

AVANT PROPOS:

Voici une petite revue des données publiées sur la question plongée et vol aérien commercial. L'acronyme ADD signifie accident de désaturation.

Ceux qui seraient intéressés uniquement par les recommandations de vol peuvent se rendre directement à la fin du texte....

Pour ceux qui souhaitent approfondir une bibliographie est citée à la fin.

AVION ET PLONGEE

Raja Ampat 2025, 4 plongées par jour et parfois une plongée de nuit pour bien nous casser !

Dernière plongée' la veille au matin mais angoisse mon ordi ne dit que je ne peux pas prendre l'avion avant 12 ? 24 ? 36, 48h ? Autant d'ordinateurs et autant de questions, de doutes et d'angoisse se lisent sur les visages consternés car eh oui il n'y aura pas totalement 24h avant de décoller le lendemain, les visages se tournent vers le directeur de plongée, dont le décompressimètre de marque Shearwater ne donne aucune indication sur l'intervalle de surface pré-vol !!!

Drame ?

Rappelons-nous que posséder un ordinateur ne dispense pas de posséder un cerveau a tel point que Shearwater refuse d'indiquer un intervalle de surface pré-vol considérant l'absence de données scientifiques sur le sujet !

En fait il m'a paru nécessaire d'ouvrir le débat et de consulter les oracles !

Combien d'intervalle de surface entre la dernière plongée et le décollage sachant que depuis **12961** on sait que voler après la plongée expose à des accidents de décompression ?

Sheffield a ouvert les débats en rappelant l'histoire du vol après la plongée et il rappelle que le premier atelier avait abouti au consensus suivant :

- (a) attendre 12 heures avant de prendre l'avion après un maximum de deux heures de plongée sans palier dans les 48 heures précédentes
- (b) attendre 24 heures avant de prendre l'avion après une plongée sans palier de plusieurs jours et illimitée ;
- (c) attendre 24 à 48 heures avant de prendre l'avion après des plongées nécessitant des paliers de décompression ;

et

(d) ne pas prendre l'avion avec des symptômes de ADD, à moins que cela ne soit nécessaire pour obtenir un traitement hyperbare.

Par la suite, le DAN a proposé un délai plus simple de 24 heures après toute plongée récréative car des objections ont été émises au motif que les risques de ADD liés au vol après la plongée étaient trop faibles pour justifier un délai aussi long et qu'il en résulterait une perte d'activité pour les stations de plongée des îles. La directive du DAN a été modifiée comme suit

(a) attendre au moins 12 heures après une plongée sans palier ;et

(b) attendre plus de 12 heures après des plongées successives, des plongées avec décompression et plusieurs jours de plongée.

On est déjà loin des 24 h voire plus de délai avant de prendre l'avion indiqué sur nos ordinateurs....

Étant donné que peu de données expérimentales humaines ont pu être trouvées concernant le vol après la plongée récréative, le DAN a financé une série d'essais au Centre de médecine hyperbare et de physiologie environnementale de l'Université de Duke.[Duke University Center for Hyperbaric Medicine and Environmental Physiology]qui ont été menés de 1992 à 1999 (3, 4).

Des volontaires secs et au repos ont testé neuf profils de plongée simples et répétitifs qui étaient proches du profil de plongée récréative sans décompression qui étaient proches des limites de non-décompression de la plongée récréative. Les plongées étaient suivies de vols simulés de quatre heures à 2 438 mètres (8 000 pieds). Au cours des 802 essais, il y a eu 40 incidents de ADD

- Pendant ou après le vol, pour les plongées uniques sans palier à 18mètres d'eau de mer) ou plus profondes, il n'y a pas eu de ADD pendant des intervalles de surface de 11heures ou plus.

Table 1. 60-fsw 55-minute No-Stop Dive Results (Feb 1999).

Post-Dive Surface Interval (hr)	Number of Subjects	Number of DCS
3	36	3
6	6	1
9	7	1
10	24	0
11	22	0
12	27	0

- Pour les plongées répétitives sans palier, l'ADD s'est produit pour des intervalles de surface de moins de 17 heures.

