Plongée dans la base de données DAN des accidents de décompression

Les fidèles lecteurs de ce magazine savent sans doute que la décompression personnalisée constitue l'un des principaux objectifs de recherche à long terme de l'équipe scientifique de DAN Europe, sous la direction du professeur Alessandro Marroni.

Ce n'est pas chose facile. Les études en médecine hyperbare portent généralement sur des échantillons de très petite taille, ce qui rend extrêmement difficile l'identification des facteurs individuels présentant une importance statistique.

DAN a toutefois un atout dans sa manche – voire tout un jeu de cartes, si l'on peut dire : une base de données regroupant 127 957 plongées réellement effectuées, dont 628 ayant entraîné un accident de décompression, accompagnées des données issues des ordinateurs de plongée, le tout collecté sur une période de 15 ans. Accumuler une telle quantité de données et harmoniser les enregistrements provenant de différentes marques d'ordinateurs de plongée afin de pouvoir les comparer représente un effort colossal pour les chercheurs.

Ces données ont été fournies par 5 907 plongeurs, dont environ 80 % étaient des hommes et 20 % des femmes. Chaque participant a transmis entre 1 et 1 432 profils de plongée (valeur médiane : 3).

Chacun de ces profils s'accompagne d'une documentation complémentaire sous la forme d'un questionnaire rempli par le plongeur, dans lequel celui-ci fournit des données personnelles de base telles que son âge, son sexe, sa taille et son poids, ainsi que des informations sur son état de santé physique et

sur la façon dont il a vécu la plongée.

Dans une étude récemment publiée, les chercheurs de DAN ont mené une analyse statistique complexe sur l'ensemble de leur base de données afin d'identifier les paramètres influant sur la probabilité qu'une plongée se solde par un ADD (Accident De Décompression). À cette fin, les plongées ont été classées en deux groupes principaux : celles ayant entraîné un ADD et celles n'en ayant pas entraîné. Les chercheurs ont ensuite comparé ces deux groupes selon une série d'indicateurs susceptibles d'influencer la probabilité qu'une plongée appartienne à l'un ou l'autre groupe.

Regardons de près ce qu'ils ont découvert.

