

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/274388033>

Quinze années d'analyse d'air comprimé au sein du laboratoire de la Marine de Toulon.

Article · September 2011

CITATIONS

0

READS

74

6 authors, including:



Aurélie Gollion-Evrard

Ministère de la Défense

5 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Aurore Bousquet

Bégin Military Teaching Hospital

46 PUBLICATIONS 99 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Jean ulrich Mulot

48 PUBLICATIONS 340 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



PPCP environmental fate description [View project](#)



Health based guidelines setting [View project](#)

All content following this page was uploaded by [Aurélie Gollion-Evrard](#) on 13 April 2015.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

QUINZE ANNÉES D'ANALYSE D'AIR COMPRIMÉ AU SEIN DU LABORATOIRE DE LA MARINE DE TOULON

De nombreux professionnels respirent de l'air comprimé en bouteille dans le cadre de leurs activités. Parmi ceux-ci, les personnels de la Marine Nationale y recourent dans deux circonstances : la plongée et les interventions en milieu pollué (appareils respiratoires isolants). Afin de limiter les risques d'intoxication chimique, la Marine Nationale réalise depuis plusieurs dizaines d'années un programme de contrôle de la qualité de l'air produit par compression. Les laboratoires d'expertise sont une composante clé de ce programme. L'objectif principal de cet article est de présenter une étude sur 15 ans de résultats de mesures obtenus par le Laboratoire d'analyses de surveillance et d'expertise de la Marine (LASEM) de Toulon. Cette analyse rétrospective met notamment en évidence un taux de non-conformités inférieur à 10 %, humidité exclue, et en dépit de normes très strictes. Des perspectives d'amélioration des prestations analytiques sont proposées afin de garantir une meilleure évaluation des risques chimiques liés à l'air comprimé.

La Marine Nationale, par l'intermédiaire des Laboratoires d'analyses de surveillance et d'expertise de la Marine (LASEM), contrôle depuis de nombreuses années la qualité de l'air comprimé utilisé par les plongeurs, les marins-pompiers et les personnels des brigades de sécurité. Cette surveillance est réalisée par l'analyse de contenants régulièrement soumis à essai : appareils respiratoires isolants (ARI) et bouteilles de plongée. Il s'agit d'une pra-

tique historique au profit de la santé et de la sécurité au travail (SST), régie par deux instructions ministérielles applicables au sein des armées.

L'objectif de cet article est de présenter une analyse critique des résultats obtenus depuis 15 ans au LASEM de Toulon, afin de déceler d'éventuelles tendances, d'estimer un taux global de non-conformités et d'identifier de possibles axes d'amélioration des pratiques.

- ☐ Air comprimé
- ☐ Plongée
- ☐ Qualité
- ☐ Gaz comprimé
- ☐ Humidité

► Aurélie GOLLION, Gérald PROVINI, Lucien VALENTE, Marie-Françoise CORDAT, Jean-Ulrich MULLOT,
Laboratoire d'analyses de surveillance et d'expertise de la Marine, BCRM Toulon

► Aurore BOUSQUET,
Hôpital d'Instruction des Armées Percy, Clamart

15-YEAR COMPRESSED AIR ANALYSIS AT A FRENCH NAVY LABORATORY IN TOULON

Breathing compressed air is a common practice for many professionals. Among them, French Navy personnel use compressed air for diving and operations conducted in polluted environments (closed respiratory systems). The Navy has implemented a monitoring plan for several decades to limit chemical toxicity risks associated with compressed air usage. Laboratories offering expert surveys are a key component of this programme. This paper's main aim is to present compressed air analysis results obtained over the last 15 years by the Naval expert survey and surveillance laboratory (LASEM) in Toulon. This retrospective analysis shows in particular that the overall non-compliance rate is less than 10%, excluding humidity measurements, despite the very stringent standards. Prospects for improving analytical services are proposed for guaranteeing better assessment of compressed air-related chemical risks.

- ☐ Compressed air
- ☐ Diving
- ☐ Quality
- ☐ Compressed gas
- ☐ Humidity

FIGURE 1

Bouteilles de plongée et d'ARI soumises à analyse



ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

RÉFÉRENTIELS RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

En milieu militaire, deux instructions propres au ministère de la Défense traitent des aspects de surveillance de la qualité de l'air comprimé :

- l'Instruction Ministérielle (IM) n° 14 de 2010 relative au contrôle de la qualité de l'air de plongée [1] ;

- l'IM n° 102 de 2006 relative à la qualité de l'air comprimé pour appareils respiratoires isolants à circuit ouvert utilisés en milieu normobare [2].