En 1999, la marine américaine a utilisé les résultats préliminaires des essais DAN pour réviser ses règles concernant la remontée en altitude après une plongée à l'air (5).

- remontée en altitude après une plongée à l'air (5). Dans les nouvelles procédures, l'intervalle de surface requis avant la remontée en altitude était basé sur le groupe répétitif du plongeur lors de la remontée en surface après une plongée et sur la durée prévue de la remontée en altitude prévue après la plongée.

Les procédures ont été élaborées à partir d'un modèle de Haldane à un seul tissu, avec un mi-temps de 640 minutes et un ratio critique sélectionné pour correspondre aux données du DAN. Bien qu'elles n'aient pas été testées en laboratoire avant d'être publiées, **aucun cas de ADD n'a été signalé.**

Voler après la plongée a également été étudié dans des plongeurs qui ont développé des ADD pendant ou après la plongée et dans les plongeurs qui ont volé sans ADD. C'était une étude cas-témoins qui a déterminé Les chances relatives de ADD plutôt que le risque de ADD absolu. **Les risques de ADD ont augmenté progressivement à mesure que l'intervalle de surface en plein air a diminué de 48 à 12 heures. Pour surface des intervalles de moins de 12 heures, les risques ont fortement augmenté. Les risques d'ADD étaient également plus grands pour les plongées plus profondes le dernier jour de plongée. Ces résultats, basés sur les données sur le terrain, étaient qualitativement similaire à ceux de l'étude en caisson et suggéraient un plus grand risque ADD pour des plongées plus profondes et un risque fini (mais inconnu) d'intervalles de surface supérieurs à 24 heures. Une indication que le vol pourrait augmenter la gravité du ADD a également été trouvée.**

Mais il y avait des différences potentiellement importantes entre les études en milieu humide et en caisson au sec. Les plongées en immersion, l'immersion impliquaient de l'effort physique, la condition physique et plusieurs jours de plongée, tandis qu'en caisson les essais se sont produits en une seule journée avec des plongeurs au repos et au sec. Ainsi, les essais de chambre pourraient ne pas simuler correctement le vol après la plongée.

De nouvelles procédures de la marine américaine ont été développées pour fournir des intervalles de surface compatibles avec les données de la Duke University pour les plongées paliers. Il était clair que l'in devait une modification faire un changement dans algorithmes de la marine parce que les données Duke ont indiqué qu'un intervalle de surface de deux heures suivant une plongée sans palier était inadéquate. Le but était également une procédure qui fonctionnerait tout aussi bien au niveau de la mer et en l'altitude. Les données disponibles étaient très limitées. Le principal corpus

d'informations de Duke était des plongées palier au niveau de la mer suivie d'une ascension à 2400m pendant quatre heures. Les plongées plus profondes avec décompression et des ascensions à des altitudes supérieures à 2400m n'ont pas été incluses dans l'étude Duke. De plus, les groupes répétitifs les plus bas et les plus élevés étaient non testés. Il y a eu au moins un plongeur de la marine américaine qui a subi un accident de décompression pendant un vol 72 heures après une décompression plongeant à 45m pendant 30 minutes. Malgré ces limites, la procédure semble coller avec les données de Duke sans palier

En conclusion :

- Les expositions de plongée étaient à ou près des limites du “recreational Dive Planner” de PADI sans palier.
- L'incidence ADD a augmenté de manière significative à mesure que l'intervalle de surface a diminué.
- Les plongées répétitives ont nécessité des intervalles de surface significativement plus longs pour diminuer l'incidence des ADD.
- Aucune ADD s'est produite dans un total de 52 essais avec un intervalle de surface de 17 heures.
- Étant donné que les sujets expérimentaux étaient secs et au repos, les résultats peuvent ne pas s'appliquer à l'exercice immergé des plongeurs. Des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les effets de l'immersion et de l'exercice

Vann et Denoble ont montré que les plongeurs qui avaient volé avec des symptômes associés à ADD de type 2 (neurologique) généralement guérissaient moins après une seule recompression en caisson. En dehors de cette étude, la majeure partie de ce que l'on sait du risque de voler après la plongée provient des laboratoires d'études.

