



Reçu le :  
23 avril 2010  
Accepté le :  
14 août 2010

# Tolérance physique au port de l'appareil respiratoire isolant chez les sapeurs-pompiers

Physical tolerance of fire fighters wearing self-contained breathing apparatus during training

F. Pantaloni<sup>a,\*</sup>, C. Capitaine<sup>b</sup>, F. Le Duff<sup>c</sup>, J.-M. Steve<sup>a</sup>, J. Barberis<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Service de santé et de secours médical, service départemental d'incendie et de secours des Alpes-Maritimes (SDISO6), 140, avenue Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny, 06271 Villeneuve-Loubet, France

<sup>b</sup> Service de médecine du travail, CHU de Nice, route de St-Antoine-de-Ginestière, 06200 Nice, France

<sup>c</sup> Service de santé publique, CHU de Nice, route de St-Antoine-de-Ginestière, 06200 Nice, France

Disponible en ligne sur

 ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

## Summary

**Aim of the study.** Firefighting involves quite a number of risks, which makes personal protection equipment (PPE) such as self-contained breathing apparatus (SCBA) or protective clothing vital. This equipment generates extra constraints, which increase those inherent in fire extinguishment. Our study aimed to analyse the variations of the physiological parameters caused by PPE in hot environments, so as to create a course of action for the medical supervision of firefighters fighting fires.

**Method.** We conducted a survey among 555 firefighters learning to wear self-contained breathing apparatus during training sessions carried out between January and June 2006 at the Cepari 06 training facility. Measurements were made before and immediately after the exercises, and then after a ten-minute recovery time period.

**Results.** The overall validation rate for the training sessions was 88.5 % but the causes of failure varied a lot according to the training level. The descriptive analysis of the physiological parameters revealed that pulse rate, the body temperature, feeling of fatigue, and dehydration dramatically increased after the exercises. We also noticed that the range of observed variations increased with the difficulty of the exercises for most parameters. There is no strong correlation between the various parameters measured.

**Conclusion.** From our study, we were able to confirm that working in hot environments with PPE generated significant variations in certain physiological parameters. The measurements made in our study together with data from the literature allowed us to create

## Résumé

**But de l'étude.** La mission des sapeurs-pompiers concernant la lutte contre les incendies présente de nombreux risques, rendant indispensable le port d'équipements de protection individuelle (EPI) tels que l'appareil respiratoire isolant ou la tenue d'incendie. Ces équipements engendrent de nouvelles contraintes qui s'ajoutent à celles de l'intervention. L'objectif de notre étude était d'analyser les variations des paramètres physiologiques entraînées par le port des EPI en ambiance thermique chaude, afin d'élaborer une conduite à tenir pour la surveillance médicale des sapeurs-pompiers en intervention sur des incendies.

**Méthode.** Nous avons effectué une étude sur les 555 stages d'entraînements des sapeurs-pompiers au port de l'appareil respiratoire isolant effectués entre janvier et juin 2006 au Cepari 06. Nous avons effectué nos mesures avant, et immédiatement après les exercices, puis après un temps de récupération de dix minutes.

**Résultats.** Notre échantillon était composé de 90,8 % d'hommes et de 9,2 % de femmes. L'âge moyen était de 27,6 ans. Nous avons fait passer 266 personnes pour le niveau appareil respiratoire isolant (ARI) 1, 230 pour le niveau ARI 2 et 59 personnes pour le GIR. Le taux de validation sur l'ensemble des stages était de 88,5 %, mais les causes des échecs étaient très différentes selon le niveau. L'analyse descriptive des paramètres physiologiques nous a montré que, la fréquence cardiaque, la température corporelle, la sensation de fatigue ainsi que la déshydratation augmentaient fortement après les exercices. Nous avons également constaté que l'amplitude des variations observées, augmentait avec la difficulté des stages pour la

\* Auteur correspondant.  
e-mail : francois.pantaloni@sdiso6.fr

guidelines for the medical supervision of firefighters fighting urban fires.

© 2010 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

**Keywords:** Hot environment, Self-contained breathing apparatus, Firefighters, Medical support, Physical tolerance

## Introduction

La mission première des sapeurs-pompiers qui concerne la lutte contre les incendies, représente sans doute, parmi toutes, une des plus difficiles et des plus dangereuses. En effet, lors des interventions sur incendie, les sapeurs-pompiers évoluent dans des environnements rendus hostiles par la chaleur, l'atmosphère toxique [13], les flammes...

Ces conditions de travail périlleuses rendent indispensable le port d'équipements de protection individuelle (EPI) tels que la tenue d'intervention ou l'appareil respiratoire isolant (ARI). Ces équipements essentiels engendrent cependant des contraintes qui s'ajoutent à celles de l'intervention.

Leur utilisation et plus particulièrement celle de l'ARI nécessite un apprentissage et un entraînement particulier.