Ces instructions sont les versions les plus récentes de textes nationaux internes remontant au moins jusqu'en 1981 et dont les modalités pratiques et techniques ont relativement peu évolué dans le temps. A l'échelle internationale, le document de normalisation OTAN – STANAG 1458 UD – traitant de la qualité de l'air de plongée, complète ce cadre réglementaire [3]. Pour s'assurer de la qualité de l'air délivré, les référentiels Marine prévoient des contrôles de deux niveaux :

- contrôles de premier niveau, au sein des formations ;
- contrôles de deuxième niveau, dans un laboratoire spécialisé.

Les contrôles de premier niveau sont réalisés par le personnel responsable du remplissage des bouteilles d'air comprimé. Ils sont effectués à l'aide d'un appareil portatif adapté détenu par l'organisme pour l'analyse de l'air comprimé

TABLEAU I

Valeurs limites admissibles pour les paramètres mesurés dans l'air comprimé selon le référentiel retenu

	IM 14 Air de plongée	IM 102 Appareil respiratoire isolant	NF EN ISO 12021	Décrets 90-277 et 2011-45	STANAG 1458 Air de plongée
Oxygène - O ₂	20,5 - 21,5 %	/	21 ± 1 %	16 - 25 % (à 1 bar)	21 ± 1,0 %
Dioxyde de carbone - CO ₂	≤ 500 ppm	≤ 500 ppm	≤ 500 ppm	≤ 10 000 ppm (à 1 bar)	≤ 500 ppm
Monoxyde de carbone - CO	≤ 5 ppm	≤ 5 ppm	≤ 15 ppm	≤ 50 ppm (à 1 bar)	≤ 10 ppm
Composés organiques volatils totaux - COVt	≤ 5 mg/m ³	≤ 5 mg/m ³	/	Limites d'exposition professionnelle	≤ 20 mg/m ³
Humidité - H ₂ O	≤ 100 mg/m ³	≤ 50 mg/m ³ (contenant à 200 bar) ≤ 35 mg/m ³ (contenant à 300 bar) ≤ 100 mg/m ³ ARI composite avec liner interne polyamide	35 mg/m ³	Entre 60 et 80 % d'humidité relative si exposition de plus de 24 heures	35 mg/m ³
Odeur	Absence	Absence	Absence	/	Pas d'odeur nuisible
Huile	≤ 0,5 mg/m ³	≤ 0,5 mg/m ³	≤ 0,5 mg/m ³	≤ 0,5 mg/m ³	≤ 0,5 mg/m ³
Particules	/	/	/	Limites d'exposition professionnelle	/

Pour des raisons de lisibilité, les valeurs limites des décrets ont été rapportées à une pression de 1 bar par calcul à partir des pressions partielles

sur lequel sont fixés des tubes colorimétriques ou un moyen équivalent. Les mesures sont réalisées exclusivement à partir de prélèvements d'air effectués au niveau de la robinetterie d'un bloc ou d'une bouteille (cf. Figure 1). Le contrôle de premier niveau est effectué dans les cas suivants :

- au minimum tous les 3 mois ;
- après toute maintenance préventive ou corrective touchant le circuit d'air du compresseur (air respirable) ou pas (air de plongée) ;
- dans les cas de maintenance préventive ou corrective suivants : remplacement d'un flexible usagé, remplacement d'un filtre usagé ;
- en cas de doute sur la qualité de l'air.

Les contrôles de second niveau de la qualité de l'air produit par un compresseur sont principalement réalisés par les LASEM. Le contrôle de second niveau s'effectue dans les cas suivants :

- au minimum tous les 6 mois (air de plongée) ou au minimum une fois par an (air respirable) ;
- après un arrêt du compresseur de plus de 2 mois (air de plongée) ;
- après toute maintenance préventive ou corrective touchant le circuit d'air du compresseur autre que celles citées plus haut ;

- lorsque des contrôles de premier niveau donnent des résultats non satisfaisants sans que la cause soit identifiée ;

- après un accident de plongée ou un accident survenu à un porteur d'ARI utilisé en milieu normobare mettant en cause la qualité de l'air comprimé.