Les ADD expérimentaux du vol après la plongée ont été démontrés chez les animaux (et les humains, mais la littérature est clairsemée). Une revue de 1989 a trouvé 208 ADD cas sur 721 expositions.

De plus, lorsque des altitudes supérieures à 2 438 m (8 000 pieds) ont été retirées de la considération, seuls 17 cas de ADD en 77 expositions sont restés pour analyse. Enfin, les études de chambre sont distinctes des conditions de terrain où les plongeurs sont immergés et peuvent plonger pendant de nombreux jours consécutifs.

[Quel est le risque relatif de développer une maladie de décompression lors d'un vol ? après plongée 🤖 ans](#) une étude cas témoin faite par DAN sur des données de 1987 à 1999 comparant les plongées avec ADD aux plongées sans incident, l'objectif était

d'estimer comment la longueur de l'intervalle de surface avant vol et d'autres facteurs ont affecté les risques relatifs de développer une ADD pendant ou après le vol.

382 plongeurs avec ADD ont été répertoriés, comparés à 245 plongeurs de contrôle. Les cas avaient été classés comme ADD I ou ADD II, Toutes les plongées étaient dans l'air et les plongeurs étaient exposés à un vol en avion sans que l'altitude réelle de la cabine soit connue.

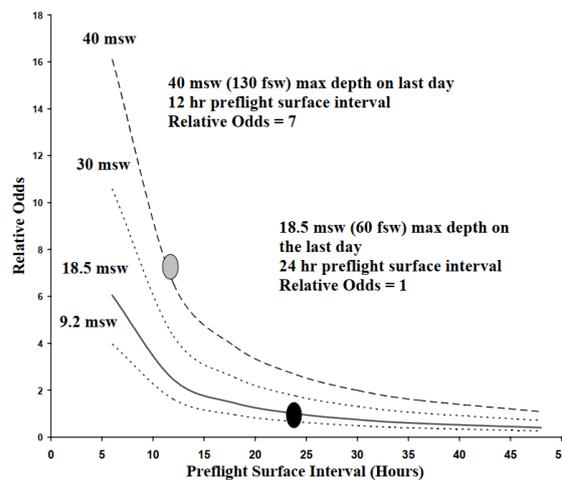


Figure 1. The relationship of PFSI to the relative odds of DCS.

Comme dans l'étude en caisson, il a été trouvé une relation prédictive significative entre la longueur de l'intervalle surface et l'OD ratio des ADD :

- Les intervalles de surface plus courts avaient un risque plus élevé de DC.
- Il y avait une relation similaire pour la plongée la plus profonde le dernier jour de plongée.
- Les plongées les plus profondes le dernier jour avaient un risque accru d'ADD par rapport aux plongées moins profondes.
- L'âge, la taille et le poids et le sexe n'étaient pas prédictifs.
- En utilisant les courbes de la figure 1 (ci-dessus), les risques d'ADD entre différents intervalles de surface et les différentes profondeurs peuvent être estimés. Ces données suggèrent que les risques augmentent brusquement entre 12 et 15 heures et que la profondeur de la dernière plongée ou des dernières plongées est importante en ce qui concerne le risque de ADD

Existe-t-il une relation entre la gravité de la ADD et le vol ?

Trois groupes de plongeurs ont été comparés à partir des données sur les ADD

- Les plongeurs qui ont développé des symptômes avant le vol et qui ont volé avec des symptômes;
- Les plongeurs qui n'ont développé des symptômes qu'après avoir volé