C'est dans le cadre des exercices se déroulant au Centre d'entraînement au port de l'ARI des Alpes-Maritimes (Cepari 06), que nous avons réalisé notre étude. Les variations de certains paramètres physiologiques ont été enregistrées lors de ces entraînements.

Deux difficultés se posent pour le médecin responsable de son équipe d'intervention. La première est l'assurance d'une préparation physique compatible avec un acte de lutte contre un incendie (santé physique et mentale) [15]. Cette dimension peut être appréciée par la médecine du travail. La seconde tient au maintien du sapeur-pompier sur le lieu d'intervention (épuisement physique). L'objectif de notre étude s'attache donc à tenter d'isoler des paramètres pouvant servir à la surveillance de la tolérance physique des sapeurs-pompiers en intervention dans le cadre des missions de soutien sanitaire du service de santé et de secours médical (SSSM).

## Les sapeurs-pompiers en intervention sur feux urbains

### Contraintes et risques [6,17,18,20,21,23,25]

Lors des interventions sur les feux urbains, les sapeurs pompiers sont soumis à de nombreuses contraintes et à de

nombreux risques (atmosphère toxique [13], chaleur, risque d'accident).

Les efforts physiques dans la chaleur peuvent en effet entraîner diverses réactions pathologiques liées, soit à la mise en jeu excessive des systèmes de thermorégulation (déshydratation, crampes, syncope d'effort), soit à la défaillance de ceux-ci (coup de chaleur d'exercice) [6,17]. La contrainte des EPI augmente très sensiblement les risques liés à la chaleur.

© 2010 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Mots clés :** Ambiance chaude, Appareil respiratoire isolant, Sapeurs-pompiers, Soutien sanitaire, Tolérance physique

nombreux risques (atmosphère toxique [13], chaleur, risque d'accident).

Les efforts physiques dans la chaleur peuvent en effet entraîner diverses réactions pathologiques liées, soit à la mise en jeu excessive des systèmes de thermorégulation (déshydratation, crampes, syncope d'effort), soit à la défaillance de ceux-ci (coup de chaleur d'exercice) [6,17]. La contrainte des EPI augmente très sensiblement les risques liés à la chaleur.

### Les équipements de protection individuelle

Les EPI sont étudiés pour diminuer les risques d'accidents et leur gravité. Les équipements utilisés par les sapeurs-pompiers sont de catégorie III selon le guide de certification européenne (EPI protégeant de risques mortels) [2,3].

#### La tenue d'incendie [5,9,11,14]

La tenue complète pèse environ 4 kg et comporte plusieurs EPI : le casque F1, la veste de protection, la veste et le pantalon de treillis, le surpantalon, la cagoule, les gants et les bottes. Ces équipements entraînent des contraintes thermiques (diminution de la thermolyse) et mécaniques et augmentent le travail cardiovasculaire du porteur.

#### Les appareils respiratoires isolants [1,12,15,19]

Les ARI permettent de travailler en pression positive dans des atmosphères irrespirables. On distingue les ARI à circuit ouvert (ARICO) et les ARI à circuit fermé (ARICF). Ces équipements entraînent des contraintes d'ordre mécanique (poids, encombrement), thermique (diminution de l'évacuation de la chaleur par les voies respiratoires), neurosensorielles (modification du schéma corporel, stress...) et enfin des contraintes respiratoires (augmentation des résistances expiratoires et inspiratoires, augmentation de l'espace mort anatomique).

## Objectifs

Une des missions du SSSM est le soutien sanitaire des interventions des sapeurs pompiers. En soutien sanitaire, le méde-

cin sapeur-pompier apporte les soins d'urgence aux sapeurs-pompier, mais joue également un rôle important dans la prévention des accidents, notamment en autorisant ou pas le réengagement sur intervention du sapeur-pompier. Pour surveiller les effets sur la santé du travail dans la chaleur, le médecin ne dispose dans les conditions d'une intervention, que de l'interrogatoire du sapeur-pompier, de la prise de température et de la prise du pouls. Il n'a aucun moyen d'évaluer l'importance de la déshydratation qui peut pourtant entraîner des complications graves.

Notre étude présentait donc plusieurs objectifs :

- faire une étude descriptive des variations de certains paramètres physiologiques objectifs liés à l'effort physique, aux conditions de température et au port des EPI ;
- savoir si avec des paramètres facilement mesurables en intervention (pouls, température), il est possible d'évaluer le niveau de déshydratation (recherche d'une corrélation entre ces variables) ;
- savoir si la sensation subjective de fatigue, mesurée au moyen d'une échelle visuelle analogique (EVA), est corrélée avec des paramètres objectifs de tolérance physique à l'effort ;
- élaborer une conduite à tenir pour la surveillance médicale des sapeurs pompiers en intervention sur incendie.

## Matériel et méthode

### L'étude

Nous avons mené une étude lors des sessions d'entraînements au port de l'ARI effectuées entre janvier et juin 2006. Les données ont été recueillies par deux médecins lors des visites médicales obligatoires, avant, à la sortie de l'entraînement et après dix minutes de récupération.