Le prélèvement d'air est effectué par la formation, en utilisant une bouteille parfaitement propre, spécialement réservée à cet usage.

En milieu civil, il est possible d'identifier les référentiels suivants : la norme européenne EN 12021 de 1999 relative à l'air comprimé pour ARI [4] et le tout nouveau décret n° 2011-45 du 11 janvier 2011 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare, complémentaire de l'historique décret 90-277 modifié [5, 6].

Le *Tableau 1* récapitule les valeurs retenues comme limite de qualité de l'air comprimé selon le référentiel adéquat. Les méthodes de mesure à mettre en œuvre sont définies dans les normes AFNOR de la série 8573. Cependant, à ce jour (janvier 2011), les modalités d'analyse par un tiers ne font l'objet d'aucune recommandation ou exigence réglementaire claire (arrêté d'application cité dans le décret non encore paru).

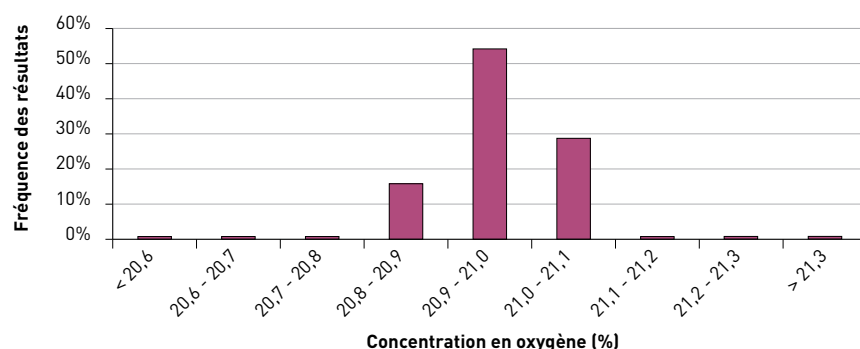
TABLEAU II

Méthodes d'analyse utilisées et origines potentielles des polluants mesurés

Élément	Références citées	Références requalifiées « micro »
Odeur	Subjective (nez humain)	Présence de solvants, moisissures
Concentration en O ₂	Cellule électrochimique ou analyseur paramagnétique	Mauvaise ventilation du local compresseur, présence d'un gaz inerte
Concentration en CO ₂	Analyseur infra-rouge non dispersif	Echappement du compresseur ou d'engins à moteur thermique
Concentration CO	Analyseur infra-rouge non dispersif	Echappement du compresseur ou d'engins à moteur thermique Dégradation des lubrifiants à haute température
Humidité	Hygromètre à miroir refroidi ou sonde capacitive	Tamis moléculaire (filtre) hors d'usage. Purges non utilisées
Concentration en COVt	Détecteur chauffé à ionisation de flamme sans séparation préalable	Présence de solvants ou toute autre forme de carbone organique volatil

FIGURE 2

Distribution des concentrations en oxygène dans les contenants analysés



ANALYSE DE LA QUALITÉ DE L'AIR PRODUIT PAR DES COMPRESSEURS

La surveillance de la qualité de l'air comprimé est fondamentale dans le cadre de la santé et de la sécurité au travail [7], mais également pour la plongée de loisir. Cependant, en dehors de situations accidentelles particulières [8 - 9], la littérature relative aux résultats de ces analyses en situation « normale » de fonctionnement des compresseurs est relativement peu abondante [10]. En 2007, une étude suédoise a porté, à un instant donné, sur l'évaluation de la qualité de l'air comprimé distribué par des sociétés et magasins de remplissage de blocs de plongée [11]. Sur 20 structures étudiées, 5 ne répondaient pas aux spécifications applicables à la qualité de l'air comprimé définies par la norme EN 12021. En outre, lors de cette étude, seules 2 structures ont pu produire les preuves de réalisation d'analyses de l'air produit au cours des 12 derniers mois.

