



Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.

# Évacuation sanitaire massive de patients COVID sur vecteur aérien civil

## Mass medical evacuation of COVID patients on civil aircraft

Pedro Do Monte<sup>a</sup>  
 Laura Di Ascia<sup>a</sup>  
 Ludovic Iché<sup>b</sup>  
 Bertrand Guihard<sup>a</sup>

<sup>a</sup>SAMU 974, hôpital Félix-Guyon, CS11021, 97400 Saint-Denis, Réunion

<sup>b</sup>SAMU 976, centre hospitalier de Mayotte, 97600 Mamoudzou, Mayotte

### RÉSUMÉ

Dans le contexte de pandémie COVID, les capacités d'hospitalisations de patients infectés à la Réunion restent limitées et imposent une réflexion sur les alternatives envisageables. Les évacuations sanitaires (EVASAN) de masse sur des vols commerciaux long-courriers pourraient être une solution intéressante. Ce type d'opération est toutefois complexe à mettre en œuvre. Une réflexion a été menée autour d'une organisation dans les avions de la compagnie Air Austral (Boeing 737, 777 et 787) permettant d'assurer les soins et les déplacements dans l'appareil en définissant des zones de basse densité virale et haute densité virale. Un modèle de prise en charge des patients a été élaboré avec une planification des moyens humains et matériels nécessaires au transfert de plusieurs patients COVID « valides » et en civière. Ce dispositif a ensuite été déployé au cours d'une EVASAN de quatre patients depuis Mayotte vers la Réunion. Les évacuations sanitaires aériennes de masse de patients infectés par le Coronavirus apparaissent comme une solution à l'engorgement des services d'hospitalisation conventionnelle et de réanimation pour les territoires ultramarins. L'expérimentation réalisée sur un vol Mayotte-Réunion s'est avérée encourageante.

© 2020 Société Française de Médecine de Catastrophe. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

### SUMMARY

*In the context of the COVID pandemic, the hospitalization capacity of infected patients in Reunion Island remains limited and requires reflection on the possible alternatives. "Mass" medical evacuations (EVASANS) on long-haul commercial flights could be an interesting solution. This type of operation is however complex to implement. An organization in the Air Austral airplanes (Boeing 737, 777 and 787) has been thought, making it possible to provide care and allow movement in the aircraft by defining areas of low viral density and high viral density. A patient management model was carried out with planning of the human and material resources necessary for the transfer of several "valid" COVID patients and in stretcher. This organization was then deployed during an EVASAN of four patients from Mayotte to Reunion Island. Mass air evacuations of patients infected with the Coronavirus appear to be a solution to the congestion of conventional hospitalization and resuscitation services for ultra-marine territories. The experiment carried out on a Mayotte-Reunion Island flight proved to be encouraging.*

© 2020 Société Française de Médecine de Catastrophe. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

### INTRODUCTION

Fin janvier 2020, la pandémie COVID-19 a touché la France métropolitaine. La zone

océan indien n'a pas échappé à cette épidémie. Le 11 mars 2020 un premier cas a été identifié à la Réunion, suivi par un nombre croissant de cas faisant craindre un développement rapide de l'épidémie à l'instar de

### MOTS CLÉS

Transport sanitaire  
 COVID-19  
 Véhicules de transport aérien  
 Médecine de catastrophe  
 Réunion

### KEYWORDS

Transportation of patients  
 COVID-19  
 Aircraft  
 Disaster Medicine  
 Reunion