La feuille de recueil comprenait les éléments suivants : données sociodémographiques (date de naissance et sexe) ; niveau du stage (ARI 1, ARI 2, GIR) ; données biométriques (poids, taille) ; fréquence cardiaque, température orale, EVA de condition physique (avant le test, après le test, après dix minutes de repos) ; poids (avant et après l'épreuve) ; durée du passage.

### Les différents stages

Nous avons effectué nos mesures sur les trois types de stages effectués au Cepar :

- le niveau ARI1 (initiation au port de l'ARICO : parcours de 34 m en solitaire) ;
- le niveau ARI 2 (perfectionnement et apprentissage du travail en équipe : parcours de 54 m en binôme) ;
- le GIR (apprentissage et entraînement au travail avec des ARICF : parcours de 108 m en trinôme) ;
- les stages sont validés si les stagiaires réalisent la totalité du parcours sans abandonner et sans consommer l'intégralité

de la bouteille d'air pour l'ARI 1 et l'ARI 2, ou d'oxygène pour le GIR.

## Matériel

### Le Cepar 06

Il comprend :

- un cabinet médical ;
- un local d'épreuve équipé du matériel nécessaire aux épreuves d'acclimatation à l'ARI (échelle sans fin...) ;
- la cave à fumée : pièce d'une superficie de vingt mètres carrés environ dans laquelle est installé un parcours en structures métalliques de la marque Matisec®. Ces structures forment un labyrinthe parsemé de difficultés (trappes, plans inclinés, chatières, culs de sacs...). Les déplacements à l'intérieur du parcours se font en rampant. L'accès à cette cave se fait par un escalier simulant un escalier abîmé par un feu (marches manquantes, inclinées...). La progression se fait dans le noir complet. Une sonorisation permet de simuler les bruits de catastrophes, de victimes appelant au secours. Le but de ces entraînements est de recréer des conditions se rapprochant de celles que les sapeurs pompiers sont susceptibles de rencontrer dans le cadre de leurs missions ;
- la salle de contrôle dans laquelle le personnel d'encadrement gère la lumière, les sons, la fumée, la température ambiante ainsi que la surveillance vidéo des stagiaires (trois caméras permettent de suivre l'évolution des stagiaires dans la cage) ;
- les stages se déroulent dans une ambiance thermique chaude à 30 °C, avec un taux d'humidité à 60 %.

### Les équipements de protection individuelle

Les stages se font avec la tenue d'incendie complète et un ARI. Les entraînements du Groupe d'investigation et de recherche (GIR), se font avec l'ARICF et la tenue « feu de navire ». Du point de vue des contraintes, la tenue feu de navire serait l'équivalent de trois tenues classiques.

Les ARICO utilisés au Cepar 06 sont de marque Matisec®, avec des pièces faciales de marque Matisec® et Fenzy®. Les bouteilles utilisées au Cepar ont une capacité de cinq litres. L'ARICO complet pèse 15 kg. L'autonomie est d'environ 25–30 minutes.

Les ARICF utilisés au Cepar sont de marque Dräger® modèle PSS BG4®. La pièce faciale est de marque Dräger®, modèle panorama nova RP®. La bouteille d'O<sub>2</sub> a une capacité d'un litre. L'ARICF complet pèse 12 kg. L'autonomie est d'environ deux heures.

### Appareils de mesure

Les appareils de mesure sont :

- oxymètre de pouls (Onyx®) pour la mesure de la fréquence cardiaque ;

- thermomètre : la température rectale est la plus fiable mais il n'est pas envisageable qu'elle puisse être mesurée dans les conditions d'une intervention. Nous avons décidé de mesurer la température orale, car elle présente une plus grande fiabilité que la température tympanique, en raison des variations engendrées par le port de la cagoule et du casque [7]. Celle-ci présente également une plus grande fiabilité dans des conditions de température extrêmes [8]. Nous avons donc opté pour la prise de température orale au moyen d'un thermomètre à mesure rapide (< dix secondes) de marque Microlife<sup>®</sup>, avec des embouts protecteurs à usage unique ;
- pèse personne électronique (Seca<sup>®</sup>) ;
- échelle visuelle analogique (EVA) inspirée de celle utilisée pour l'évaluation de la douleur. Les extrêmes étaient : « forme optimale (10) » et « épuisement maximal (0) ».

### Saisie des données et analyse statistique

Nous avons saisi les données sur des feuilles de calcul de type MS Excel<sup>®</sup> avec un contrôle sur 10 % des feuilles de recueil. Le traitement statistique des données a été réalisé avec les logiciels Epi-Info<sup>®</sup> 6, SPSS<sup>®</sup> 12 et XL-stat<sup>®</sup> 2007. Nous avons calculé des moyennes comparées au moyen de test *t* de Student pour les données à distribution normale et le test de Mann et Whitney lorsque les conditions d'homocédasticité n'étaient pas réunies. Les liens entre deux variables, ont été évalués au moyen de tests de corrélation de Pearson ou de Spearman selon les conditions de l'analyse.

