1] Groupe de travail « atmosphère sous-marin » (GTASM). Document de travail. Historique de conception de normes atmosphériques à bord des sous-marins nucléaires de la Marine nationale. Comparaison avec les modèles étrangers. Méthodologie de révision et de modernisation des normes par le GTASM. 2024.

[2] Ce suivi comprend : un suivi individuel renforcé au titre de l'exposition aux rayonnements ionisants, une détermination de l'aptitude à la projection et une intervention médicale précoce afin de préserver l'état de santé des individus ou de permettre leur remplacement rapide si besoin. Il s'agit donc à la fois d'échéance d'expertise annuelle et d'un accompagnement individualisé permanent.

Published in : SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES, - (dir.), *Médecine et Armées Vol.52 No.1. Dossier Marine*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813006004, doi : 10.17184/eac.9782813006004

En effet, le SMN représente un univers confiné. Étanche pour des raisons de sécurité, il dispose d'une autonomie illimitée permettant de s'affranchir d'un retour en surface. Son architecture et sa taille répondent à un cahier des charges opérationnel particulièrement précis. Ces contraintes et ces choix technologiques sont à l'origine d'un aménagement intérieur optimisé, imbriquant étroitement zones industrielles et lieux de vie. De ce mélange des genres, entre environnement domestique et zones de travail, résulte une ambiance confinée, fermée et exiguë, au sein de laquelle la promiscuité, au sens physique du terme, est au premier plan.
Ce confinement « physique » a un impact fort sur la santé des marins en opération. La sédentarité constitue l'une des problématiques majeures, notamment en raison des complications qu'elle engendre avec la répétition des missions : prise pondérale, asthénie, trouble de l'humeur, désadaptation à l'effort ou encore lombalgies (2).

Chaque sous-marinier représente un investissement important pour les FSM, notamment en temps de formation, en raison d'une prise de responsabilités corrélée à l'expérience acquise au cours des missions. Dans ce contexte, les problématiques sanitaires insidieuses liées à la sédentarité ont des répercussions en termes d'aptitude et de performances lors de périodes critiques, tant pour la carrière du marin que pour les besoins des FSM (3). C'est pourquoi, des programmes de maintien de la condition physique ont été instaurés progressivement lors des phases d'entraînement à terre avec, en parallèle, la mise à disposition d'agrès de plus en plus performants à bord des sous-marins. Ce propos reste à nuancer selon l'espace disponible et la rusticité du SMN. De plus, l'accès à ces équipements sportifs peut être modulé selon la qualité de l'air intérieur et les impératifs opérationnels de discrétion.

Il existe deux autres facteurs qui ont une action synergique avec la sédentarité.
En premier lieu, il convient de considérer les effets du rythme de quart. L'activité permanente du bâtiment à la mer impose à 75 % du personnel un rythme de quart, c'est-à-dire un travail en horaires fractionnés et irréguliers. Toutes les nuits sont interrompues, il n'y a pas de phénomène d'habituation horaire et une durée minimale de repos est préservée. Différents rythmes de quart se côtoient selon les fonctions exercées à bord. Ce rythme de travail est particulièrement complexe en termes de gestion de la fatigue : le travail posté représentant 6 à 11 heures selon les jours, auquel il convient d'ajouter les tâches d'entretien courant et les travaux de fond (4). Garantir un équilibre entre les phases de repos et de récupération et les temps dédiés à l'activité physique, selon les capacités de chacun, relève donc d'un véritable défi. Il convient de noter que les résultats préliminaires de l'étude PERSENS (évaluation de la perception sensorielle en environnement isolé et confiné), menée à bord de Sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE) par l'Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA) ont mis en évidence un meilleur sommeil et un maintien des performances plus importantes chez les sportifs que chez les membres d'équipage sans activité physique, pour lesquels la sensation de fatigue et la somnolence étaient significativement plus importantes[3].
Le second facteur correspond aux conduites alimentaires inadaptées aux dépenses caloriques, l'un des écueils majeurs des sous-mariniers en mission. Les repas ont un rôle social et structurant, offrant un semblant de temporalité en dépit de l'isolement et du confinement. Le caractère hédonique y est fortement présent et pas nécessairement

[3]Trousselard M. Synthèse intermédiaire de l'étude PERSENS. IRBA/CSS-FSM. Février 2020.