Une étude réalisée par l'INRS s'est intéressée à l'évaluation de la qualité de

l'air utilisé pour l'alimentation des systèmes à adduction d'air à travers la mesure des concentrations en huile et monoxyde de carbone directement en sortie de compresseur ou après passage de l'air dans une borne épuratrice [12]. Les résultats diffèrent selon les chantiers, cependant des expositions importantes n'ont été relevées que sur l'un des neuf chantiers. La nécessité de sensibiliser les différents acteurs, de spécialiser le matériel de compression à la production d'air respirable ainsi que d'établir des procédures de maintenance et de contrôle du matériel ressortent de cette étude.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Durant plus de 15 ans, les paramètres suivants ont été analysés de manière systématique sur toutes les bouteilles de plongée et ARI soumis au LASEM de Toulon pour contrôle de deuxième

niveau : les concentrations en CO, CO₂, O₂, composés organiques volatils totaux (COVt) et l'hygrométrie. Les méthodes d'analyse actuellement utilisées dans les laboratoires militaires sont synthétisées dans le *Tableau II*, précisant par ailleurs l'origine potentielle des polluants mesurés. Seuls l'oxygène et l'hygrométrie ont été analysés par des moyens de mesure différents au cours de cette période, mais ces moyens présentent, en première intention et au vu des spécifications imposées, des performances comparables. Aujourd'hui, ces analyses sont réalisées au moyen d'une baie de mesure semi-automatique, étalonnée conformément aux prescriptions des fournisseurs. Le bon fonctionnement est vérifié chaque jour de travail par l'analyse d'un gaz de référence dont les concentrations sont proches des valeurs limites acceptables.

Notre revue a été réalisée selon une analyse statistique descriptive à l'aide du logiciel Excel. Celle-ci synthétise tous les résultats produits par le LASEM de Toulon entre 1995 et 2010 pour l'air de sécurité (pompiers, brigades de sécurité) et l'air de plongée obtenus à partir de compresseurs. Les compresseurs étaient entretenus et mis en œuvre en situation nominale en France, en mer ou à l'étranger, utilisés dans le respect des instructions ministérielles applicables, les marques et les modèles de compresseur ayant évolué au cours du temps. Les résultats d'analyse concernant des situations accidentelles ou des modes de production n'utilisant pas un compresseur (air reconstitué) ont été exclus de cette étude. Les concentrations en brouillards/vapeurs d'huile et en poussières n'ont pas fait l'objet d'une analyse statistique en raison d'une détermination non systématique et de l'absence de référentiel clair. Enfin, il convient de préciser avant la présentation des résultats que la valeur d'hygrométrie n'a été contrainte réglementairement que récemment en milieu militaire (2006 pour les ARI) : la mise en perspective historique de ce paramètre se retrouve donc possiblement faussée.

RÉSULTATS

CONCENTRATION EN OXYGÈNE

Pour la période 1995-2010, 7 276 mesures valides ont été recensées avec une teneur moyenne en oxygène de

20,92 % (air ambiant, O₂ = 20,95 %). Seules 2 mesures sont inférieures à 20,5 %, d'autres paramètres étant non conformes. Une seule mesure est supérieure à 21,5 %, phénomène probablement transitoire classique quelques minutes après un changement des filtres épura-teurs des compresseurs d'air. La distribution statistique des concentrations en oxygène mesurées dans les contenants analysés est présentée *Figure 2*.

MONOXYDE DE CARBONE

Sur la période de référence, 7 275 mesures de monoxyde de carbone ont été réalisées avec une teneur moyenne de 1,05 ppm. La répartition des concentrations en monoxyde de carbone est présentée *Figure 3*. Une très légère tendance temporelle peut être mise en évidence par analyse de régression linéaire entre la date d'analyse et les résultats des mesures : la pente, égale à - 0,0003 ppm par jour, est significativement différente de zéro au risque de première espèce $\alpha = 95$ %. Cette évolution des concentrations en CO mesurées par le laboratoire dans les bouteilles soumises à contrôle correspond assez bien à la tendance observée par la moyenne des associations françaises agréées pour la surveillance de la qualité de l'air, à savoir, en moyenne annuelle, un passage de 1,8 à 0,4 ppm de CO atmosphérique entre 1995 et 2010 [13].