### Population

La population de notre étude comprend des sapeurs-pompiers volontaires et professionnels, des militaires faisant partie de la section NRBC et des personnels de services de sécurité d'entreprises. La grande majorité des stagiaires sont des hommes (90,8 % d'hommes et 9,2 % de femmes).

### Résultats et discussion

Nous avons réalisé une étude sur les 555 personnes ayant effectué les stages d'entraînement au port de l'ARI entre janvier et juin 2006 et ayant pour moyenne d'âge  $27,6 \pm 8,2$  ans.

Notre étude intègre 266 stages ARI 1 (47,9 %), 230 stages ARI 2 (41,4 %) et 59 stages GIR (10,7 %).

L'analyse des validations des stages nous permet d'observer que le taux d'échec augmente avec la difficulté des exercices. Sur l'ensemble des stages, le taux d'échec est de 11,5 %. Il est de 9,8 % pour l'ARI 1, de 11,3 % pour l'ARI 2 et de 20,3 % pour le GIR. Il faut noter par ailleurs que les raisons de ces échecs sont très différentes selon les niveaux (fig. 1).

En effet, pour le niveau 1, la grande majorité des échecs est due à un stress important, s'expliquant par la découverte de l'ARI, mais aussi par la nature du parcours dans l'obscurité

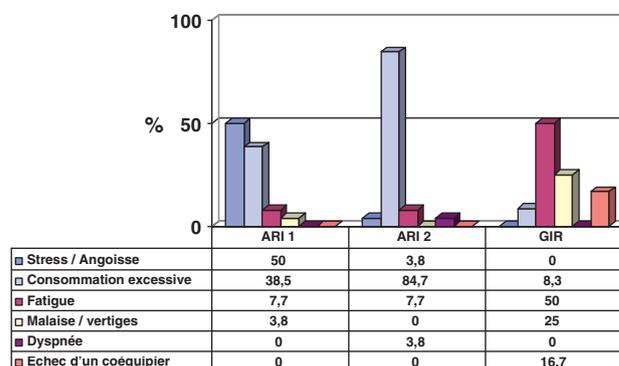


Figure 1. Cause des échecs selon le type de stage.

totale, ce qui représente une source d'anxiété. Cela illustre bien la nécessité d'effectuer une initiation au port de l'ARI avant de l'utiliser en intervention.

Pour les stagiaires de l'ARI 2, qui ont déjà utilisé l'ARI lors de leur premier passage, et qui ont déjà effectué le parcours, le stress devient une cause minime d'abandon. En revanche, le parcours étant plus long, la principale cause d'échec est la consommation de la totalité de l'air de la bouteille avant la fin du parcours. Cette constatation montre bien que la gestion de sa consommation en oxygène nécessite un certain entraînement.

Enfin, pour les stagiaires GIR ayant une grande habitude de l'utilisation des ARI, qu'ils soient à circuit ouvert ou fermé, ainsi qu'une grande connaissance du parcours, le stress n'est la cause d'aucun abandon. De même, les ARICF ayant une grande autonomie, l'excès de consommation d'oxygène est une cause minime d'échec. En revanche, le niveau d'exigence physique pour ce type d'entraînement est tel, que les échecs sont principalement dus à la fatigue extrême ainsi qu'à des sensations de malaise.

L'examen des mesures des différents paramètres liés à la condition physique, qu'ils soient objectifs (fréquence cardiaque, température, déshydratation) ou subjectifs (Eva de fatigue), nous montre de grandes variations avant et après les épreuves, ainsi qu'après un repos de dix minutes (tableau 1). Ainsi, après l'effort, la fréquence cardiaque et la température corporelle augmentent, alors que le poids a quant à lui tendance à baisser, témoin d'une déshydratation plus ou moins importante selon la durée des épreuves.

Après dix minutes de repos, la température et la fréquence cardiaque tendent à se normaliser, sans toutefois retrouver leurs valeurs de base mesurées avant l'épreuve. La durée de dix minutes ne permet donc qu'une récupération partielle. Nous avons pu constater au moyen de l'EVA que le travail avec ARI avait un impact non négligeable sur la condition physique et cela même pour des exercices de courte durée. Ces différentes variations sont observées dans le même sens pour les trois niveaux, mais l'amplitude des variations augmente de manière significative avec la difficulté des stages.

Tableau I

Moyennes des variations des paramètres mesurés.