- tous les autres plongeurs présentant des symptômes. Parce que certains plongeurs dans le « Tous les autres groupes » ont probablement volé mais n'ont pas été enregistrés comme volants, les résultats sont biaisés vers le nul, ce qui signifie que tout effet démontrable est probablement plus fort que ne l'indique l'analyse.
- Comme il n'y a pas de mesure acceptée de la gravité du CCS, on a utilisé plusieurs indicateurs de gravité ;
 - a) la gravité des symptômes perçus ;
 - (b) le nombre de traitements donnés ; et
 - (c) la présence ou absence de symptômes résiduels après le premier traitement et à la sortie.
- Aucune différence dans La gravité des symptômes entre les plongeurs qui ne volent pas, qui ont volé avec des symptômes, ou qui a développé des symptômes pendant ou après le vol n'a été retrouvée.
 - o Lorsque le nombre de traitements reçus par les plongeurs présentant une ADD a été examiné, il y avait une tendance à une augmentation du nombre de traitements pour les deux groupes volants, mais pas à un niveau statistiquement significatif.
 - o Cependant, les groupes ayant volé avaient une probabilité de symptômes résiduels post-traitement (tableau 1), bien que l'ampleur du L'effetsoit faible et peut ne pas être cliniquement pertinent.

Table 1. Residual symptoms after the first treatment and at discharge after all treatments.

	<u>After 1st Treatment</u>	<u>At Discharge</u>
<u>Symptoms Before Flight</u>	61%	49%
<u>Symptoms After Flight</u>	66%	46%
<u>All Other Divers</u>	56%	32%

-
- En conclusion de cette étude :
- **Il existe un risque relatif accru de ADD pour les intervalles avant vol les plus courts et pour les plongées plus profondes le dernier jour de plongée.**
- **Le risque de symptômes résiduels après le traitement est modérément augmenté pour les plongeurs qui volent avec des symptômes ou qui développent des symptômes pendant ou après le vol.**
- **Il y a une tendance a ce que les plongeurs qui volent avec des symptômes ou qui se développent Les symptômes pendant ou après le vol nécessitent plus de traitements que les plongeurs qui ne prennent pas l'avion**

EN RESUME

Les plongées avec décompression ne sont quasiment pas testées vis à vis du délai à respecter avant un vol en avion. Seules les plongées sans décompression, uniques le plus souvent, ou multiples plus rarement ont été étudiées par les différents organismes Américains (DAN, NASA, UHM etc...)

Le schéma suivant dans ces cas donne une idée des délais d'intervalles de surface avant vol en fonction de la profondeur (1m # 3.3fsw) en considérant un vol a une altitude de 10000 à 12000m avec une pression cabine de 1800 [0.820kgf/cm²] (pour rappel l'altitude cabine ne doit pas être supérieure à 7600 en vol a 12000m pendant plus de 2mn et ne doit pas être supérieure à 4500 en vol à 7600m pendant plus de 7mn). Evidemment en cas d'accident et de dépressurisation brusque le risque serait considérable !