127 mesures sont supérieures à 5 ppm, ce qui représente un pourcentage global de 1,7 % de non-conformités. Parmi celles-ci, 20 sont également non conformes en COVt, 24 sont non conformes en dioxyde de carbone et 3 sont non conformes pour les trois paramètres simultanément. Il n'a pas été mis en évidence de tendance temporelle pour le taux de non-conformités en monoxyde de carbone (test du Khi2 de tendance au risque $\alpha = 0,05$). La valeur maximale atteinte est de 150 ppm. 53 mesures sont supérieures à 10 ppm, ce qui révèle une répartition possible-ment bipolaire de la contamination de l'air produit par le monoxyde de carbone : d'un côté, les compresseurs fonctionnant normalement avec des concentrations franchement inférieures à 5 ppm et, de l'autre, les compresseurs présentant des anomalies avec des concentrations nettement supérieures au seuil réglementaire Défense. Enfin, une cassure dans la répartition statistique des résultats peut être observée

FIGURE 3

Distribution des concentrations en monoxyde de carbone dans les contenants analysés

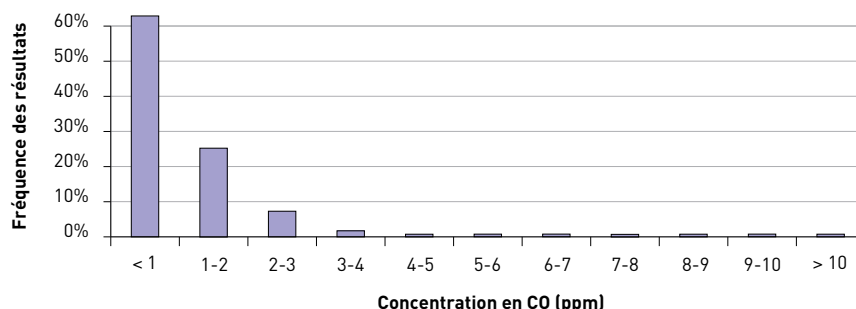


FIGURE 4

Distribution des concentrations en dioxyde de carbone dans les contenants analysés

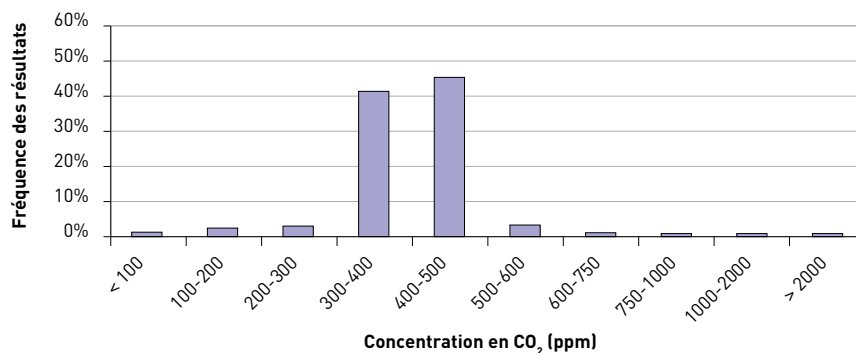
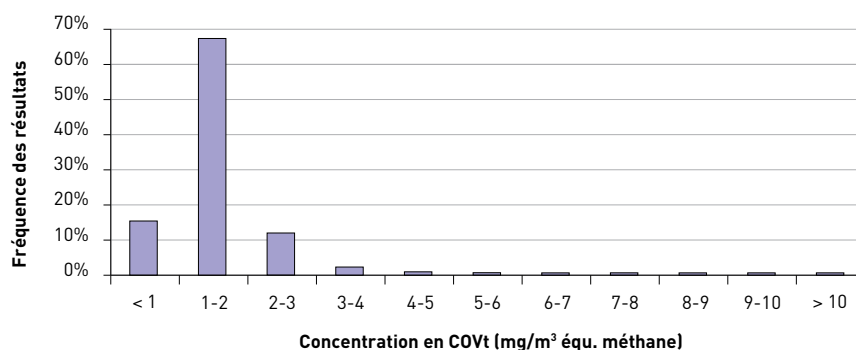


FIGURE 5

Distribution des concentrations en COVt dans les contenants analysés



après 2 ppm : en pratique, ce seuil pourrait être interprété comme un signe avant-coureur de non-conformité.