Published in : SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES, - (dir.), *Médecine et Armées Vol.52 No.1. Dossier Marine*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813006004, doi : 10.17184/eac.9782813006004

en adéquation avec les besoins caloriques réels. Il existe également une consommation régulière de produits sucrés afin de rompre la monotonie de certains postes de quart, majorée par la fatigue et d'éventuels troubles de l'humeur. Ces phénomènes ont une activité synergique forte sur la sédentarité. Une alimentation inadaptée génère une diminution de la qualité du sommeil tandis que la privation de sommeil engendre une augmentation de la prise alimentaire (5).

Les sous-mariniers se retrouvent donc souvent dans la situation délicate de devoir choisir entre repos, alimentation et activité physique, trois activités essentielles parfois inconciliables en raison du rythme opérationnel et de la tolérance individuelle à ce rythme.

En plus de la sédentarité, l'espace restreint du sous-marin, combiné aux contraintes opérationnelles et industrielles, entraîne d'autres inconvénients. Ceux-ci incluent notamment un environnement constamment bruyant, bien que les bruits y soient de faible intensité, et une luminosité ambiante réduite. Si les SMN sont particulièrement silencieux afin de ne pas être détectés, cela est essentiellement lié à des dispositifs permettant de ne pas transmettre les sons vers l'extérieur de la coque. En revanche, en raison de la complexité du sous-marin, de nombreuses installations industrielles sont nécessaires, dont le regroupement impose le port d'équipements individuels de protection auditive lors des visites de contrôle pluriquotidiennes. Par ailleurs, afin d'homogénéiser l'air du bord, un système de ventilation fonctionne de manière continue, dans tous les locaux, y compris les chambres. Ainsi, chaque sous-marinier est soumis à un bruit de fond continu, ce qui peut affecter son niveau de fatigue et la qualité de son repos (6). Un exemple concret, observé par tous les sous-mariniers, est la réaction de vigilance accrue, presque réflexe, lorsqu'il y a une interruption du bruit de la ventilation. En effet, ce bruit de fond, bien que discret, indique un possible départ d'incendie lorsqu'il cesse.

Les missions prolongées imposent aux sous-mariniers d'être coupés du monde et, par conséquent, privés de lumière naturelle pendant de longues périodes. Une alternance entre lumière blanche et lumière rouge simule un rythme nycthéméral. La luminosité globale, dont l'intensité varie selon les espaces de vie et de travail, a été pensée afin de ne pas engendrer de réveil physiologique trop important pour le personnel terminant de quart, qui alterne travail posté et phase de repos (< 200 lux). Observé de manière empirique au cours de plus de 500 patrouilles de SNLE, le syndrome de « J40 » correspond à un état de fatigue d'installation progressive associé à une impression de ralentissement psycho-cognitif. L'intensité de ces signes semble variable selon les ressources individuelles et ces manifestations surviennent approximativement au 40^{e} jour de mission. La prévalence et le retentissement de ces plaintes demeurent inconnus et les mécanismes mis en jeu restent flous. Les résultats intermédiaires de l'étude PERSENS ont confirmé que les émotions positives et l'activation générale (activité, dynamisme, etc.) sont minimales autour du cinquantième jour de patrouille. Un phénomène de désynchronisation du rythme circadien lié au déphasage induit par la faible luminosité pourrait être à l'origine d'une forme fruste de syndrome de Dépression saisonnière (DS) (7). Tous les personnels de quart semblent être touchés. Le rythme de quart participerait également à ce phénomène avec des troubles du sommeil, de l'humeur et une phase de récupération plus longue pour les personnels de quart que pour les

Published in : SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES, - (dir.), *Médecine et Armées Vol.52 No.1. Dossier Marine*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813006004, doi : 10.17184/eac.9782813006004

marins hors quart. Cet équivalent de syndrome de dépression saisonnière pourrait être l'un des multiples facteurs explicatifs du syndrome de « J40 ».

À ces contraintes environnementales continues s'ajoute le paramètre thermique, éminemment variable selon la zone de patrouille, et l'inconfort qui peut en résulter.
En revanche, la pression qui règne à bord est approximativement de 1ATA, correspondant à la pression atmosphérique extérieure avant la prise de plongée du SMN.