### Auteur correspondant :

**B. Guihard,**  
 SAMU 974, hôpital Félix-Guyon,  
 CS11021, 97400 Saint-Denis,  
 Réunion.  
 Adresse e-mail :  
[b.guihard.samu974@chu-reunion.fr](mailto:b.guihard.samu974@chu-reunion.fr)

l'évolution observée dans certains départements français [1]. Compte tenu l'isolement de l'île, les autorités réunionnaises ont rapidement recensé les ressources en lits d'hospitalisation conventionnelle, de réanimation ainsi que les moyens humains et matériels à disposition. La planification de la gestion des patients COVID s'est basée sur une montée en charge progressive avec malgré tout une limite maximale d'environ un lit de réanimation pour 8000 habitants. Contrairement à la métropole où le transfert de plusieurs patients a pu s'envisager par voie ferrée [2], seule une évacuation aérienne long courrier dite de masse pourrait permettre de désengorger les services de réanimation et de médecine de la zone. Les référents SSE (situation sanitaire exceptionnelle) de la zone ont donc travaillé sur cette hypothèse en partant d'une réflexion plus générale partagée au niveau national par différentes sociétés savantes [3].

L'évacuation sanitaire aérienne est une activité aujourd'hui développée à la fois par l'armée mais également dans le civil [4,5]. Elle obéit toutefois à certaines contraintes logistiques auxquelles viennent s'ajouter des difficultés supplémentaires en cas de transport de patients contagieux [4,6]. Le SAMU 974 de la Réunion bénéficie d'une large expérience de ces évacuations sanitaires. Il organise annuellement une soixantaine d'évacuations sanitaires médicalisées sur des vols longs courriers commerciaux à destination de la métropole (11 000 km et 11 h de vol). Ces évacuations concernent généralement des patients graves, voire à très haut risque [7]. Cette expertise a servi de base pour travailler sur la faisabilité d'évacuations sanitaires (EVASAN) de masse vers la métropole sur des avions commerciaux.

L'objet de cet article est de décrire la démarche de planification pour l'organisation de telles EVASAN et, dans un second temps, de présenter une mise en application lors d'un transfert de patients de Mayotte vers la Réunion.

## PRÉPARATION EN VUE D'UNE EVASAN

Le travail de planification a imposé une réflexion sur les différents aspects logistiques propres aux EVASAN de masse de patients COVID tels que le zonage et la circulation à bord, la composition des équipes ou encore les quantités d'oxygène (O<sub>2</sub>) nécessaires. La question préliminaire de la sélection des patients ne sera pas abordée. Celle-ci fait l'objet de recommandations spécifiques éditées par les autorités sanitaires et validées par plusieurs sociétés savantes [3].

La compagnie aérienne locale Air Austral, dont le siège et les services techniques sont basés à la Réunion, a activement collaboré au projet. Cette compagnie possède plusieurs appareils capables de répondre aux exigences d'une EVASAN de masse de haute élévation. Ces appareils de type Boeing 737-800, Boeing 787-8 *Dreamliner* et Boeing 777-300ER bénéficient d'une circulation de l'air dans la cabine de l'avant vers l'arrière avec un renouvellement toutes les trois minutes et d'une qualité de filtres à bord HEPA (*high-efficiency particulate air*). Ils permettent d'embarquer deux à quatre civières homologuées avec une fixation sécurisée des bouteilles d'O<sub>2</sub> aéronautique et un apport électrique 110/220V. Le type d'appareil conditionne le nombre de patients valides ou en civière pouvant embarquer (*Tableau 1*). Dans la mesure du possible, une civière est réservée en cas d'aggravation d'un patient valide au décours du vol. Il est évident qu'aucun autre passager n'est accepté à bord lors d'une telle opération.

Chaque vecteur a fait l'objet d'une proposition d'organisation spécifique avec pour principe l'installation des patients à l'arrière de l'appareil et la mise en place d'une zone basse densité virale (BDV) et d'une zone haute densité virale (HDV). La zone BDV ou zone verte fait office de secteur de soutien et la zone HDV est-elle même divisée en une zone orange (sas d'habillage-déshabillage) et une zone rouge dédiée à la prise en charge des patients infectés (*Fig. 1*).

