

*Les performances de plus en plus profondes en apnée posent aujourd'hui le problème de la décompression lors du retour en surface. Voici quelques pistes pour un protocole de sécurité actuellement discuté au sein de l'association AIDA.*

## **APNÉE PROFONDE ET DÉCOMPRESSION ou LES LIMITES DU NO LIMIT (C. Chapuis)**

Depuis près de 10 ans, on peut sans se tromper dire que la quasi totalité des apnéistes très profonds ont tous fait un jour l'expérience d'un accident de décompression. Récemment des accidents répétés ont conduit un groupe de consultants<sup>1</sup> de l'association AIDA international à réfléchir pour proposer des conseils de prudence aux athlètes ainsi qu'aux moniteurs et entraîneurs qui les encadrent. Il est important de rappeler ici que l'apnée profonde reste une activité délicate, voire extrême, qu'elle n'est pas à la portée de tous et que les conseils que vous pourriez trouver dans cet article ne garantissent pas que vous remonterez sans problème de 150m ou moins.

### **Quelques exemples**

2006 : le Vénézuélien Carlos Coste remonte après une apnée de 5'02 d'une profondeur de 180m et est conduit rapidement au caisson hyperbare à Sharm El Sheik en raison de gros problèmes moteurs et d'un début de paralysie.

2006 : l'Autrichien Herbert Nitch réalise 18 apnées entre 35 et 45m avec 4' de récupération entre chaque apnée. Caisson !

2002 : l'Allemand Benjamin Frantz réalise plusieurs descentes à 100m au cours du même entraînement. Paralysé, il mettra longtemps à s'en remettre.

1999 : Roland Specker remonte son zodiac sur le port après une sortie où il a réalisé 3 fois 80m en gueuse. Egalement plongeur scaphandre, il perçoit immédiatement le début des symptômes d'un accident de décompression. Il est remis sur pied après une séance en caisson hyperbare.

La liste est longue puisque tous les grands noms de l'apnée profonde ont un jour ou l'autre dû se rendre au caisson hyperbare pour traiter un accident qui selon toute vraisemblance était un accident de décompression. Loic Leforme semble pour l'instant échapper au sort funeste qui guette tout apnéiste profond. Les plongées citées ci-dessus sont évoquées pour montrer qu'il n'existe pas bien sûr un profil « type » de plongée profonde en apnée provoquant des accidents de ce type.

---

<sup>1</sup> Ce groupe de consultants est composé de trois physiologistes, le Dr. J Fitz-Clarke et le Dr. R.W. Hamilton (USA) le Dr. P Lindhom (Suède) ; de deux apnéistes qualifiés plongeurs Trimix, G.W.Graves (USA) et C.Chapuis (France) ; et d'apnéistes profonds comme L.Leforme (France), E. Fattah (Canada), S. Murat (Australie), H. Nitch (Autriche). La coordination des discussions a été faite par B.Strömberg (Suède) et P. Vermeulen (Hollande).

## La profondeur : plusieurs problèmes

Si l'objet de cet article est d'évoquer principalement le problème de la décompression à la suite d'une apnée profonde unique, on ne peut ignorer les autres phénomènes liés aux grandes pressions qui règnent en bas :

- L'oxygène est toxique dans certaines conditions (effet Paul Bert et effet Lorrain-Smith). Lors d'une apnée à 170m, la pression ambiante est d'environ 18kg / cm<sup>2</sup>. Un apnéiste ayant de l'air dans ses poumons (donc environ 21% d'oxygène), la pression partielle de l'oxygène (PpO<sub>2</sub>) en bas se situe aux alentours de 3,78 bars (0,21 X 18). Les apnéistes tentent de questionner les physiologistes sur la toxicité de l'oxygène lors d'apnées profondes et son lien possible avec des désordres moteurs ressentis à plus de 100m. Cette piste est peu retenue car la plupart du temps, le temps d'exposition à une PpO<sub>2</sub> élevée est faible. La narcose par contre est souvent citée.
- L'azote respiré à des pressions partielles supérieures à 4 kg/cm<sup>2</sup> (40m si l'on respire de l'air), ou parfois moins, modifie le comportement et les perceptions. Les plongeurs scaphandre connaissent bien cette narcose à l'azote ou « ivresse des profondeurs » si bien nommée et si dangereuse. Il y a unanimité chez tous les apnéistes profonds : en bas on est « narcosé » ! C'est une des raisons qui doit inciter à une progression lente en profondeur lors des entraînements et éviter de rester trop longtemps au fond. Il est à noter qu'une narcose qui s'est installée en bas tend à durer jusqu'au retour en surface en apnée.
- La carpe, souvent utilisée pour les apnées profondes, associée au blood shift qui représente un afflux de sang dans la circulation pulmonaire, pourrait provoquer une surpression pulmonaire lors de remontées trop rapides. En effet, la technique de la carpe permet d'emmagasiner 10 à 20% d'air en plus et facilite la compensation en bas. Cette augmentation du volume pulmonaire, transitoirement traumatisante au départ car représentant une légère surpression pulmonaire, est rapidement compensée par la pression ambiante qui augmente au cours de la descente. L'afflux sanguin en profondeur dans la circulation pulmonaire viendrait compenser en partie les grandes pressions qui s'exercent sur la cage thoracique. Mais si l'apnéiste remonte très vite comme dans le No Limit, certains s'interrogent actuellement sur la surpression pulmonaire pouvant être la cause de certains accidents observés. En cas de ruptures partielles de certaines alvéoles pulmonaires, des symptômes assimilables à un accident de décompression pourraient être observés.