2 Risque industriel

Les sous-mariniers français sont confrontés à une exposition continue en atmosphère confinée pendant 90 jours consécutifs. Cette atmosphère est assainie mais non renouvelée et les marins y sont exposés approximativement dix fois en sept ans, soit près de 20 000 heures par tranche d'exposition continue. À emploi plus ou moins équivalent, un travailleur dans un environnement plus conventionnel sur une même période est exposé 14 000 heures, de manière fractionnée selon le rythme de son emploi[4].

L'appareil respiratoire est le premier filtre physiologique face à cet environnement. En dépit d'une sélection drastique et d'un suivi médical très strict avec un point d'attention majeur sur la fonction pulmonaire, force est de constater que quelques travaux, tant en France que dans le monde anglo-saxon, évoquent la possibilité d'une altération des débits respiratoires chez les sous-mariniers (8-10). Le *National Research Council*, *via* le *Committee On Toxicology* (NRC – COT) (2007) rapporte que l'atmosphère à bord des SMN reste imparfaitement maîtrisée (11). Les normes qui régissent actuellement la qualité de l'air reposent sur un programme diligenté dans les années 1990 visant à évaluer les effets systémiques de l'atmosphère confinée[5]. Les travaux expérimentaux laissent supposer une certaine innocuité systémique de l'atmosphère confinée, corroborée par une étude épidémiologique des effets à long terme de l'environnement sous-marin, mis en place à la demande de l'état-major de la Marine (12).
Ces normes font l'objet d'une mise à jour, afin de répondre aux exigences sanitaires et opérationnelles modernes, dans un souci constant de pragmatisme et de sécurité du sous-marinier. Cette évolution est possible en raison des améliorations des capacités technologiques et illustrent la coopération fine entre concepteurs, industriels, acteurs opérationnels et Service de santé des armées.

L'environnement industriel et le fonctionnement des installations à bord sont des sources de pollution atmosphérique, liées à l'utilisation de produits chimiques et au phénomène de dégazage des matériaux. Il s'agit d'un processus continu par lequel les substances gazeuses ou volatiles contenues dans les matériaux sont libérées dans l'air ambiant. L'intégralité des activités humaines contribue également largement à dégrader la qualité de l'air, que ce soit en raison des activités d'entretien courant, de la cuisine ou de l'hygiène individuelle. De manière préventive, une procédure permet d'interdire ou de limiter l'emploi des produits les plus polluants (procédure PRODEMBA – PRODuits EMBArquables à bord des sous-marins).

[4]Groupe de travail « atmosphère sous-marin » (GTASM). Document de travail. Historique de conception de normes atmosphériques à bord des sous-marins nucléaires de la Marine nationale. Comparaison avec les modèles étrangers. Méthodologie de révision et de modernisation des normes par le GTASM. 2024.

[5]DGA-TN. Sous-marins nucléaires : principes du suivi de l'atmosphère et valeurs limites d'exposition. 2000.

Published in : SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES, - (dir.), *Médecine et Armées Vol.52 No.1. Dossier Marine*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813006004, doi : 10.17184/eac.9782813006004

Cela concerne plus particulièrement les produits ménagers et d'hygiène individuelle comme les parfums ou avec un conditionnement comprenant un gaz propulseur (bombe de mousse à raser, déodorant, etc.). Il apparaît donc que le contrôle de l'atmosphère est une gageure : il doit permettre d'apporter la preuve que l'atmosphère est compatible avec le maintien en condition opérationnelle de l'équipage et sa santé de manière plus globale.

Ainsi, l'atmosphère à bord des sous-marins est surveillée suivant plusieurs modalités. Les substances susceptibles d'avoir un impact immédiat sur la santé ou la sécurité sont suivies de manière continue par des analyseurs fixes (dioxygène, dioxyde de carbone, monoxyde de carbone, dihydrogène et fluide frigorigène R134a). D'autres polluants gazeux, organiques et inorganiques, peuvent être détectés à l'aide de tubes Dräger®. Ce sont des pièges colorimétriques à lecture directe donnant une indication semi-quantitative. Mais il ne s'agit pas d'un suivi atmosphérique de routine.
Enfin, il existe un suivi régulier avec des analyses à lecture différée. Réalisé tous les deux jours dans des conditions standardisées, il consiste à piéger un échantillon de l'atmosphère dans des tubes TENAX® afin de retenir les Composés organiques volatils (COV) sur un adsorbant poreux. Une fois l'air piégé, le tube en verre est soudé afin de prévenir toute contamination extérieure. Au retour de mission, les tubes sont analysés, après désorption thermique, par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur de spectrométrie de masse pour l'identification des COV et à un détecteur à ionisation de flamme pour leur quantification. En dépit de ces mesures, certains polluants échappent à cette surveillance en raison de contraintes techniques d'ordre analytique. En effet, l'atmosphère du sous-marin en confinement est une matrice complexe de composés chimiques, à des concentrations variant de la « partie par billion ou 10^{-9} » (ppb) au pourcentage 10^{-2} (%), et la métrologie est perturbée par de multiples interférences (10).