L'utilisation des équipements de protection individuels est imposée à l'ensemble des intervenants, personnels navigants commerciaux (PNC) et soignants, selon les recommandations nationales. Le port du masque chirurgical est systématique, quelle que soit la zone, avec la possibilité de boire et de manger en zone verte pour les PNC et les soignants. Dès la zone orange, l'équipement est complété par une surblouse imperméable, une paire de surlunettes, une charlotte et des gants. Le masque FFP2 est utilisé lors de la prise en charge des patients sur le tarmac de l'aéroport et lors du conditionnement du patient à bord ou pour tout autre soin à risque d'aérosolisation (aérosols, oxygénothérapie, etc.). Les patients sont habillés avec une surblouse, une charlotte et un masque chirurgical sauf pour les patients intubés en circuit fermé. Une marche en avant est instaurée pour l'habillage-déshabillage du personnel et également appliquée pour le service des repas, le « *trolley* » (ou chariot) étant déposé en queue d'avion à la fin du service. Le « *galley* » (ou office) situé à l'avant de la zone HDV est utilisé comme salle de soins propre et réserve de gants, de masques FFP2 et de solution hydroalcoolique, alors que le « *galley* » de queue sert de zone

**Tableau 1. Capacitaire des aéronefs.**

B 737-800	B 787 Dreamliner	B 777-300 ER
Capacités normales : 162 sièges 4 civières possibles Rayon d'action : 5700 km 2 cabines	Capacités normales : 262 sièges 2 civières possibles Rayon d'action : 13 500 km 2 cabines	Capacités normales : 442 sièges 2 civières possibles Rayon d'action : 14 000 km 3 cabines
Capacités COVID 6 patients « valide » et 4 civières Ou 12 patients « valides » et 2 civières	Capacités COVID 8 patients « valide » et 2 civières (plus 2 si dérogation) Ou 14 patients « valides » et 2 civières	Capacités COVID 22 à 30 patients « valide » et 2 civières