## Apnée et accident de décompression

Les gaz sont solubles dans les liquides (sang, milieu interstitiel) et ce phénomène dépend en partie de la pression que le gaz exerce sur le liquide considéré (loi de Henry). L'apnée n'échappe pas à cette loi. A 170m où règne une pression de 18kg/cm<sup>2</sup>, de l'azote se dissout dans le sang. Certains facteurs favorisant ont été mis en évidence depuis longtemps. On peut citer la température (plus il fait froid plus l'azote se dissout et à 170m il ne fait pas chaud), l'agitation (les efforts en apnée, le poids constant en grande profondeur, le poids variable, l'immersion libre), la durée de l'exposition à la pression (durée de l'apnée). Lors de la remontée, l'azote dissout reprend sa forme gazeuse et des micro-bulles circulantes non pathogènes peuvent être observées. Elles sont éliminées par le filtre pulmonaire (respiration). Pour cela, le plongeur scaphandre a l'obligation de remonter lentement à une vitesse de 10m/s et observe des paliers (arrêts) suivant le profil de sa plongée. L'apnéiste lui ne s'arrête pas et remonte hélas diablement trop vite à

environ 1,5 voire 2m/s. Comme pour le plongeur remontant trop vite, des micro-bulles circulantes grossissent, il peut exister un dégazage anarchique dans les tissus et une foule de problèmes associés comme des accidents neurologiques, des accidents ostéo-articulaires ...

Les accidents de décompression en apnée ont été mis en évidence depuis les années 1955 (Schaeffer) mais à l'origine il s'agissait plus des effets cumulatifs d'apnées répétées en faible à moyenne profondeur. On parlait alors de Taravana. C'est sans doute suite à ce profil de plongées répétées qu'Herbert Nitch doit son séjour au caisson hyperbare. Dès les années 1965, des auteurs (Lamphier) proposèrent un facteur de conversion pour adapter les tables de décompression des plongeurs pour les apnéistes. Plus récemment (1990) le Dr Héran proposa un tableau pour déterminer le nombre maximal de plongées en 1 heure, connaissant la profondeur, le temps de plongée en apnée et la durée de l'entraînement.

Pr ▼	t ►	2 heures	3 heures	4 heures	5 heures
	ta ▼	▼ Nombres de plongées ▼			
25 m	1'	37	34	30	29
	2'	18	17	15	14
	3'	12	11	10	9
30 m	1'	31	28	25	24
	2'	15	14	12	12
	3'	10	9	8	8
35 m	1'	26	24	22	20
	2'	13	12	11	10
	3'	9	8	7	7

*Par exemple, pour une sortie de 4h et des apnées à 30m, si la durée de l'apnée est de 2', le risque d'accident est réel à partir de 12 apnée par heure.*

D'autres personnes en France et à l'étranger travaillent sur les problèmes de décompression mais force est de reconnaître qu'il existe peu d'études sur des apnées uniques très profondes (supérieures à 100m). Avec l'évolution des profondeurs atteintes en apnée, la prudence s'impose aujourd'hui. Nous ne pouvons que conseiller à tous les moniteurs d'apnée, aux entraîneurs et athlètes, de lire les ouvrages évoquant ces problèmes. « Un homme averti en vaut 2 ». La piste à laquelle les apnéistes profonds pensent pour une plongée unique très profonde est celle des accidents de décompression de type II, à dominante neurologique. Les tissus « courts » étant probablement impliqués en raison de la nature profonde et très courte de l'apnée.