Véhiculée par l'imaginaire populaire et préjugé communément admis par le grand public, la « catastrophe » à caractère nucléaire représenterait le principal risque à bord des SMN, majoré si celui-ci est un vecteur des armes de dissuasion. Or, en réalité, l'extrême fiabilité du système, liée à sa conception, et la culture de sûreté inhérente au monde du nucléaire français rendent ce risque hautement improbable.
De manière plus raisonnée, les sous-mariniers sont des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, avec des doses d'exposition faibles comparativement aux travailleurs civils, dans l'immense majorité des cas inférieures à 0.500 mSv par an. Néanmoins, la gestion continue d'une chaufferie nucléaire embarquée impose un certain nombre de règles de radioprotection auxquelles tout l'équipage, et plus encore l'équipe médicale, est sensibilisé. Ainsi, il existe un zonage radiologique à bord du sous-marin afin d'adapter les mesures de prévention en fonction du niveau de risque. L'équipage dispose d'une dosimétrie à lecture différée (mesure de l'exposition aux rayonnements gamma, X et neutrons) et porte une dosimétrie opérationnelle lors de la pénétration dans la zone à forte émission. Une anthroporadiométrie est réalisée après chaque patrouille opérationnelle afin de déceler toute trace de contamination interne par des produits de fission. Dans cette même optique, une vingtaine de marins bénéficient d'un examen de radiotoxicologie urinaire. Dans ce contexte, les équipages bénéficient d'un suivi individuel renforcé et d'une catégorisation « B » en tant que travailleurs en environnement nucléaire. À noter qu'en cas d'accident à caractère radiologique engen-

Published in : SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES, - (dir.), *Médecine et Armées Vol.52 No.1. Dossier Marine*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813006004, doi : 10.17184/eac.9782813006004

drant un risque de contamination par des produits de fission, des procédures robustes comprenant des moyens de décontamination et des antidotes spécifiques sont disponibles à bord.

Par ailleurs, la culture de la sécurité à bord des sous-marins fait l'objet d'une analyse et d'une prise en compte systématique des accidents, souvent tragiques, qui émaillent l'histoire de cette arme. L'un de ces évènements est l'accident survenu le 6 avril 1994 à bord du sous-marin nucléaire d'attaque (SNA) *Émeraude*, au cours duquel une fuite vapeur dans le compartiment machine a fait dix victimes décédées par brûlures et asphyxie. Ce risque, inhérent au fonctionnement d'une chaufferie nucléaire embarquée, fait l'objet d'une sensibilisation forte et de mesure de prévention tant à l'échelle individuelle que lors de la conception des sous-marins. À cela s'ajoute le risque de collision ou de talonnage que l'équipage doit prendre en compte (13).

Un sous-marin au quotidien représente donc un environnement industriel, nucléarisé et mobile d'une complexité inouïe. Compte-tenu des multiples contraintes qu'engendrent les impératifs opérationnels et technologiques, ce milieu s'avère potentiellement accidentogène. Les équipages doivent donc être vigilants et sensibilisés au risque de survenue de pathologies circonstancielles (traumatisme, électrisation, etc.).

3 Isolement et psychisme

Contrepoint du confinement physique, l'isolement psychique constitue une autre facette des contraintes supportées par les équipages en mer. Selon la nature des missions, les marins sont « coupés » du monde et ne disposent que d'un accès parcellaire à l'information et aux nouvelles de leurs proches, pour des raisons techniques et opérationnelles, mais également afin de préserver leur état d'esprit et leur résilience. C'est notamment le cas à bord des SNLE, vecteurs de la dissuasion nucléaire océanique, dont les membres d'équipage reçoivent un « famili », court télégramme hebdomadaire limité à 40 mots. Cette situation est exceptionnelle à l'ère de de l'omniprésence des moyens de communication et des réseaux sociaux.