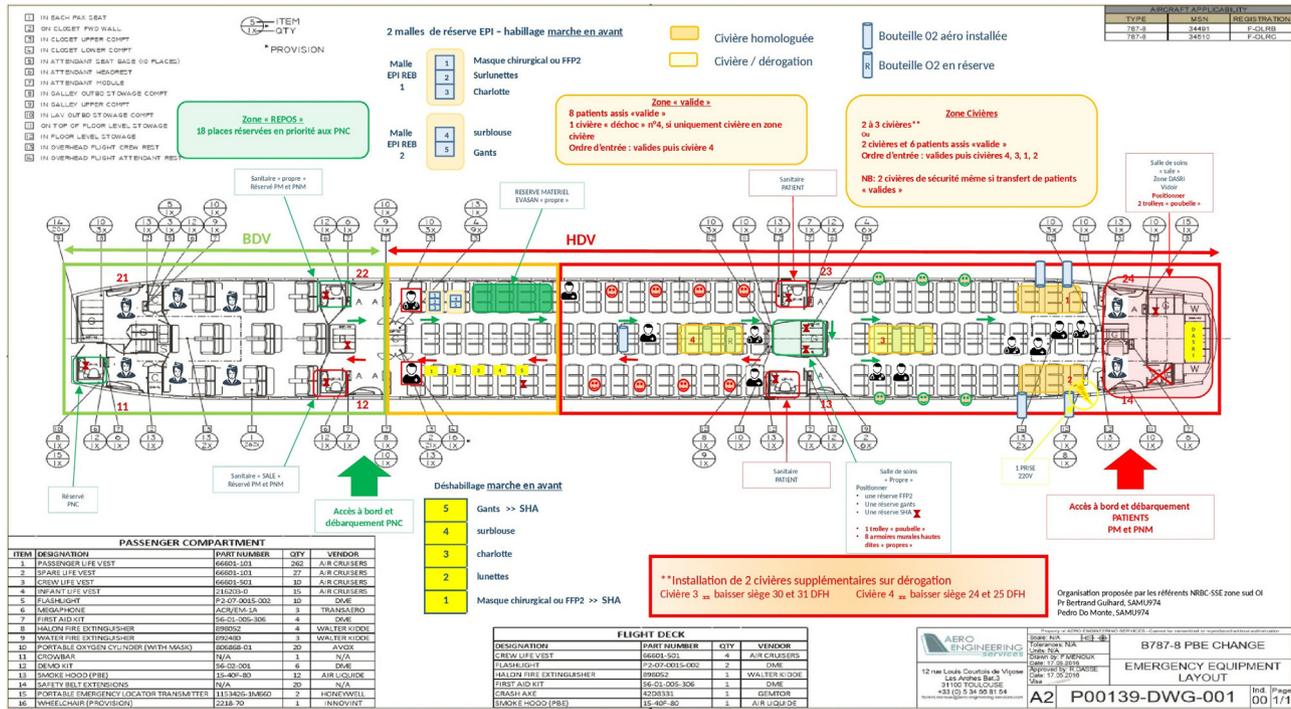


Figure 1. Plan d'organisation dans le Boeing 787 Dreamliner.

de stockage des DASRI (déchets d'activités de soins à risques infectieux) et du matériel utilisé. Enfin, des toilettes identifiées sont dédiées aux patients valides qui y sont accompagnés par les soignants même si les urinaux à usage unique doivent être privilégiés.

La composition proposée pour l'équipe assurant l'EVASAN dépend du profil et du nombre de patients à évacuer. En complément des personnes affectées aux soins, deux fonctions majeures sont identifiées ; celle du médecin-chef de mission et celle du référent logisticien. Le médecin-chef de mission tient le rôle de directeur des secours médicaux (DSM) sur le tarmac et en cours de vol. Il organise l'ensemble de la prise en charge depuis le briefing de mission associant soignants, PNC et commandant de bord jusqu'à l'atterrissage et le relais avec les équipes d'accueil. Il dimensionne les besoins en personnel et en matériel, notamment les besoins en O<sub>2</sub> et en consommation électrique. Le rôle du référent logisticien est d'organiser le zonage, l'habillage et de faire respecter les procédures. Il participe également à la mise à disposition du matériel mis en réserve. En terme d'effectifs, il est usuel de prévoir un infirmier et un médecin par patient intubé. Il est toutefois possible d'affecter un médecin pour deux ou trois civières en fonction de l'état de gravité des patients. Il est recommandé d'attribuer un infirmier pour deux patients valides et un médecin pour trois mais ces effectifs peuvent être adaptés si nécessaire. Dans la mesure du possible, l'équipe doit comprendre au moins pour moitié des médecins et des infirmiers ayant la compétence aéronautique ou une pratique des évacuations sanitaires régulières. Un roulement des PNC et du personnel soignant est organisé au moins toutes les deux heures vers la zone verte afin de respecter des périodes de répit. Enfin deux PNC assurent classiquement la sécurité de l'arrière de l'avion en permanence.

L'alimentation électrique est généralement assurée à bord par une ou deux prises dites thérapeutiques. Il est toutefois préférable d'utiliser des dispositifs biomédicaux disposant d'une large autonomie sur batterie et d'alterner les recharges sur les différents appareils en cours de vol. Par ailleurs, lors de la préparation d'une mission d'évacuation de patients COVID positifs, l'équipe doit prévoir une quantité suffisante d'O<sub>2</sub> aéronautique pour répondre aux besoins de l'ensemble des patients. Les quantités sont calculées sur la base du temps total de vol majoré afin de tenir compte de la durée de l'intervention (Tableau II). Afin de préserver au maximum les bouteilles d'O<sub>2</sub> aéronautique, les patients sont déconnectés des bouteilles d'O<sub>2</sub> médical juste avant la fermeture des portes. De même, de l'O<sub>2</sub> médical doit être prêt à embarquer dès l'avion stationné. Pour les patients nécessitant un débit inférieur à 2 L/min il est possible de recourir à l'utilisation de concentrateurs d'O<sub>2</sub> portatifs agréés.

