

# LES PLONGEES EN ALTITUDE



Lac naturel tête Nord des fours situé en France (à 2756m)

**COURS: DE THIERRY FECHIR MONITEUR TRAINER ADIP n°98241 CHEF D'ECOLE  
PHOTOS (France et Espagne): DE STEPHANIE MOINS PRESIDENTE DE L'AMPHIPRION (DURBUY)**

# GENERALITES

Le Mont Blanc, France



Les plongées en altitude présentent des techniques de formations particulières. Elles sont, comme leur nom l'indique, effectuées en lac de montagne où la pression atmosphérique est inférieure à celle du niveau de la mer.

## Un exemple de site de plongée en altitude :



Lac TITICACA situé entre le Pérou et la Bolivie

*Le lac Titicaca (Pérou et Bolivie) est situé à 3810 mètres d'altitude, pour une profondeur maximale de 280 mètres. Il a une superficie de 8000 Km<sup>2</sup> et une température moyenne de 7°C sur l'année.*

Pour plonger en sécurité avec un maximum de confort, cette activité nécessite une préparation particulière pour le plongeur, car en plus des contraintes liées à la température plus faible en altitude, le calcul des temps de décompression est modifié.

Il est nécessaire aux plongeurs désireux de pratiquer cette discipline, de suivre une formation comprenant le volume constant, la plongée sous glace et une adaptation des protocoles de décompression.



Le Mont JOLY, France

**L'accès à certains sites nécessite également une préparation physique et mentale aux déplacements en haute altitude.**

## DONNEES IMPORTANTES DE CONNAISSANCES

Avant une plongée en altitude, un temps d'adaptation est nécessaire, principalement pour un problème de saturation de compartiments.

*Petit rappel :*

Une plongée unitaire est une plongée que l'on effectue à saturation.

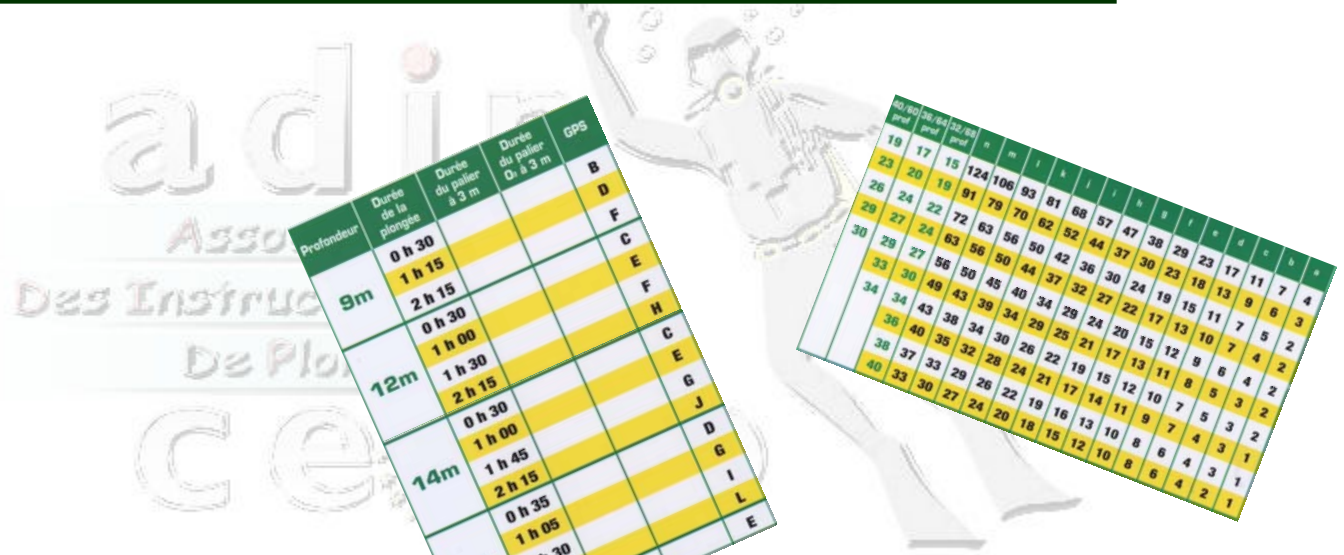
Le temps d'adaptation est généralement de 24 heures !!!

Lac artificiel sur l'île de la GOMERA, Canaries, Espagne



Ce temps d'adaptation se complique particulièrement si l'altitude du site de plongée est différente de celui du campement des plongeurs.

La plongée **NITROX** est un atout indispensable pour la plongée en altitude : elle offre une sécurité non négligeable.