Ce lien ténu avec le monde extérieur n'est pas le seul poids à porter. Qu'il s'agisse de maintenir un très haut niveau de vigilance et de réactivité en dépit du rythme routinier de la mission ou lors d'actions très prolongées dans un environnement opérationnel dense à bord des SNA, le niveau de performance attendu par chaque marin est exigeant, notamment pour des raisons de sécurité. Ces attentes sont susceptibles de générer une forte charge cognitive. En dépit d'une grande robustesse technologique, le milieu sous-marin reste potentiellement hostile et ce de manière permanente, ne serait-ce que parce qu'un début d'incendie ou un défaut d'étanchéité pourrait conduire à une catastrophe. Enfin, durant un véritable huis clos de plusieurs semaines, la fatigue accumulée, le rythme de quart et les probables équivalents de syndromes de dépression saisonnière sont des risques importants de voir la dynamique du groupe se dégrader (14).

Néanmoins, il existe de très nombreux facteurs protecteurs. Un modèle de recrutement basé sur le volontariat et une identité singulière des FSM confèrent un esprit de corps avec un sentiment d'appartenance fort aux équipages. Le rôle structurant de la mission, clé de voûte de la doctrine militaire française, comme l'accompagnement

Published in : SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES, - (dir.), *Médecine et Armées Vol.52 No.1. Dossier Marine*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813006004, doi : 10.17184/eac.9782813006004

et le compagnonnage permanent dans la prise de responsabilités, donne du sens à l'engagement de ces marins.

De nombreux filtres et senseurs permettent de garantir cet équilibre. Sur le plan médical, la sélection rigoureuse et des visites médicales annuelles, émaillées d'avis d'experts, notamment du Service local de psychologie appliquée (SLPA) de la Marine, permettent de déceler des marins susceptibles de présenter des troubles de l'adaptation à la vie à bord des SMN. Enfin, l'esprit d'équipage, construit par un entraînement intense et des moments de cohésion forts et qui intègre pleinement les équipes médicales embarquées, permet également de déceler des signaux faibles et d'amorcer des actions de prévention. L'ensemble de ces mesures concourent à une véritable résilience collective garante de la capacité des sous-mariniers à assurer une permanence à la mer depuis 1972.

Conclusion

L'environnement dans lequel évolue les sous-mariniers cumule des contraintes dont l'évaluation a pour objectif de garantir la sécurité et la santé des équipages.
La vie à bord d'un SMN présente des défis uniques liés à l'environnement nucléarisé, à l'atmosphère confinée et à l'ambiance isolée, coupée du monde extérieur durant plusieurs semaines.

La nature du SMN et l'imbrication de zones de vie et d'espaces industriels ont un impact fort sur le mode de vie. Ces missions longues entraînent une accumulation de fatigue en raison de cycles de travail fractionnés dans un contexte opérationnel dense, majorée par la sédentarité.

À l'ère de l'exposome, qui correspond à la prise en compte des expositions environnementales auxquelles est exposé un organisme à l'échelle de sa vie, il est légitime de vouloir évaluer précisément les effets de l'environnement à bord des sous-marins sur l'homme. À ce titre, plusieurs études sont en cours, notamment en utilisant la métabolomique qui est une analyse qualitative et quantitative exhaustive de tous les métabolites détectables dans un système biologique (sang, urine, etc.) avec une approche non ciblée (15). Cependant, il est crucial de noter que les sous-mariniers, que ce soit avant, pendant et après leur période de service à bord des sous-marins nucléaires, présentent un excellent état de santé, sans qu'aucun impact du milieu de travail n'ait pu être démontré (12). Outre cette approche « somatique », ce sont les évolutions technologiques et sociétales qui présentent les nouveaux défis à surmonter. En effet, si la mission des FSM ne change pas fondamentalement, il reste nécessaire de s'adapter aux évolutions rapides de la société, y compris au niveau comportemental avec l'omniprésence des moyens de communication. Ces enjeux, susceptibles d'impacter les équipages de demain, nécessitent une évaluation et des ajustements continus pour continuer à garantir la sécurité et la performance des sous-mariniers.