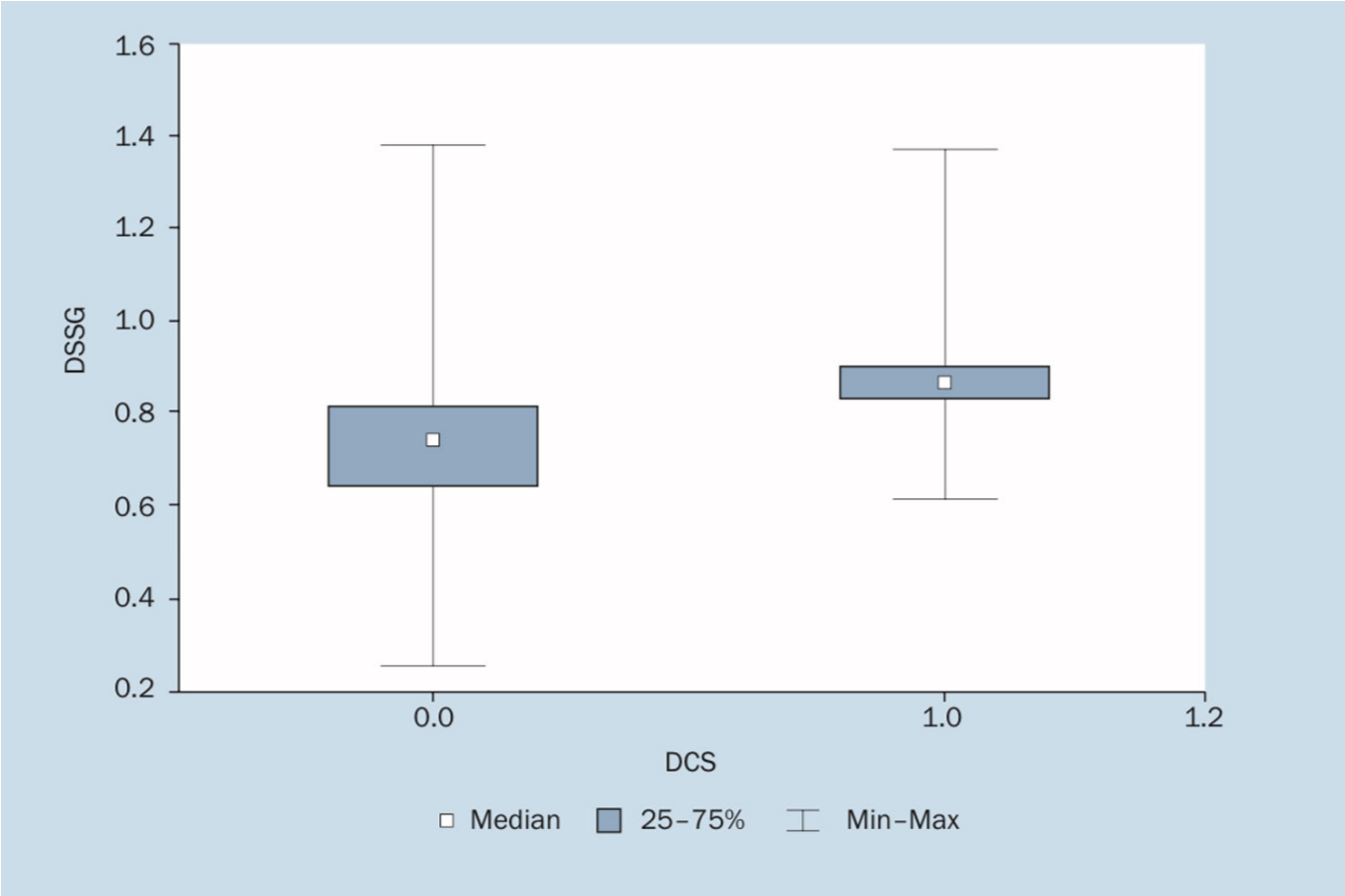
Profil de plongée

Les profils de plongée ont été analysés afin d'identifier le *compartiment principal* – c'est-à-dire lequel des 16 compartiments tissulaires théoriques de l'algorithme Bühlmann ZHL-16C présentait la plus forte sursaturation – ainsi que le *facteur de gradient* de ce compartiment au moment de la remontée, c'est-à-dire la tension du gaz par rapport au maximum théorique (valeur M), exprimée en pourcentage.

Comme tous les ordinateurs de plongée n'utilisent pas nécessairement l'algorithme de Bühlmann ni ne prennent en compte le facteur de gradient lors de la remontée, les chercheurs ont dû calculer a posteriori les valeurs nécessaires à partir des données du profil de plongée. L'indicateur ainsi obtenu, appelé *DSSG* (*DAN Surface Supersaturation Gradient*), a servi de base de comparaison.

Il a été constaté que les plongées ayant entraîné un ADD présentaient un DSSG significativement plus élevé que celles qui s'étaient déroulées sans incident (86,6 % contre 74,3 %). Le risque d'ADD s'est également révélé plus élevé lorsque le compartiment principal présentait une constante de temps plus courte (communément appelée « tissu rapide »). Les plongeurs peuvent maîtriser ces deux facteurs de risque en effectuant des paliers prolongés à faible profondeur avant de remonter à la surface.

Dans l'ensemble, il a été constaté que le profil de plongée était le facteur le plus déterminant du risque d'accident de décompression.



DSSG pour les plongées ayant entraîné un accident de décompression (à droite) par rapport à celles n'ayant pas entraîné d'accident de décompression (à gauche). Le rectangle foncé représente les deux quartiles centraux (la moitié des profils de plongée). Les barres indiquent les extrêmes de l'intervalle.