Profondeur	Durée de la plongée	Durée du palier à 3 m	Durée du palier O <sub>2</sub> à 3 m	GPS
9m	0 h 30			B
	1 h 15			D
12m	2 h 15			F
	0 h 30			C
	1 h 00			E
14m	1 h 30			F
	2 h 15			H
	0 h 30			C
17m	1 h 30			E
	2 h 15			G
	0 h 30			J
20m	1 h 00			D
	1 h 45			G
	2 h 15			I
	0 h 35			L
	1 h 05			E
	1 h 30			
	2 h 15			
	0 h 30			

10/20 prof	19	17	15	124	106	93	81	68	57	47	38	29	23	17	11	7	4
02/04/06/08/10/12/14/16/18/20/22/24/26/28/30/32/34/36/38/40/42/44/46/48/50/52/54/56/58/60/62/64/66/68/70/72/74/76/78/80/82/84/86/88/90/92/94/96/98/100	23	20	19	81	79	70	62	52	44	37	30	23	18	13	9	6	3
10/20 prof	26	24	22	72	63	56	50	42	36	30	24	19	15	11	7	5	2
02/04/06/08/10/12/14/16/18/20/22/24/26/28/30/32/34/36/38/40/42/44/46/48/50/52/54/56/58/60/62/64/66/68/70/72/74/76/78/80/82/84/86/88/90/92/94/96/98/100	29	27	24	63	56	50	44	37	32	27	22	17	13	10	7	4	2
10/20 prof	30	29	27	56	50	45	40	34	29	24	20	15	12	9	7	4	2
02/04/06/08/10/12/14/16/18/20/22/24/26/28/30/32/34/36/38/40/42/44/46/48/50/52/54/56/58/60/62/64/66/68/70/72/74/76/78/80/82/84/86/88/90/92/94/96/98/100	33	30	27	49	43	39	34	29	25	21	17	13	11	8	5	3	2
10/20 prof	34	34	34	43	38	34	30	26	22	19	15	12	10	7	5	3	2
02/04/06/08/10/12/14/16/18/20/22/24/26/28/30/32/34/36/38/40/42/44/46/48/50/52/54/56/58/60/62/64/66/68/70/72/74/76/78/80/82/84/86/88/90/92/94/96/98/100	38	40	35	32	28	24	21	17	14	11	9	7	4	3	1		
10/20 prof	38	37	33	29	26	22	19	16	13	10	8	6	4	3	1		
02/04/06/08/10/12/14/16/18/20/22/24/26/28/30/32/34/36/38/40/42/44/46/48/50/52/54/56/58/60/62/64/66/68/70/72/74/76/78/80/82/84/86/88/90/92/94/96/98/100	40	33	30	27	24	20	18	15	12	10	8	6	4	2	1		

Exemple de tables NITROX



# Conclusion :

La plongée en altitude se pratique uniquement grâce à un encadrement et une formation spécialement élaborés pour ce genre de plongée sportive. Elle reste en général réservée aux plongeurs expérimentés qui possèdent une qualification adaptée à ce type de plongée technique.

# LA PRESSION ATMOSPHERIQUE

## Schéma des pressions en altitude :

Pression atmosphérique : diminue de 0,1 b par 1000 mètres franchis.

A 5000 m : la P. atm. est de  $1 \text{ b} - 0,5 = 0,5 \text{ b}$ .

A 4000 m : la P. atm. est de  $1 \text{ b} - 0,4 = 0,6 \text{ b}$ .

A 3000 m : la P. atm. est de  $1 \text{ b} - 0,3 = 0,7 \text{ b}$ .

A 2000 m : la P. atm. est de  $1 \text{ b} - 0,2 = 0,8 \text{ b}$ .

A 1000 m : la P. atm. est de  $1 \text{ b} - 0,1 = 0,9 \text{ b}$ .

Pression absolue :  
Elle représente la  
somme de la  
pression  
atmosphérique et  
de la pression  
hydrostatique ou  
relative.

La pression atmosphérique au niveau de la mer : 0 m = 1,013 bar (arrondi à 1 bar) ou à 760 mm

A - 10 m : 1 b de P. atm. + 1 b de P. rel. = 2 bs de P. absolue.

A - 20 m : 1 b de P. atm. + 2 b de P. rel. = 3 bs de P. absolue.

A - 30 m : 1 b de P. atm. + 3 b de P. rel. = 4 bs de P. absolue.

A - 40 m : 1 b de P. atm. + 4 b de P. rel. = 5 bs de P. absolue.

A - 50 m : 1 b de P. atm. + 5 b de P. rel. = 6 bs de P. absolue.

Pression relative : Augmente de 1b par 10 m d'eau franchis.

## LA PRESSION ATMOSPHERIQUE SUR LE SITE

Le schéma précédent nous montre que pour les plongées en altitude, la couche d'atmosphère est moins épaisse qu'au niveau de la mer. La pression atmosphérique est donc moins élevée qu'au niveau de la mer.

La pression atmosphérique peut être indiquée en hecto Pascal (h Pa) ou en millimètres de Mercure (mm Hg). Par exemple au niveau de la mer, elle est de 1013 h Pa, ce qui est équivalent à 1,013 bar (arrondi à 1 bar) ou à 760 mm Hg.