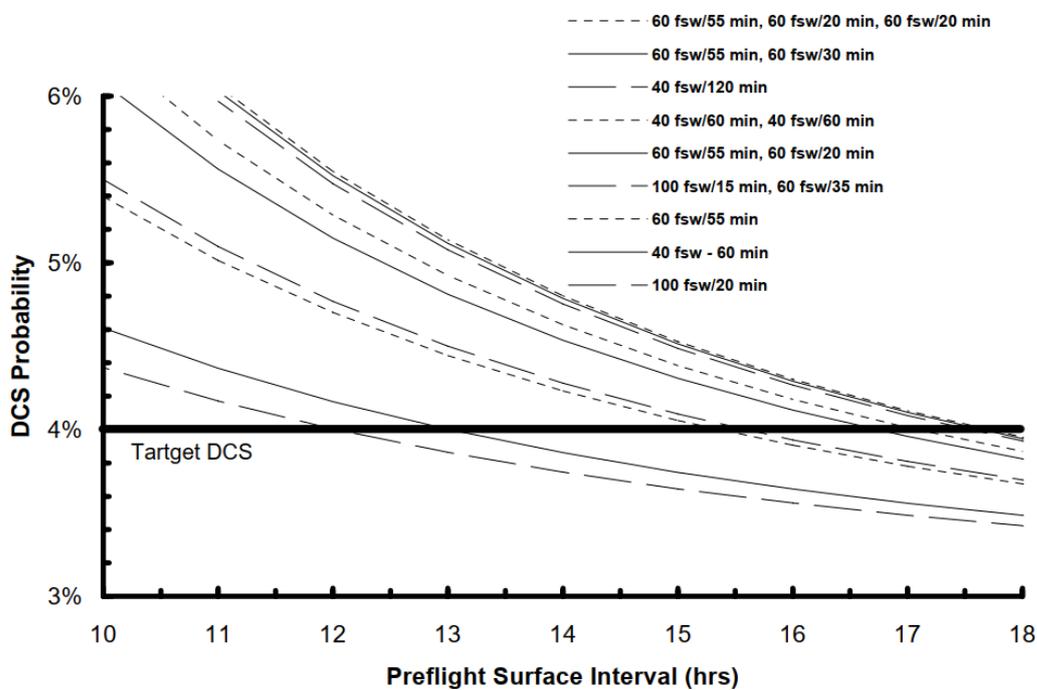


Figure 4. The relationship of PFSI to DCS probability for the dives tested (1).

Pour ceux qui n'auraient pas eu le courage de me suivre dans ce long texte rébarbatif (mais néanmoins passionnant) voici un résumé

HOW LONG SHOULD YOU WAIT? SUGGESTED MINIMUM SURFACE INTERVALS

 Single day no-deco dive 12+ hours	 Multi-day or repetitive no-deco dives 18+ hours	 Mandatory deco dive 24+ hours
---	---	---

Longer surface intervals further reduce DCS risk

These guidelines apply to divers who have no symptoms of decompression sickness (DCS) and will be flying at cabin altitudes of 2,000-8,000 ft (610 to 2,438 meters)

Plongées dans les limites de non-décompression

- Pour une seule plongée sans décompression, il est recommandé de respecter un intervalle de surface avant le vol d'au moins 12 heures.
- Pour plusieurs plongées par jour ou plusieurs jours de plongées sans décompression, il est recommandé de respecter un intervalle de surface avant le vol d'au moins 18 heures.

Plongées avec des paliers de décompression

Il existe peu de données expérimentales ou publiées sur lesquelles fonder une recommandation pour les plongées avec décompression. **Un intervalle de surface nettement supérieur à 18 heures avant un vol semble prudent.**

Prendre un Avion avec des Symptômes de la Maladie de Décompression

Les participants à l'atelier ont passé en revue les essais récents de l'AFD sur le vol après la plongée et les données disponibles sur le terrain concernant le vol après la plongée et le vol avec des symptômes de la maladie de décompression, et ont identifié les différences potentiellement importantes entre les études sur le terrain et les études en chambre. La plongée sur le terrain impliquait l'immersion, l'exercice et plusieurs jours de plongée, tandis que les essais en chambre se sont déroulés en une seule journée avec des plongeurs secs et reposés. Il est possible que les essais en chambre n'aient pas permis de simuler correctement le vol après la plongée.

Il est plus courant pour les plongeurs de voler avec des symptômes de la maladie de décompression que de développer des symptômes pendant ou après un vol.

Prendre l'avion avec des symptômes peut constituer un problème de santé plus important que les symptômes qui apparaissent pendant ou après le vol. **Les plongeurs doivent consulter un médecin et éviter de prendre l'avion s'ils remarquent des signes ou des symptômes pouvant indiquer la maladie de décompression.**

Limites

Les actes de l'atelier ont souligné que les essais expérimentaux décrits dans l'atelier ayant été réalisés dans une chambre hyperbare sèche avec des volontaires au repos, les directives pourraient devoir être plus longues pour les plongeurs immergés et en exercice.

Les participants ont déterminé que les effets de l'exercice et de l'immersion sur les intervalles de surface avant le vol devaient faire l'objet d'une étude expérimentale. Des études complémentaires ont été menées et les résultats sont en attente de publication.

BIBLIOGRAPHIE

- Sheffield PJ, ed. Flying after diving. Vol. 77(FLYDIV)12/1/89. 1989, Undersea and Hyperbaric Medical Society: Bethesda, MD.