	ARI 1			ARI 2			GIR		
	Avant exercice	Après exercice	Récup 10 minutes	Avant exercice	Après exercice	Récup 10 minutes	Avant exercice	Après exercice	Récup 10 minutes
Fréquence cardiaque	81,6 bpm $\pm$ 16,2 (min = 43 ; max = 133)	136,7 bpm $\pm$ 21,3 (min = 68 ; max = 195)	112 bpm $\pm$ 19,2 (min = 63 ; max = 162)	89,8 bpm $\pm$ 16,2 (min = 47 ; max = 158)	131 bpm $\pm$ 22,3 (min = 62 ; max = 205)	109 bpm $\pm$ 18,7 (min = 63 ; max = 153)	72,6 bpm $\pm$ 15,5 (min = 50 ; max = 116)	126 bpm $\pm$ 22,1 (min = 80 ; max = 185)	88 bpm $\pm$ 16,6 (min = 51 ; max = 120)
Température	37,1 °C $\pm$ 0,4 (min = 36,0 ; max = 38,4)	37,6 °C $\pm$ 0,46 (min = 36,2 ; max = 39,6)	37,3 °C $\pm$ 0,41 (min = 36,1 ; max = 38,6)	37,1 °C $\pm$ 0,4 (min = 35,8 ; max = 37,8)	37,6 °C $\pm$ 0,46 (min = 36,2 ; max = 39,0)	37,3 °C $\pm$ 0,41 (min = 35,6 ; max = 38,3)	36,6 °C $\pm$ 0,6 (min = 35,2 ; max = 37,8)	38,2 °C $\pm$ 0,9 (min = 36,4 ; max = 41)	36,9 °C $\pm$ 0,6 (min = 35,9 max = 38,3)
EVA de condition physique	7,4 $\pm$ 1,4 (min = 2,5 ; max = 10)	7,23 $\pm$ 1,7 (min = 0 ; max = 10)	7,9 $\pm$ 1,5 (min = 3 ; max = 10)	7,9 $\pm$ 1,3 (min = 5 ; max = 10)	7,23 $\pm$ 1,7 (min = 3 ; max = 10)	7,9 $\pm$ 1,5 (min = 4 ; max = 10)	7,5 $\pm$ 1,2 (min = 5 ; max = 10)	5,7 $\pm$ 2,3 (min = 1 ; max = 10)	6,9 $\pm$ 1,4 (min = 4 ; max = 10)
Poids	73,9 kg $\pm$ 11,6 (min = 49,9 ; max = 114,6)	73,5 kg $\pm$ 11,6 (min = 49,8 ; max = 114,0)		77,3 kg $\pm$ 12 (min = 48,5 ; max = 115,1)	76,2 kg $\pm$ 11,6 (min = 48,3 ; max = 112,1)		76,4 kg $\pm$ 8,4 (min = 61,1 ; max = 105,3)	75 kg $\pm$ 7,6 (min = 60,7 ; max = 93)	
Perte de poids kg/minute	0,035			0,027			0,023		
Temps de passage	12 minutes et 20 secondes, (min = 5 min ; max = 26 min)			19 minutes et 30 secondes, (min = 13 min ; max = 33 min)			42 minutes et 40 secondes (min = 15 min ; max = 62 min)		

Eva : échelle visuelle analogique.

Cependant nous observons quelques différences pour la fréquence cardiaque. En effet, la fréquence cardiaque moyenne mesurée après l'ARI 1 est plus élevée que celle relevée après l'ARI 2. Cela pouvant s'expliquer par l'influence du stress ressenti par les stagiaires de l'ARI 1.

De même, la fréquence cardiaque moyenne observée chez les stagiaires du GIR après le passage dans la cave à fumée est inférieure à celles observées pour les niveaux ARI 1 et ARI 2, cela illustre l'importance du niveau d'entraînement pour la tolérance physique à l'effort des individus.

Nous notons qu'à l'exception de deux personnes manquant d'entraînement, aucun des autres stagiaires n'a atteint sa fréquence cardiaque maximale théorique, et ce quel que soit le niveau de difficulté et le niveau d'épuisement à la fin des épreuves.

Au niveau de la déshydratation, il faut noter que si la perte en eau augmente avec le niveau de difficulté du stage, la perte hydrique par minute est en revanche inversement proportionnelle à la durée des stages, ce qui signifie que la perte hydrique est maximale dans les premières minutes de l'effort. Nous n'avons retrouvé aucune corrélation significative entre les variations des différentes variables, ainsi aucun paramètre n'est prédictif d'un autre. Il apparaît donc indispensable de tous les contrôler afin d'avoir une vision globale de l'état de santé des sapeurs pompiers lors de la surveillance médicale des interventions sur incendie.

Les mesures que nous avons effectuées, associées aux données de la littérature nous ont permis de fixer des valeurs limites pour autoriser le réengagement des sapeurs-pompiers sur un feu.