Être une plongeuse

En moyenne, les plongeuses semblent courir un risque d'accident de décompression environ quatre fois plus élevé que celui des plongeurs.

La cause de cette divergence n'est pas tout à fait claire. Elle pourrait être liée à des facteurs tels que les différences entre les sexes au niveau de la fonction endothéliale (membranes cellulaires), de la coagulation sanguine et de la réponse inflammatoire au stress de décompression. Des études en laboratoire ont montré que les facteurs déterminants la résistance à l'accident de décompression ne sont pas les mêmes entre les mâles et les femelles… chez le rat. Cela pourrait très bien s'appliquer également aux humains.

Dans un échange par e-mail avec Alert Diver, les chercheurs ont indiqué que l'étude actuelle de DAN ne faisait pas de distinction entre les plongeuses en période prémenstruelle, en âge de procréer et en péri- ou post-ménopause et que cette distinction pourrait fournir à l'avenir de nouveaux indices sur les mécanismes exacts en jeu.

Pour replacer les choses dans leur contexte, il faut garder à l'esprit que les cas graves d'ADD restent extrêmement rares, quel que soit le sexe. Même si l'on multiplie un chiffre déjà très bas par quatre, on obtient toujours un chiffre très bas. Alors ce n'est pas une raison d'arrêter la plongée, ne raccrochez pas vos palmes !

La plongée tech

La plongée tech est plus risquée que la plongée loisir. Tout bien considéré, les plongées qualifiées de « techniques » présentent un risque d'ADD supérieur de 36 % à celui des plongées loisir.

Dans cette étude, le nombre de gaz transportés a servi d'indicateur de l'ampleur et de la complexité d'une plongée technique, et il a été constaté que le risque d'ADD était corrélé à ce nombre. Les chercheurs reconnaissent toutefois qu'avec l'utilisation de plus en plus courante des recycleurs (CCR), le nombre de gaz transportés perd de sa pertinence en tant qu'indicateur.

L'Indice de Masse Corporel (IMC)

Les chercheurs du DAN ont classé les plongeurs en huit catégories d'IMC, allant de l'insuffisance pondérale sévère à l'obésité morbide. Il s'est avéré que la catégorie d'IMC (et non l'IMC lui-même) était corrélée au risque d'ADD, ce qui constitue l'une des conclusions les plus surprenantes de cette étude, pas seulement chez les plongeurs en surpoids ou obèses.

Au contraire, la courbe présente une forme en U, avec un risque accru aux deux extrémités du spectre. En d'autres termes, une insuffisance pondérale sévère semble accroître le risque d'ADD chez les plongeurs (+15 %). La pertinence statistique n'a été démontrée que pour les cas extrêmes : les personnes souffrant d'une maigreur pathologique et celles souffrant d'obésité pathologique.

Plongées successives & intervalles de surface

Il est intéressant de noter que les plongées successives présentent un risque d'ADD moindre que celui des plongées précédentes, ce qui vient étayer l'hypothèse selon laquelle le corps humain s'adapte au stress de décompression. Les chercheurs précisent que toutes les plongées effectuées avec un intervalle de surface de 48 heures ou moins ont été considérées comme successives.

Compte tenu du fait que chaque heure supplémentaire d'intervalle de surface réduit le risque d'ADD de 6 %, cela laisse penser que le fait d'effectuer un nombre réduit de plongées par jour, avec de longs intervalles de surface et sur plusieurs jours consécutifs, pourrait constituer l'approche la plus sûre pour gérer ce risque.

Fatigue, Sport avant la plongée, Effort en plongée & Comfort thermique

Dans le questionnaire, on a demandé aux plongeurs d'indiquer s'ils avaient fait de l'exercice avant une plongée (quatre catégories allant de « aucun » à « exercice intense »), s'ils avaient froid ou se sentaient fatigués, et comment ils évaluaient l'intensité de leur effort pendant la plongée.