### MISE EN APPLICATION AU COURS D'UNE EVASAN ENTRE MAYOTTE ET LA RÉUNION

Le 29 avril 2020, la pandémie COVID-19 est entrée en stade 3 à Mayotte. Rapidement la pression sur le secteur d'hospitalisation conventionnelle et sur la réanimation a imposé d'envisager le transfert de patients vers le CHU de la Réunion, établissement de santé de référence pour la zone. Le 24 mai 2020, le SAMU 976 de Mayotte et le SAMU 974 ont organisé conjointement l'évacuation sanitaire de quatre patients COVID positifs depuis le CHM vers le CHU Nord de la Réunion en déployant a minima le dispositif décrit ci-dessus (Fig. 2).

**Tableau II. Évaluation des besoins en oxygène.**

Mayotte-Réunion 3 h d'intervention 2 h de vol	Réunion-Métropole 13 h d'intervention 11 h de vol ± 1 h d'escale
Pour un patient oxygénorequérant $\leq 3$ L/min : $3 \times 60 \times 3 = 540$ L par patient Soit une bouteille pour 6 patients Prévoir une bouteille en réserve	Pour un patient oxygénorequérant $\leq 3$ L/min : $3 \times 60 \times 13 = 2340$ L par patient Soit 2 bouteilles pour 3 patients Prévoir une bouteille en réserve
Pour un patient oxygénorequérant $\leq 10$ L/min : $10 \times 60 \times 3 = 1800$ L par patient Soit une bouteille par patient Prévoir une bouteille en réserve en cas dysfonctionnement	Pour un patient oxygénorequérant $\leq 10$ L/min : $10 \times 60 \times 13 = 7800$ L par patient Soit deux bouteilles par patient Prévoir une bouteille en réserve par civière

Initialement prévue pour cinq patients, dont deux sous ventilation mécanique, l'organisation a finalement été mise en place pour deux patients en civière (un sous ventilation mécanique et un sous  $O_2$  à 4 L/min) et deux patients valides également sous  $O_2$ . Côté Réunion, l'équipe était composée d'un médecin-chef de mission (le chef de service du SAMU 974, référent zonal NRBC-SSE), d'un infirmier expérimenté en EVASAN et du cadre de santé référent zonal NRBC-SSE. Côté Mayotte, elle comprenait un médecin réanimateur et deux infirmiers

expérimentés en EVASAN, dont un en appui logistique. Cette EVASAN s'est effectuée à bord du Boeing 787 d'Air Austral assurant le pont aérien entre Mayotte et la Réunion. Aucun autre passager n'a été admis lors de l'opération. Lors de la phase d'embarquement à la Réunion les explications relatives à l'organisation mise en place dans la cabine ont été répétées au PNC. À l'arrivée à Mayotte, la prise en charge des patients sur le tarmac s'est faite en lien avec un médecin coordonnateur du SAMU 976. Pendant le réarmement de l'appareil et le