Les enseignements variables par variables que nous pouvons tirer de notre travail peuvent résumer ainsi par un arbre décisionnel permettant la surveillance médicale des sapeurs-pompiers ainsi que la décision d'un éventuel réengagement sur intervention :

- fréquence cardiaque : la valeur limite à ne pas dépasser pour la fréquence cardiaque correspond à la fréquence maximale théorique définie par le Dr Astrand (FMT = 220-âge) [4]. Dans le but d'éviter toute complication grave liée à l'effort fourni dans une ambiance thermique chaude, il serait préférable d'éviter tout réengagement chez les sapeurs-pompiers dont la fréquence cardiaque a atteint cette limite. Pour le réengagement de ceux qui n'ont pas atteint leur FMT, on peut fixer la valeur limite à la valeur moyenne de la fréquence cardiaque après dix minutes de repos pour le niveau ARI 2 (la durée de l'exercice étant à peu près comparable à l'autonomie d'un ARI) à savoir 110 bpm ;
- température corporelle : la température corporelle à partir de laquelle on retrouve une augmentation de la fréquence des coups de chaleur d'exercice est de 40 °C. Il faut donc éviter de réengager les sapeurs-pompiers ayant atteint cette température. Pour ceux ne l'ayant pas atteint, nous pouvons fixer la température autorisant leur réengagement à 38 °C. Cette

température de 38 °C correspond tout d'abord à celle qui a été préconisée dans d'autres études [20], mais également à la différence entre la limite de 40 °C et la variation de température maximale pour le niveau ARI 2, avec une marge de sécurité de 0,2 °C (40-1,8 °C) ;

- déshydratation : dans les conditions d'une intervention, il est impossible d'évaluer le niveau de déshydratation. Il est donc nécessaire d'instaurer un protocole d'hydratation obligatoire. Pour évaluer la quantité d'eau à apporter pour corriger la déshydratation, nous pouvons utiliser les données recueillies lors des stages ARI 2, dont la durée moyenne est proche de l'autonomie d'un ARI. La perte hydrique par unité de temps est de 0,03 litres par minute. Celle-ci est donc d'environ un litre pour 30 minutes d'intervention. Aucun réengagement ne pourra être envisagé tant que la réhydratation n'aura pas été effective ;

- fatigue : en ce qui concerne l'évaluation subjective de la fatigue, il conviendra d'éviter le réengagement tant que le sujet se sentira trop fatigué pour retourner sur l'intervention et cela quelle que soit la valeur des autres paramètres. Cela correspond à une valeur de 5 sur l'EVA de condition physique ;

- interrogatoire : au niveau de l'interrogatoire des sapeurs-pompiers en sortie d'intervention, il faudra rechercher tous les signes précurseurs d'un syndrome d'épuisement ou d'un coup de chaleur d'exercice (céphalées, troubles du comportement, confusion, vertiges, vomissements...).

La présence d'un de ces signes, témoignant d'une mauvaise tolérance à l'effort, devra entraîner une contre-indication formelle à tout réengagement.

En pratique le schéma proposé en [figure 2](#) semble pertinent pour appuyer une conduite à tenir. Conduite à laquelle certains conseils peuvent être associés.

À la sortie de l'intervention, il faut dépister les prodromes d'un coup de chaleur d'exercice (malaise, asthénie, vertiges, nausées, confusion) ou d'un syndrome d'épuisement et évaluer la fatigue.

Il faut également faire déshabiller immédiatement le sapeur-pompier afin de faciliter la diminution de la température corporelle.

Ensuite il faut contrôler la fréquence cardiaque et la température.

En ce qui concerne l'hydratation, nous avons vu précédemment que la perte hydrique après une intervention de 30 minutes était d'un litre. Il est donc nécessaire d'ingérer la même quantité d'eau pour compenser cette perte.

Plusieurs études préconisent une hyperhydratation préalable à l'exercice afin d'améliorer la tolérance à l'effort [10,16].

Nous pouvons donc répartir le litre à ingérer comme cela :

- 250 ml avant l'intervention dans le véhicule ;
- 250 ml en sortant de l'intervention ;
- 500 ml répartis sur trente minutes de repos après l'intervention.