La pratique d'une activité physique avant la plongée a révélé une corrélation positive avec le risque d'ADD. Les chercheurs précisent que cette conclusion doit être considérée avec une grande prudence, car l'activité physique est un sujet complexe qui ne peut être facilement résumé par un seul paramètre. Par ailleurs, des études spécifiques suggèrent qu'un échauffement par une activité physique modérée avant la plongée peut contribuer à réduire le risque d'ADD.

Il a été démontré que la fatigue et la sensation de froid avaient un effet protecteur (réduisant le risque d'ADD). Ces résultats peuvent sembler contre-intuitifs. En ce qui concerne le froid en particulier, une étude bien connue menée en 2007 par l'Unité expérimentale de plongée de la Marine américaine (NEDU) a montré que le fait d'avoir froid pendant la phase de séjour au fond et chaud pendant la remontée réduisait le risque d'ADD. Une explication possible est qu'un inconfort perceptible (déclaré par le plongeur lui-même) peut amener ce dernier à adopter un comportement plus prudent.

Il a été constaté qu'un niveau d'effort élevé en plongée (là encore, selon les déclarations des personnes concernées) augmentait le risque d'ADD, ce qui correspond aux connaissances actuelles.

Futures études scientifiques

De par la nature même de cette étude, certains paramètres tels que la fatigue, l'exercice physique avant la plongée, l'effort en plongée et le confort thermique ne peuvent être mesurés de manière objective, ce qui rend les conclusions dans ces domaines moins concluantes que celles concernant, par exemple, les profils de plongée ou les différences entre les sexes.

Pour comprendre pleinement ces interdépendances cruciales, il est nécessaire d'utiliser des dispositifs de biosurveillance capables de mesurer des paramètres tels que la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, l'oxygénation du sang, ainsi que la température cutanée et corporelle. DAN mène activement des recherches dans ce domaine depuis de nombreuses années grâce à son système interne DANA Health et prévoit d'étendre ses efforts à l'aide d'un nouveau dispositif portable de biosurveillance sous-marine capable de fournir un ECG complet sous l'eau (un article d'Alert Diver en a fait état).

Quelques mots de la part de l’équipe scientifique

Invité à résumer les résultats de l’étude, le professeur Costantino Balestra souligne que bon nombre de ces conclusions sont indicatives et non définitives :

> *« L’étude fournit plusieurs indices suggérant qu’il existe deux types de paramètres distincts, certains dépendant du risque d’ADD et d’autres indépendants, et qu’ils ne correspondent pas toujours aux idées reçues. Par exemple, l’IMC n’était associé à un risque accru que dans les cas extrêmes, à savoir chez les personnes « très minces » ou « en surpoids important ». Le paramètre présentant le plus fort pouvoir prédictif identifié dans l’étude était le DSSG. »*

Le professeur Alessandro Marroni, fondateur et PDG de DAN Europe, nous livre ses perspectives sur l’avenir :

> *« Cette étude constitue une première étape importante vers la personnalisation des risques liés à la plongée en fonction des caractéristiques individuelles, du niveau accepté de risque (élevé, moyen, faible), des modalités de plongée, du type d’équipement et de la composition des mélanges gazeux.*
>
> *En combinant ces résultats avec le volume croissant de données relatives aux réactions physiologiques liées à la plongée, on pourra franchir une deuxième étape vers une véritable individualisation des pratiques de plongée : l’élaboration d’un modèle physiologique probabiliste visant à atténuer et à maîtriser les risques individuels. »*

Pour nous, plongeurs, cette étude ne fournit pas encore de recommandations claires sur la manière de planifier notre décompression ou de régler nos ordinateurs, si ce n’est de rester prudents quant à notre facteur de gradient (élevé) et de remonter lentement après le dernier palier de décompression ou de sécurité.

Cependant, les futurs ordinateurs de plongée devraient intégrer un nombre croissant de fonctions biométriques. Des recherches telles que l’étude présentée dans cet article seront nécessaires pour interpréter les mesures et fournir des conseils concrets.

Traductrice : Florine Quirion