- Vann R. Flying after diving: A database. in Flying After Diving. Sheffield, P. 1989. Bethesda: Undersea and Hyperbaric Medical Society: Bethesda. 77(FLYDIV)12/1/89. 179-222.36

- Vann R, Gerth W, Denoble P, Pieper C, Thalmann E. Experimental trials to assess the risks of decompression sickness in flying after diving. Undersea & Hyperbaric Med 2004; 31(3): In press.

- Pressurized cabins. Airworthiness standards: Transport category airplanes. U.S. Federal Aviation Administration, DOT: Washington, DC. 14CFR 25.841, Rule effective 1/1/2000. Part 25.841. 427.

- Recreational dive planner. 1985, Diving Science and Technology Corp (DSAT), Distributed by International PADI: Santa Ana, CA.

- Blumkin D. Flying and diving - a unique health concern. Human Factors & Aviation Medicine (Flight Safety Foundation) 1991; 38(5):1-5.

- Shilling C, Carlston C, Mathias R. The physicians guide to diving medicine, ed. Shilling, C, Carlston, C, Mathias, R. 1984, New York: Plenum.

- Laursen SB, Gronfeldt W, Jacobsen E. [decompression sickness after diving and following flying]. Ugeskr Laeger 1999; 161(30):4293-4294.

- Grim P. Trouble on flight 1368. Discover Magazine 2000.

- Unknown. Bends victim died after flight. Diver (UK) 2000; December.

- Charles M, Wirjosemito S. Flying after diving, still a real hazard: A case report. Hyperbaric Medicine 1989; 1(4):23-26.42

- Lyznicki JM, Williams MA, Deitchman SD, Howe JP III; for the Council on Scientific Affairs, American Medical Association. Medical oxygen and air travel. Aviat Space Environ Med 2000; 71(8):832-838.

- Rayman RB. Clinical aviation medicine 3rd ed. 3 ed. 2000, New York: Castle Connolly Graduate Medical Publishing, LLC.

- Vann RD, Denoble P, Emmerman MN, Corson KS. Flying after diving and decompression sickness. Aviat Space Environ Med 1993; 64(9 Pt 1):801-807.

- Kupper J, Trevethan W, Brown R. Hyperbaric-hypobaric interactions as they relate to compressed air diving and aviation: Canine experiment. Naval Aerospace Medical Research Laboratory: Pensacola. US Navy Special Report 74-1. 179-181.

- Furry D, Reeves E, Beckman E. The relationship of scuba diving to the development of aviator's decompression sickness. Aerosp Med 1967; 38:825-828.

- Balldin UI. Venous gas bubbles while flying with cabin altitudes of airliners or general aviation aircraft 3 hours after diving. Aviat Space Environ Med 1980; 51(7):649-652.

- Edel P, Carroll J, Honaker R, Beckman E. Interval at sea level pressure required to prevent decompression sickness in humans who fly in commercial aircraft after diving. Aerosp Med 1969; 40(10):1105-1110.

- Vann R. Flying after diving: A database. In Flying After Diving. Sheffield, P. 1989. Bethesda: Undersea and Hyperbaric Medical Society: Bethesda. 77(FLYDIV)12/1/89. 179-222.

- Freiburger JJ, Denoble PJ, Pieper CF, Ugucioni DM, Pollock NW, Vann RD. The relative risk of decompression sickness during and after air travel following diving. Aviat Space Environ Med 2002; 73(10):980-984.

- Vann RD. Diving at the No-Stop Limits: Chamber trials of flying after diving. In: Flying After Diving Workshop. Vann RD, ed. 2004. Durham: Divers Alert Network. ISBN 0-9673066-4-7. 32-.

- Bassett BR. Decompression procedures for flying after diving, and diving at altitudes above sea level: validation tests. USAF School of Aerospace Medicine, Brooks Air Force Base. Report SAM-TR-82-47. 1982

- U.S. Navy Diving Manual, Volume 2. Publication SS521-AG-PRO-010, Revision 4. Naval Sea Systems Command, Washington, D.C., 1999

- Flynn ET. 1999 U.S. Navy procedures for ascent to altitude after diving. In: Flying After Diving Workshop. Vann RD, ed. 2004. Durham: Divers Alert Network. ISBN 0-9673066-4-7. 20-31.