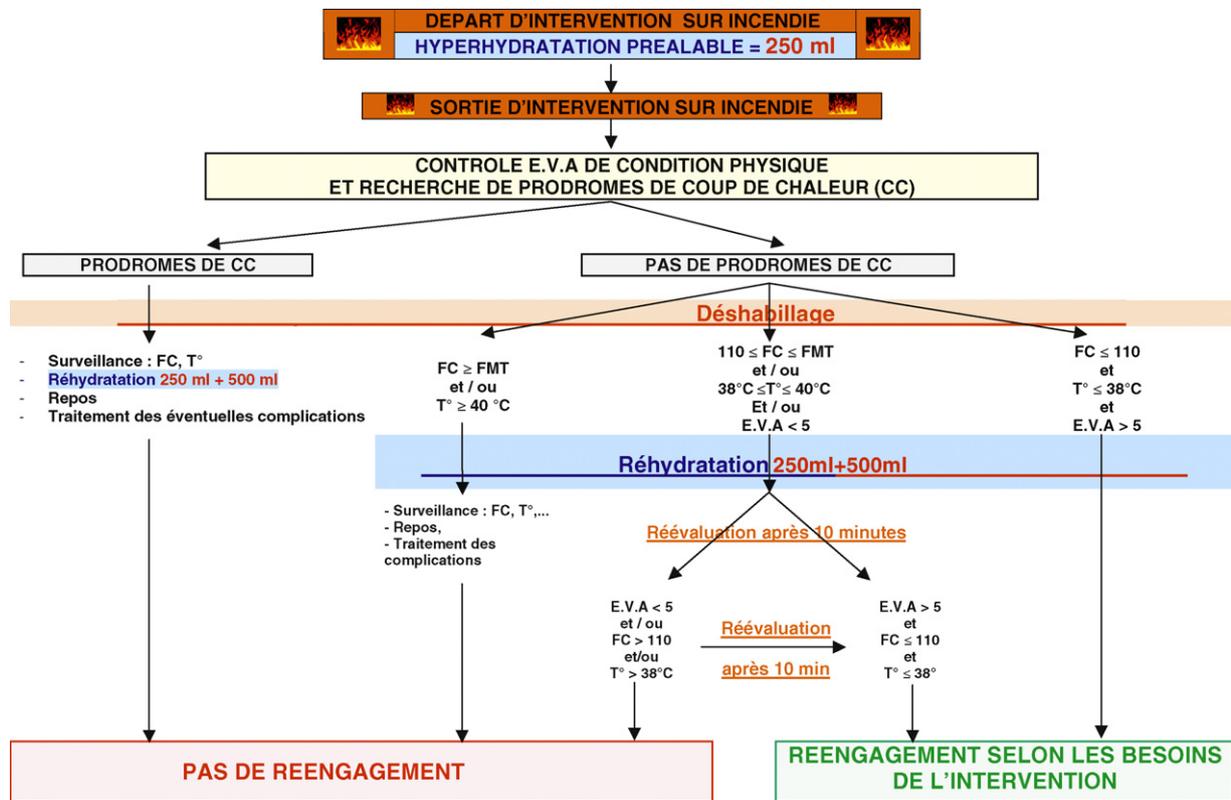


Figure 2. Conduite à tenir pour la surveillance et le réengagement des sapeurs-pompiers en intervention sur incendies.

En ce qui concerne la qualité de l'eau, de nombreuses études ont montré qu'une eau rechargée en sodium et en électrolytes était plus efficace pour la réhydratation [22,24].

La présence de symptômes précurseurs de coup de chaleur, un dépassement de la fréquence maximale théorique ou de la température de 40 °C contre indique définitivement le réengagement des sapeurs-pompiers concernés.

Pour les sapeurs-pompiers n'ayant pas atteint les valeurs limites, le réengagement sera autorisé dans les conditions suivantes : EVA supérieur à 5, T inférieure à 38 °C, FC inférieure à 110 bpm.

Si ces conditions ne sont pas atteintes, une réévaluation est effectuée après dix minutes.

En ce qui concerne les interventions du GIR, utilisant des ARICF, les niveaux de déshydratation, d'élévation de la température et la durée des efforts sont tels que le réengagement sur ce type d'intervention est fortement déconseillé.

## Conclusion

Nous avons réalisé une étude auprès des sapeurs-pompiers effectuant leurs entraînements au port de l'appareil respiratoire isolant au Ceparo 06, dans le but d'analyser les variations de certains paramètres reflétant la tolérance physique à l'effort, et modifiés par le port de l'ARI, de la tenue de feu et par le travail en ambiance thermique chaude.

Au terme de ce travail, la connaissance des variations de ces paramètres physiologiques nous a permis d'élaborer une conduite à tenir théorique pour un éventuel réengagement sur intervention.

Notre étude a illustré les répercussions du travail physique en ambiance chaude sur des paramètres physiologiques tels que la fréquence cardiaque, la température corporelle ou encore l'état d'hydratation, ces variations étant amplifiées par le port des EPI limitant la thermorégulation et augmentant le travail du porteur.

Nous avons également pu observer qu'il n'existait pas de corrélation entre les variations des différentes variables physiologiques, cela rendant indispensable la mesure de chacune d'entre-elles pour évaluer la tolérance physique des sapeurs pompiers en intervention sur incendie.

De même, le niveau de fatigue ressentie par le sujet et mesuré au moyen d'une échelle visuelle analogique semblable à celles utilisées pour l'évaluation de la douleur n'est corrélé avec aucun paramètre objectif. Cette fatigue est donc importante à évaluer, car les paramètres objectifs ne permettent pas de la pronostiquer. Inversement, son évaluation ne dispense pas de la mesure des autres variables. L'évaluation de la tolérance physique à l'effort doit donc prendre en compte l'ensemble des éléments suivants :

- tolérance clinique et condition physique par un interrogatoire orienté ;

- astreinte cardiovasculaire par la mesure de la fréquence cardiaque ;
- conséquences de la chaleur par la mesure de la température.

Enfin, grâce à l'analyse descriptive des variations, nous avons pu quantifier l'apport hydrique minimal et établir des valeurs limites pour les paramètres de surveillance. Cela nous a permis d'élaborer une conduite à tenir pour la surveillance des sapeurs pompiers sortant d'une intervention sur incendie. Cette conduite à tenir n'est cependant que théorique, car les contraintes thermiques et de stress retrouvées au Cepar restent assez éloignées de la réalité des interventions. Pour être validée, cette conduite à tenir nécessiterait d'être évaluée dans des conditions plus proches de celles rencontrées en intervention.