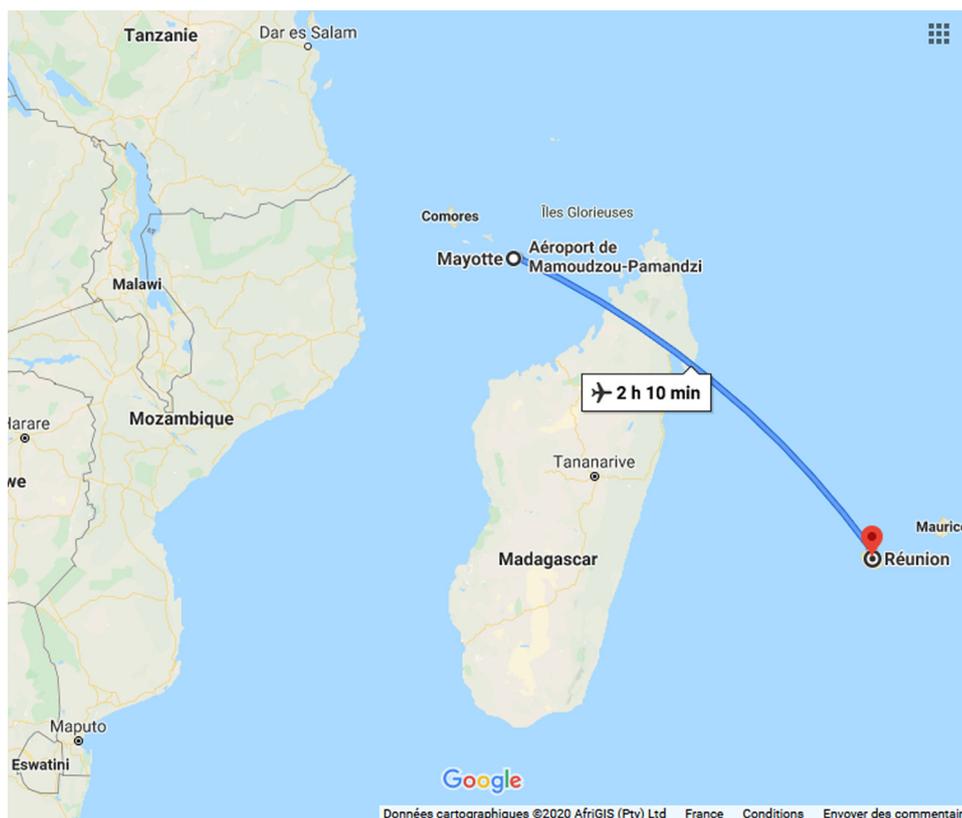


Figure 2. Plan de vol Mayotte-Réunion.



Figure 3. Préparation des « galleys ».



Figure 4. Délimitation de la zone rouge.

conditionnement des patients, le cadre NRBC a préparé les zones de soins (Fig. 3–6) et formé les six PNC à l'habillage et au déshabillage. Un point d'information a été répété en insistant notamment sur l'organisation de la collation et des relèves à l'arrière de l'avion.

L'équipe de Mayotte a été chargée d'installer les deux patients valides selon les indications du cadre NRBC puis la civière sur l'emplacement « 1 ». L'équipe de la Réunion a ensuite

embarqué et conditionné le patient sous ventilation mécanique sur l'emplacement civière « 2 » (Fig. 7). Les PNC protégés ont ensuite pris possession de l'appareil pour assurer la phase de décollage. Au cours du vol, ils ont effectué des rotations à raison d'une personne toutes les trente minutes à l'arrière de l'appareil, chaque habillage et déshabillage étant supervisés par le cadre NRBC. Cela a permis à chacun de s'équiper au moins trois fois en prenant en compte les phases de décollage et d'atterrissage. Les équipes médicales se sont également relayées pour profiter d'une pause de 20 à 30 min en zone verte pendant le vol. Une quarantaine de minutes avant l'arrivée à la Réunion, les opérations de débarquement ont été anticipées avec l'aide de la chef de cabine, l'objectif étant de débarquer le matériel propre par l'avant de l'appareil avant d'évacuer les patients et le matériel contaminé par l'arrière. L'ensemble du matériel propre des deux équipes est toutefois emballé à l'aide de sacs poubelle de grand volume afin de permettre de l'évacuer par la zone rouge en cas d'impossibilité d'évacuation par l'avant. À l'atterrissage, les véhicules de transfert étaient présents sur le tarmac. Le SAMU 976 avait mobilisé trois ambulances dont une dédiée au transport du matériel. Le SAMU 974 avait engagé une ambulance de réanimation pour le patient intubé. L'ensemble des patients a été évacué en 45 min et transféré vers leurs services respectifs.