DIOXYDE DE CARBONE

7 276 déterminations ont été effectuées pendant les 15 dernières années. La concentration moyenne en dioxyde de carbone mesurée est de 391 ppm (air ambiant : 314 ppm en milieu non n-thropisé). La *Figure 4* présente la distribution des concentrations en dioxyde de carbone

mesurées dans les échantillons. Une légère tendance temporelle, dans le sens d'une croissance en fonction de la date, est observée par analyse de la régression linéaire entre la date et les résultats d'analyse : une augmentation d'environ 10 % en 15 ans est notée avec une pente significativement différente de zéro. Cette augmentation retrouvée dans nos analyses pourrait correspondre à l'augmentation de la teneur en dioxyde de carbone observée dans l'atmosphère pour la même période [14].

378 mesures sont supérieures à 500 ppm, ce qui représente globalement 5,2 % de non-conformités. Sur ces 378 mesures, 24 sont également non conformes en monoxyde de carbone, 23 également non conformes en COVt et toujours 3 non conformes sur les trois paramètres. Il existe une tendance temporelle pour le taux de non-conformités en dioxyde de carbone (test du Khi2 de tendance au risque $\alpha = 0,05$) dans le sens d'une augmentation : ce taux a évolué de moins de 2 % en 1996 à près de 10 % en 2010. Cette tendance est probablement à rapprocher de l'évolution « naturelle » des concentrations atmosphériques en CO₂ pendant la même période par attrition de l'intervalle entre la valeur naturellement présente dans l'atmosphère (~ 390 ppm à ce jour) et la valeur limite en vigueur au sein de la Défense (500 ppm). Cette situation a conduit certains utilisateurs réguliers (centres de formation, par exemple) à se doter de stations de compression asservies à une mesure de la qualité de l'air ambiant.

COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS TOTAUX (COVt)

7190 mesures sont exploitables pour la période étudiée, avec une teneur moyenne de 1,68 mg/m³ (exprimé en équivalent méthane). Cette moyenne est à mettre en relation avec la concentration en méthane naturellement présente dans l'atmosphère, à savoir 1,3 mg/m³, puisque la méthode utilisée mesure notamment le méthane. La distribution des concentrations en COVt est représentée dans la *Figure 5*.

143 mesures sont supérieures à 5 mg/m³, ce qui correspond à 2 % de non-conformités. Sur ces 143 non-conformités, 20 le sont également en monoxyde de carbone, 23 également en dioxyde de carbone et toujours 3 non conformes sur les trois paramètres. 39 mesures sont supérieures à 10 mg/m³ traduisant une franche contamination par des composés habituellement étrangers au fonctionnement du compresseur (solvants de peinture, hydrocarbures, etc.). Il n'a pas été mis en évidence de tendance temporelle claire pour le taux de non-conformités en COVt (test du Khi2 de tendance au risque $\alpha = 0,05$).

Une cassure dans la répartition statistique des résultats peut être observée après la concentration de 3 mg/m³.

A l'instar du raisonnement proposé pour le CO, cette concentration pourrait être interprétée comme un signe précoce de non-conformité.

HUMIDITÉ

7113 données sont exploitables. 4203 sont supérieures à 50 mg/m³ soit 59 % des mesures non conformes. 2163 sont supérieures à 100 mg/m³ soit 30 % des mesures. L'humidité moyenne obtenue est de 82 mg/m³. Il apparaît donc clairement que ce paramètre est le moins bien maîtrisé, à la fois pour des raisons réglementaires (évolution récente) et technologiques (difficulté de produire un air très sec par compression directe de l'air ambiant).

DISCUSSION

RÉSULTATS OBTENUS

A l'exception de l'humidité, point déjà soulevé lors de l'étude suédoise [11], la revue rétrospective des 15 années d'analyse de gaz met en évidence un taux relativement faible de non-conformités. Ce constat positif, fruit d'une forte pression réglementaire, de la formation et de l'information continue des professionnels de la Défense et d'un programme analytique ambitieux (contrôles de premier et de deuxième niveau) est rassurant pour le volet chimique de la santé au travail des plongeurs et pompiers portant un ARI.