## Des symptômes qui doivent alerter

Issus des symptômes observés chez certains apnéistes après une ou plusieurs plongées et basé également sur les connaissances générales issues de la plongée scaphandre, voici une liste de symptômes pouvant faire évoquer un accident de décompression :

Une fatigue générale, des marbrures sur la peau, des démangeaisons, douleurs musculaires ou articulaires, douleurs thoraciques, difficultés à respirer, mal de mer, changement dans le comportement, nausées, vomissements, crachats sanguins, difficultés à voir ou entendre, problèmes d'équilibre. Cette liste n'est pas exhaustive hélas, tant les manifestations peuvent être variées. Ce qui est sûr c'est que tout problème, toute chose

anormale survenant à un apnéiste après une plongée (immédiatement ou différée de plusieurs heures) doit alerter l'encadrement ou l'athlète.

### **Les facteurs favorisants**

S'entraîner en profondeur nécessite une vigilance de tout les instants. Plus la profondeur est importante, plus la durée de l'apnée est longue plus les risques sont importants. Il ne faut pas oublier également que d'autres facteurs influencent la survenue d'un accident de décompression. Le froid dû à la profondeur mais également les refroidissements auxquels sont souvent exposés les apnéistes à l'occasion d'un entraînement trop long ou dûs au port d'une combinaison trop fine, la déshydratation, la fatigue ou le stress, les efforts durant la plongée, la vitesse de remontée trop grande, le temps passé au fond (à attendre on ne sait quoi), la vitesse en fin de remontée, la carpe, un manque de relâchement, la narcose en bas, sont tous des éléments qui doivent être pris en compte pour programmer une sortie. Il n'y a personne de plus sot que celui qui n'écoute pas son corps ou qui masque son état à son entraîneur ou à son équipe.

### **Un palier de récupération**

Si l'on pense que l'apnée profonde n'est pas neutre quant aux micro-bulles circulantes, il faut proposer un protocole de récupération qui limite les risques. Nous avons suggéré après de nombreuses discussions qu'un palier de 10' à 6m à l'oxygène pouvait être une première solution. Une fois que l'apnéiste a émergé de sa plongée, et après s'être assuré que tout allait bien, on lui propose de faire rapidement ce palier sous surveillance. Un narghilé ou un bloc équipé O2 suffit. Selon les législations des pays qui diffèrent le dispositif pourra être différent. En France si l'on se réfère à l'Arrêté 2004 sur la plongée aux mélanges, notre apnéiste devrait être certifié nitrox confirmé et le directeur de plongée avoir une qualification nitrox confirmé. On devrait également adjoindre un plongeur qualifié. La surveillance est constante jusqu'à la fin de ce palier de récupération. L'idée de faire des paliers plus profonds au nitrox avant ce palier de 10' à 6m a été proposée, comme par exemple 5' à 20m avec un nitrox 50% (50% d'oxygène) mais il n'a pas semblé intéressant d'assurer une surveillance profonde de l'apnéiste après une plongée. Un athlète a même proposé de s'arrêter avant la surface pour faire directement son palier. Là encore, si l'idée n'était pas bête, nous avons préféré voir l'apnéiste émerger pour signaler que tout allait bien, plutôt que de tenter de le savoir sous l'eau si tout était « OK ». Ce ne serait de toutes les façons plus de l'apnée.

### **Un peu d'humour**

Voici quelques exemples concrets pour illustrer ce qu'il ne faut pas faire :

- c'est l'hiver, vous avez la chance d'habiter à proximité d'un site propice à l'apnée profonde, l'eau est à 13°, vous tentez 150m et vous avez froid. Vous décidez d'ouvrir le frein pour descendre car après tout, vous ne serez pas venu pour rien. Erreur, celui qui a froid n'est pas relâché. Le froid et l'anxiété favorisent la narcose et l'accident de décompression, vous finissez au caisson.
- C'est l'été. Vous êtes descendu une semaine en vacances pour faire du No Limit. Vous voulez donc en profiter. Les sorties sont longues, et vous faites dans une séance une descente à 50m, puis une à 70m et finalement vous tentez 100m en fin de sortie : vous êtes nul ! Déshydraté par une séance trop longue, en partie saturé en azote par les 2 apnées préparatoires, et parce que vous restez trop longtemps au fond à la troisième

descente car la bouteille de la gueuse est en partie vide, votre corps vous fait savoir que vous n'êtes pas Superman, retour au caisson.