L'un des points forts de cette mission a été la mise en application du plan EVASAN de masse en collaboration avec les services du SAMU 976. Elle constitue un test positif, pour l'organisation d'une éventuelle évacuation sanitaire de plus grande ampleur sur la zone ou vers la métropole. Il est à noter qu'aucun personnel soignant ni PNC n'a été contaminé au cours de cette mission. Certains points méritent toutefois d'être améliorés. Suite à cette expérience nous avons conditionné les équipements de protection individuelle nécessaires à ce type de mission dans des containers normés de type PSM (poste sanitaire mobile). Deux kits ont été conçus afin de répondre aux besoins d'une EVASAN depuis Mayotte ou vers la métropole. Ce conditionnement permet de mieux les sécuriser pendant le vol et d'évacuer le matériel propre sans avoir à le protéger systématiquement par un sac (Fig. 8). La protection de certains matériels comme les téléphones portables s'impose afin de permettre leur utilisation en zone HDV au départ et à l'arrivée. Le « galley » salle de soins propre a probablement été sous utilisé. Le dossier médical des patients notamment doit y rester tout le temps du vol.

## DISCUSSION ET PERSPECTIVES

L'expérience rapportée ici est semble-t-il la première description d'une évacuation aérienne de plusieurs patients COVID positifs sur un avion civil, en France. Le recours à des avions commerciaux permet une réduction relative du coût par patient. Leur rayon d'action est également plus important limitant ainsi les escales et le nombre de décollages et d'atterrissages potentiellement délétères pour les patients [4]. Au tout début de l'épidémie, plusieurs vols sanitaires sur lignes commerciales ont été organisés notamment depuis la Chine mais il s'agissait essentiellement de rapatriements de personnes asymptomatiques ou paucisymptomatiques [8]. Des transports aériens de patients infectés par le coronavirus ont également été rapportés ces derniers mois, dont certains sous



Figure 5. Installation de la réserve en EPI.



Figure 8. Kit EVASAN de masse REB.

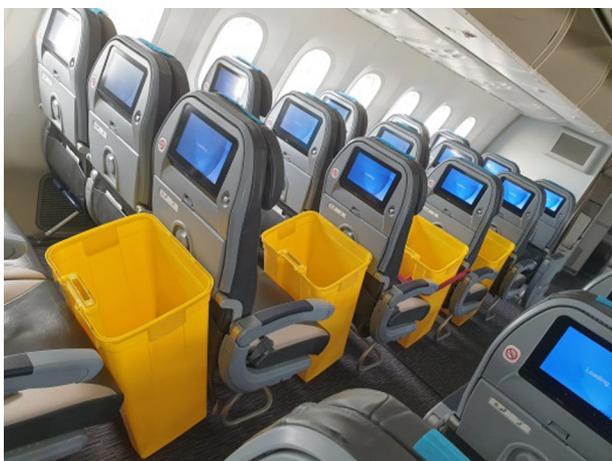


Figure 6. Installation des fûts à DASRI en sortie de zone orange.



Figure 9. Test d'installation d'une civière supplémentaire.



Figure 7. Installation du patient intubé.

ventilation mécanique, mais rarement à raison de plus d'un ou deux patients par vecteur [9,10]. Ces retours d'expérience insistent sur les difficultés liées soit au niveau de soin élevé, soit à la nécessité de protection face au risque de contamination. Une pathologie contagieuse est en effet habituellement une contre-indication à une évacuation aérienne à moins d'utiliser des systèmes individuels d'isolement des patients [4,6]. L'organisation proposée, en reproduisant dans un avion la sectorisation mise en place dans les services de soin, permet de s'affranchir de cette contrainte tout en respectant les règles de sécurité recommandées par les autorités sanitaires françaises [11]. Sa mise en application entre Mayotte et La Réunion a confirmé sa faisabilité. Suite à cette mission, le travail avec la société Air Austral a été poursuivi afin d'améliorer l'organisation et la qualité de prise en charge à bord lors de potentielles évacuations sanitaires de masse vers la métropole. Une demande de dérogation auprès de la Direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC) et de la société Boeing est en cours afin d'augmenter le capacitaire en civière agréées. Par ailleurs, un travail sur un capacitaire maximal utilisant des civières de fortune arrimées aux sièges a été soumis aux autorités