La mesure de l'humidité dans les contenants de gaz comprimé répond à plusieurs problématiques mais la toxicité pour l'homme n'est pas avérée à court terme. Tout d'abord, une humidité trop importante dans un contenant peut favoriser la corrosion du contenant si celui-ci est métallique, avec des risques de rupture et des anomalies dans la composition du mélange gazeux du fait de la réaction de corrosion en cas de stockage prolongé (notamment une diminution sensible de la teneur en oxygène) [15]. Par ailleurs, même si les déterminations expérimentales font défaut, une hygrométrie trop importante dans une bouteille d'air comprimé pourrait, en théorie, favoriser la prolifération de micro-organismes exposant indirectement les utilisateurs à un

risque biologique. Enfin, dans le cas particulier de l'utilisation pour la plongée en eaux froides, une humidité trop importante pourrait favoriser les phénomènes de « givrage » du détendeur lors de la détente de l'air, empêchant le plongeur de respirer au travers de ce dernier.

A l'inverse, il convient de souligner qu'une teneur en humidité faible, telle que réglementairement imposée, peut s'avérer inconfortable pour l'utilisateur de la bouteille (sécheresse de la bouche et des voies respiratoires).

Les non-conformités sont retrouvées, dans l'ordre décroissant de fréquence, pour l'humidité, le CO₂, les COVt, le CO et l'oxygène. Il s'agit le plus souvent d'anomalies isolées d'un seul paramètre, ce qui illustre l'intérêt de les mesurer tous, chacun explorant probablement un/des mode(s) différent(s) de pollution. Paradoxalement, alors qu'il s'agit d'un paramètre physiologiquement « évident », la mesure systématique de la concentration en oxygène serait discutable en raison de la quasi-absence de non-conformité et du caractère non isolé des anomalies mesurées dans notre série.

Pour autant, pour les quelques contrôles non-conformes, les valeurs obtenues sont parfois extrêmes, ce qui légitime le contrôle de deuxième niveau au laboratoire. Par ailleurs, le contrôle en laboratoire apporte plus de précision pour la mesure de la concentration en CO₂ et reste la seule opportunité d'analyse pour les COVt (pas de mesure de terrain équivalente disponible).

Il pourrait s'avérer intéressant, pour le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils totaux de proposer des seuils dits « d'alerte » qui resteraient conformes à la réglementation mais qui sont « inhabituels » au regard de la répartition statistique des résultats historiques. Cette pratique pourrait permettre la réalisation d'interventions correctives/préventives sans attendre une situation de non-conformité rendant indisponible un compresseur.

PERSPECTIVES

L'une des perspectives de notre laboratoire est de mesurer les paramètres inconstamment mesurés jusqu'alors mais pour lesquels des preuves de toxicité potentielle et/ou des seuils sont dispo-

nibles, par exemple les poussières et les vapeurs/brouillards d'huile. Pour ces contaminants particuliers toutefois, la pratique actuelle consistant à analyser la qualité de l'air produit par un compresseur en analysant une bouteille remplie par ce dernier pourrait être discutable. Si, pour les polluants gazeux, il est possible de convenir qu'un rinçage des bouteilles avec l'air à analyser permet d'éviter les effets mémoire lié au contenant, ceci n'est pas vrai pour les polluants particuliers, capables de sédimentation et de remise en suspension aléatoire. Dans ce cas, l'analyse d'une bouteille particulière, même régulièrement réévaluée comme c'est actuellement le cas, n'est pas représentative de la qualité de l'air produit par le compresseur. Une analyse directe au compresseur est alternativement envisagée : analyse lors de chaque maintenance en atelier, par exemple.

Un autre objectif à atteindre, issu du retour d'expérience des clients du laboratoire, serait de faciliter le contrôle de niveau 2 à travers l'utilisation de kits de prélèvements permettant un envoi postal. Cette remarque provient, en particulier, des clients d'Outre-mer pour lesquels la gestion de la logistique d'envoi de contenant sous pression (transport réglementé) est complexe. Une

étude est en cours sur ce point et devrait aboutir à la mise en place de kits d'échantillonnage transportables par courrier considéré comme non dangereux. Pour ce faire, la méthode d'analyse sera modifiée.