Contribution des auteurs

Rédaction : JS, BO

Relecture : JL, GP, TC, SD, JP, FE, AM, FL

Published in : SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES, - (dir.), *Médecine et Armées Vol.52 No.1. Dossier Marine*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813006004, doi : 10.17184/eac.9782813006004

Remerciements au linguiste relecteur : Pierre-Alexandre Clerc

Références bibliographiques

1. État-major des armées. Instruction N° 500/DEF/DCSSA/PC/MA relative à l'aptitude médicale à la navigation sous-marine du 14 octobre 2015. Publié dans le bulletin officiel des armées, le 21 janvier 2016.
2. Vampouille PM. Evolution de l'IMC et de l'estimation du risque cardiovasculaire lors d'un cycle en Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engin [Thèse]. Brest (FR) : Université de Brest-Bretagne occidentale ; 2012.
3. Raoul B. Etude de l'évolution de l'indice de masse corporelle des sous-mariniers : impact sur l'aptitude et la capacité opérationnelle [Thèse]. Brest (FR) : Université de Brest-Bretagne occidentale ; 2020.
4. Hardouin J, Padlo F, Schmid B, Coste O, Chaumet G, Rabat A. Travail posté, somnolence, fatigue, attention et prise de risque du militaire : étude de terrain sur deux patrouilles de sous-marins nucléaires d'attaque. Neurophysiol Clin. 2012 ;42 :140–1. doi : 10.1016/j.neucli.2012.02.005
5. Guezennec CY, Duclos M. Influence de la nutrition sur le sommeil et la vigilance. Cah Nutr Diet. 2005 ;40(3) :143–8. doi : 10.1016/S0007-9960(05)80479-1
6. Værnes RJ, Sandal G. Réactions humaines lors des plongées profondes. Lancet. 2003 ;362 :s10-1. doi : 10.1016/s0140-6736(03)15056-8
7. Baert P, Trousselard M, Du Retail C, Delhomme A, Cayla JL, Coste O. Intensité lumineuse à bord des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins. Med Armees. 2010 ;38 :291-8.
8. Sims J, Tibbles P, Jackman R. Analyse descriptive de l'asthme au sein de l'U.S. Navy Submarine Force. Aviat Space Environ Med. 1999.
9. Kraus R, Rose C, Meehan R. Cas d'asthme à bord d'un sous-marin nucléaire après une exposition prolongée à une mauvaise qualité de l'air. Am J Respir Crit Care Med. 2022 ;205 :Meeting Abstracts.A2983. doi : 10.1164/ajrccm-conference.2022.205.1*MeetingAbstracts.A2983
10. Giraud-Vinet T. Exposition professionnelle et troubles ventilatoires obstructifs chez les sous- mariniers [Thèse]. Marseille (FR) : Université de Marseille ; 2018.
11. National Research Council (US-NRC). Niveaux d'exposition d'urgence et d'exposition continue pour des polluants atmosphériques à bord des sous-marins : volume 1. Washington (US) : National Academies Press ; 2007.
12. Verret C, Trichereau J, Laporal S, Leger C, Esvan M, Bourdon L *et al.* Etude de mortalité des personnels sous-mariniers de la Marine nationale. Paris (FR) : Observatoire de la santé des vétérans ; 2014.
13. Baert P, Roger A, Padilla A, de Carbonnières H, Clervoy P. Évaluation de l'état de stress post-traumatique après un accident sur sous-marin. Med Armees. 2009 ;37(2) :167-72.
14. Nicolas J, Bruge-Ansel T. Contraintes subies par les équipages de sous-marins et troubles psychiatriques. Med Armees. 2011 ;39(2) :151-6. doi : 10.17184/eac.9782813004512
15. Wild CP. Intégrer l'exposome au génome : le défi majeur de la mesure de l'exposition environnementale en épidémiologie moléculaire. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2005 ;14(8) :1847-50. doi : 10.1158/1055-9965.EPI-05-0456

Published in : SERVICE DE SANTÉ DES ARMÉES, - (dir.), *Médecine et Armées Vol.52 No.1. Dossier Marine*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813006004, doi : 10.17184/eac.9782813006004