## Conflit d'intérêt

Aucun.

## Références

- [1] Arrêté du 7 avril 1999 fixant le guide national de référence relatif aux appareils respiratoires isolants. JO 1999;90:5707.
- [2] Décret 92-768 du 29 juillet 1992 relatif aux règles techniques et aux procédures de certification de conformité applicables aux équipements de protection individuelle visés à l'article R.233-83-3 du code du travail et modifiant le code du travail. JO 1992;182.
- [3] Directive 89/689/CEE du conseil, du 21 décembre 1989, concernant le rapprochement des législations des états membres relatives aux équipements de protection individuelle.
- [4] Astrand PO, Ryhming I. A normogram of calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. *J Appl Physiol* 1954;7(2):218-21.
- [5] Baker SJ, Grice J, Roby L, et al. Cardiorespiratory and thermoregulatory response of working in fire-fighter protective clothing in a temperate environment. *Ergonomics* 2000;43(9):1350-8.
- [6] Pouliquen Deslangle SO, Kozak-Ribbens G, Carpentier GJP. Hyperthermie d'effort. In: EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Anesthésie – réanimation, 36-726-F-10; 2001.
- [7] Dickinson E.T., Bevilacqua J.J., Hill J.D, et al. The utility of tympanic versus oral temperature measurements of firefighters in emergency incident rehabilitation operations. *Prehosp Emerg Care* 2003;7(3):363-7.
- [8] Doyle F, Zehner WJ, Terndrup TE. The effect of ambient temperature extremes on tympanic and oral temperatures. *Am J Emerg Med* 1992;10:285-9.
- [9] Duncan HW, Gardner GW, Barnard RJ. Physiological responses of men working in fire fighting equipment in the heat. *Ergonomics* 1979;22:521-7.
- [10] Goulet EDB, Rousseau SF, Lamboley CRH, et al. Pre-exercise hyperhydration delays dehydration and improves endurance capacity during 2 h of cycling in a temperate climate. *J Physiol Anthropol* 2008;27(5):263-71.
- [11] Holmer I. Protective clothing in hot environments. *Ind Health* 2006;44:404-13.
- [12] Hure Ph., Guimon M. Les appareils de protection respiratoire : choix et utilisation. Publications INRS 2002.
- [13] Imbert M., Baud F.J., Richter F., et al. Toxicité aiguë des fumées d'incendie. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Toxicologie – pathologie professionnelle, 16-539-G-10, 1993.
- [14] Jacques F, Warme-Janville B, Kowalski JJ, et al. Validation et limites d'emploi des équipements de protection individuelle de nouvelle génération à la Brigade de Sapeurs Pompiers de Paris. *Arch Mal Prof Env* 2005;66(6):577.
- [15] Jouannique V., Hure P., Falcy M. Les appareils de protection respiratoire : éléments médicaux de détermination d'aptitude à leur utilisation. Documents pour le Médecin du Travail (INRS) 1993;56:321-31.
- [16] Latzka WA, Sawka MN, Montain SJ, et al. Hyperhydration: tolerance and cardiovascular effects during uncompensable exercise-heat stress. *J Appl Physiol* 1998;84:1858-64.
- [17] Mairiaux Ph., Malchaire J. Le travail en ambiance chaude (principes, méthodes et mise en œuvre). Collection de monographies de médecine du travail. Masson.
- [18] Mcllellan TM, Selkirk GA. The management of heat stress for the firefighter: a review of work conducted the Toronto fire service. *Ind Health* 2006;44:414-26.
- [19] Medelli J, Boufferache B, Mejdoub N, et al. Coût énergétique du port de l'ARI. *Urgence pratique* 1996;18:25-9.
- [20] Pham D, Michellier Ph, Agnolli A, et al. Variations physiologiques chez le sapeur pompier au cours d'un exercice en ambiance chaude. *Arch Mal Prof Env* 2005;66(6):576.
- [21] Rossi R. Fire fighting and its influence on the body. *Ergonomics* 2003;46(10):1017-33.
- [22] Saat M, Singh R, Sirisinghe RG, et al. Rehydration after exercise with fresh young coconut water, carbohydrate-electrolyte beverage and plain water. *J Physiol Anthropol* 2002;21(2):93-104.
- [23] Selkirk GA, Mcllellan TM. Physical work limits for Toronto firefighters in warm environments. *J Occup Hyg* 2004;1(4):199-212.
- [24] Shirreffs SM, Taylor AJ, Leiper JB, et al. Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(10):1260-71.
- [25] White MK, Vercruyssen M, Hodous TK. Work tolerance and subjective responses to wearing protective clothing and respirators during physical work. *Ergonomics* 1989;32(11):1111-23.