- Vous arrivez pour une semaine de vacances et souhaitez retrouver rapidement votre niveau de l'année dernière en No limit (80m par exemple). Vous vous êtes longuement préparé en piscine tout l'hiver et pensez être prêt. Première descente, vous tentez 50m et trouvez que tout est génial. Vous mettez donc 30m de plus pour tenter 80m. On ne sait jamais, si vous pouvez atteindre le premier jour votre niveau de l'an passé, vous finirez la semaine peut être à 100m. Arrivé à 80m vous êtes tellement tendu et surpris par la pression que vous vous affolez et remontez à grande vitesse, parachute de la gueuse distendu et vous lâchez celui-ci au dernier moment, vous sortez de l'eau jusqu'à la ceinture en raison de votre vitesse ascensionnelle trop grande en fin de remontée. Agacé, vous recommencez une deuxième fois. Même remontée catastrophe. Le soir vous sortez piteux du caisson hyperbare.

Nous pourrions donner d'autres exemples mais cela suffit. Tout le monde n'a pas toujours de la chance. La grande profondeur est quelque chose qui doit s'aborder avec raison.

## **Les limites du No limit**

La question est posée depuis longtemps : jusqu'où pourra t-on aller ? On a souvent parlé des oreilles, mais finalement cela pourrait bien être les accidents de décompression qui vont ralentir la progression des records principalement en No limit. L'association AIDA discute actuellement de savoir s'il ne faut pas dans cette discipline autoriser les tentatives en contrôlant les incréments en profondeur. Comprenez : un record pourrait être tenté à partir du moment où il n'augmente pas la précédente profondeur de plus de ... 5m par exemple. Certes, cela est paradoxal mais quel chemin doit être suivi ? stopper la reconnaissance des records en poids variable et No limit ? demain ils seront peut être à 120m en constant (et il faut palmer pour remonter donc faire des efforts). Interdire les incréments trop importants ? changer les règles pour que les profondeurs redeviennent raisonnables ? imposer une descente tête en bas en No limit ? En athlétisme, quand les athlètes ont commencé à jeter le javelot à plus de 100m, on a changé le javelot pour qu'il plane moins, en Formule 1 quand les voitures vont trop vite, on change la réglementation. C'est peut-être la voie à suivre. Si la FFESSM étudie prochainement l'introduction du poids constant en tant que discipline, elle pourrait imposer le port du masque par rapport au pince-nez. Remarque me direz-vous, Carlos Coste est bien allé à 105m avec un masque !

Claude Chapuis

---

## **13 Conseils**

- on ne fait qu'une plongée profonde par sortie (70m c'est profond)
- si on fait « une profonde », on ne multiplie pas les apnées d'échauffement
- pas d'apnée après une apnée profonde
- pas d'effort après une apnée profonde

- pas de plongée profonde quand on a froid (préférez 5 ou 6 fois 25m en poids constant)
  - pas de profonde quand on est fatigué, contrarié, tendu ...
  - pas d'apnée profonde en fin de séance
  - lâchez la gueuse ou le parachute ascensionnel vers les 20/25m et finissez tranquillement
  - ne faites pas des progressions en profondeurs trop rapides
  - buvez régulièrement avant pendant et après la sortie
  - signalez le moindre problème après une apnée profonde
  - en cas de suspicion d'accident de décompression, suivez la procédure décrite pour les plongeurs scaphandre et ayez la pharmacie adaptée !
  - laissez au moins un jours de repos entre deux entraînements profonds (24h)
  - ne restez pas au fond, décollez rapidement, vous serez moins saturé
- 

## **Le point de vue de Loïc Leferme**

*« J'ai la chance de ne jamais avoir fait d'accident de décompression et je « touche du bois ». Tous les apnéistes profonds que je connais ont, à un moment ou à un autre, fini au caisson, parfois même pour des plongées qui ne semblaient pas profondes. Pourtant avec le recul, je m'interroge car j'ai effectué beaucoup de plongées au delà des 150m. Je suis persuadé que la manière d'aborder la profondeur est très importante. Je préfère progresser lentement pour mieux maîtriser la profondeur qu'utiliser tous les artifices possibles pour tenter d'atteindre une marque par bonds de géant, c'est d'ailleurs le point de vue de mon équipe. Je souhaite rester à l'écoute de mon corps pour prévenir les accidents, ce qui me semble être une des clés de la profondeur. »*

L. Leferme