de tutelles pour validation. Ces civières de fortune sont constituées d'un brancard de catastrophe surmonté d'un matelas coquille le tout arrimé sur des sièges basculés (Fig. 9). La possibilité de pouvoir fixer des bouteilles d'O<sub>2</sub> aéronautique supplémentaires pour utilisation ou en réserve est également en cours d'étude.

## CONCLUSION

Les évacuations sanitaires aériennes de masse de patients infectés par le Coronavirus apparaissent comme une solution à l'engorgement des services d'hospitalisation conventionnelle et de réanimation pour les territoires ultramarins. Ces évacuations imposent toutefois une préparation et une organisation rigoureuse. Elles nécessitent d'importants moyens humains et matériels. L'expérimentation réalisée sur un vol Mayotte-Réunion s'est avérée encourageante. Elle ouvre des perspectives intéressantes pour des vols de plus grande ampleur avec un nombre plus important de patients.

### Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## RÉFÉRENCES

- [1] Santé publique France. Infection au nouveau Coronavirus (SARS-CoV-2), COVID-19, France et Monde; 2020, <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-et-infections-respiratoires/infection-a-coronavirus/articles/infection-au-nouveau-coronavirus-sars-cov-2-covid-19-france-et-monde> [consulté le 10/07/2020].
- [2] Coutagne G, Geai L. Coronavirus : à bord d'une rame TGV transformée en service de réanimation mobile. *Le Monde*; 2020.
- [3] Cano P, Coignard H. Recommandation professionnelle multi-disciplinaire opérationnelle (RPMO). Mission COREB; 2020.
- [4] Teichman PG, Donchin Y, Kot RJ. International aeromedical evacuation. *N Engl J Med* 2007;356(3):262–70.
- [5] Ewington I, Nicol E, Adam M, Cox AT, Green AD. Transferring patients with Ebola by land and air: the British military experience. *J R Army Med Corps* 2016;162(3):217–21.
- [6] Gibbs SG, Herstein JJ, Le AB, Beam EL, Cieslak TJ, Lawler JV, et al. Review of literature for air medical evacuation high-level containment transport. *Air Med J* 2019;38(5):359–65.
- [7] Maillot A, Bussienne F, Braunberger E, Bouchet B, Martinet O, Nativel F, et al. Long-distance air transfer on commercial long-haul flights for patients on extracorporeal life support. *Intensive Care Med* 2016;42(5):949–50.
- [8] Lee CY, Wang PS, Huang YD, Lin YC, Hsu YN, Chen SC. Evacuation of quarantine-qualified nationals from Wuhan for COVID-19 outbreak – Taiwan experience. *J Microbiol Immunol Infect* 2020;53(3):392–3.
- [9] Lemay F, Vanderschuren A, Alain J. Aeromedical evacuations during the COVID-19 pandemic: practical considerations for patient transport. *CJEM* 2020;1–3. doi: 10.1017/cem.2020.434.
- [10] Tien H, Sawadsky B, Lewell M, Peddle M, Durham W. Critical care transport in the time of COVID-19 *CJEM*; 2020;1–5.
- [11] DGS. Fiche technique : modalités de transport aérien des patients COVID-19; 2020, [https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/covid-19\\_affiche\\_transporteurs\\_aeriens.11.03.pdf](https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/covid-19_affiche_transporteurs_aeriens.11.03.pdf) [consulté le 11/03/2020].