Enfin, l'une des perspectives révélée par cette étude serait la nécessité de généraliser ces contrôles hors de la Marine Nationale. En effet, nos analyses révèlent près de 9 % de non-conformités pour des polluants dont la toxicité est avérée, parfois avec des valeurs extrêmes et, ceci, malgré l'application de règles d'exploitation très strictes des compresseurs. Qu'en est-il des domaines – comme la plongée de loisir – pour lesquels aucune réglementation aussi contraignante n'existe en termes d'analyses ? La mise en évidence d'un défaut de la qualité du gaz lors d'accidents de plongée dans plusieurs publications traduit probablement ce manque de contrôles systématiques [8 - 9]. En dehors de ces situations accidentelles dramatiques, l'utilisation au quotidien de compresseurs d'air par de nombreux professionnels (BTP, désamiantage, services d'incendie et de secours, etc.) pourrait être à l'origine de formes plus discrètes de toxicité si la qualité de l'air produit n'est pas régulièrement contrôlée.

CONCLUSION

Cette étude présente une analyse statistique descriptive rétrospective de 15 années de mesures en laboratoire de la qualité de l'air respirable produit par compression au sein de la Marine Nationale. En dehors de l'hygrométrie, non conforme dans plus de 50 % des cas, les situations de non-conformité réglementaire sont peu fréquentes (moins de 10 %) et concernent, par ordre décroissant de fréquence, les concentrations en CO₂, COVt, CO puis oxygène. Ces résultats intéressants, obtenus au prix d'un encadrement réglementaire et analytique relativement stricts, militent pour un maintien des contrôles et un renforcement par l'analyse plus systématique des polluants particuliers (poussières et brouillards d'huile) pour lesquels des dispositions pratiques restent à finaliser. Enfin, il nous semble que ces résultats militent également pour une analyse plus systématique de la qualité de l'air produit par compression et utilisé par des professionnels ou pour la plongée de loisir

Reçu le : 01/12/2010

Accepté le : 29/03/2011

BIBLIOGRAPHIE

[1] Instruction Ministérielle n° 14/DEF/EMM/MDR/SST de 2010 relative au contrôle de la qualité de l'air de plongée : prévention des risques liés à la mise en œuvre des installations de production d'air.

[2] Instruction Ministérielle n° 102/DEF/EMM/PROG/PFLI de 2006 relative à la qualité de l'air comprimé pour appareils respiratoires isolants à circuit ouvert utilisés en milieu normobare.

[3] STANAG 1458 UD (édition 1) du 26 octobre 2006 – Qualité du gaz de plongée.

[4] NORME AFNOR EN 12021, Avril 1999, relative à l'air comprimé pour appareil de protection respiratoire isolant.

[5] Décret n° 2011-45 du 11 janvier 2011 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare (JORF n°0010 du 13 janvier 2011, page 718, texte n° 21).

[6] Décret n° 90-277 du 28 mars 1990 modifié relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu Hyperbare.

[7] AUSTIN C.C., ECOBICHON D.J., DUSSAULT G., TIRADO C. – Carbon monoxide and water contamination of compressed breathing air for firefighters and divers. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 1997, 52, pp. 403-423.

[8] COCHARD G., LACOUR J.M., PHILIPPE P. - Malaise en plongée : rechercher une intoxication par le monoxyde de carbone. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 2002, 21, 5, pp. 450-451.

[9] LAWRENCE C.H. – A diving fatality due to oxygen toxicity during a "technical" dive. *Medical Journal of Australia*, 1996, 165, pp. 262-263.

[10] BOVEE H.H., BREYSSE P.A. – Study of air quality and contaminant analysis for work under compressed air. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1968, 29, 5, pp. 432-438.

[11] Swedish Consumer Agency – Market surveillance of diving air services for recreational diving. Report No. 2007:16. 19 p.

[12] LECRIVAIN J., GERBER J.M., AUBERT S., DELSAUT P., DOGAN C., MASSON A., HERY M. - Evaluation de la qualité de l'air utilisé pour l'alimentation des systèmes à adduction d'air. *Cahiers de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail*, 1999, 175, 2, pp. 5-12.

[13] Interrogation de la banque de données de la qualité de l'air sur le site www.atmonet.org. Consultation en janvier 2011.

[14] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat – Changements climatiques 2007 – Rapport de synthèse, 103 pages.

[15] TEMPLE J.D., BOSSHARDT R.T., DAVIS J.H. - SCUBA tank corrosion as a cause of death. *Journal of Forensic Sciences*, 1975, 20, 3, pp.571-575.