La pression atmosphérique d'un site en altitude peut être mesurée grâce à un baromètre ou simplifiée grâce au principe suivant: jusqu'à 5.000 mètres, la pression atmosphérique décroît de 0.1 Bar par 1.000 mètres franchis.

$$\text{Pression atmosphérique} = \frac{10.000 - \text{Altitude}}{10.000} \text{ Bar}$$

**1 BAR = 1 ATMOSPHERE = 760MM HG = 100000 PASCAL = 1KGF/CM2**

# SATURATION DES TISSUS



## Loi de Henry :

*<À température constante et à saturation, la quantité de gaz dissout dans un liquide est proportionnelle à la pression partielle qu'exerce ce gaz au-dessus du liquide. >*

A une même profondeur d'immersion qu'en mer, la pression absolue n'est pas la même qu'en altitude : les tissus ne seront pas saturés de la même façon.

Cela impose d'utiliser soit des tables établies pour l'altitude du lieu de plongée, soit les tables " mer " avec lesquelles on calculera des paramètres fictifs afin de la rendre compatible avec la pression atmosphérique au niveau du lac.



Le Mont JOLY, Alpes, France (2525m)

Les profondimètres sont étalonnés au niveau de la mer et leurs indications doivent être corrigées lors de l'utilisation. Les ordinateurs se règlent automatiquement : il est conseillé de lire la notice de ces appareils pour éviter une mauvaise planification de décompression. Quelques profondimètres à membrane ou à tube de bourdon ont un " 0 " réglable. Dans ce cas, il n'y a pas de correction à effectuer : on obtient la profondeur réelle par lecture directe.



Le lac de GERARDMER: d'une longueur de 2 200 mètres et d'une largeur de 750 mètres, le lac de Gérardmer, d'origine glaciaire, est le plus grand lac des Vosges, France.

# UTILISATION DES TABLES DE DECOMPRESSION

## Profondeur fictive :

Les tables de décompression sont en grande majorité conçues pour un retour en surface à une pression atmosphérique au niveau de la mer, entre 0 et plus ou moins 700 mètres.

Si la pression atmosphérique en surface est inférieure à celle du niveau de la mer, il faut adapter le protocole de décompression pour une plongée en toute sécurité.

L'utilisation des tables en altitude impose une profondeur fictive donnant le même rapport d'augmentation de la pression.

Exemple de tables  
niveau mer 0 à 700 m  
(US/NAVY)



# LE CALCUL



Il est nécessaire de calculer la profondeur fictive équivalente au niveau de la mer. C'est le rapport entre la profondeur réelle et la pression atmosphérique.

- La décompression devra être plus importante pour permettre aux différents compartiments d'atteindre des niveaux de tensions compatibles avec le retour en surface.

- La profondeur fictive est plus profonde que la profondeur réelle.

La profondeur des paliers sera plus proche de la surface.

- La vitesse de remontée sera plus lente par rapport à celle des tables utilisées.

On pourrait envisager une correction qui tient compte de la densité entre l'eau douce et l'eau de mer : ce facteur affecte très peu les calculs (plus ou moins 3% : nous n'en tiendrons donc pas compte).



**La densité de l'eau en plongée reste importante au niveau du plombage!!!**

# TABLEAU DE DECOMPRESSION



Exemple :	Pression atmosphérique.	Profondeur de la plongée.	Pression absolue.
Au niveau de la mer.	1bar.	40 mètres.	5 bars.
Au niveau d'un lac à 1000 m d'altitude.	0,9 bar.	40 mètres.	4,9 bars.
Au niveau d'un lac à 2000 m d'altitude.	0,8 bar.	40 mètres.	4,8 bars.
Au niveau d'un lac à 3000 m d'altitude.	0,7 bar.	40 mètres.	4,7 bars.
Au niveau d'un lac à 4000 m d'altitude.	0,6 bar.	40 mètres.	4,6 bars.
Au niveau d'un lac à 5000 m d'altitude.	0,5 bar.	40 mètres.	4,5 bars.

# Formule

Pour appliquer en pratique les tables de décompression niveau mer, on utilise la notion de profondeur fictive. La formule est définie de la manière suivante :

$$\text{Profondeur fictive} = \text{Profondeur réelle} \times \frac{\text{P. atm. mer (1013 mbar)}}{\text{P. atm. lac}}$$

## Exemple :



Pour une plongée à 2000 mètres d'altitude:

Profondeur.	Mer.	Lac à 2000 mètres d'altitude.
Surface.	1 bar.	0.8 bar.
-10 m.	2 bars.	1.8 bar.
- 20 m.	3 bars.	2.8 bars.
- 30 m.	4 bars.	3.8 bars.
- 40 m.	5 bars.	4.8 bars.
- 50 m.	6 bars.	5.8 bars.

Exemple:

Pour une plongée à -40m dans un lac à 2000m d'altitude,  $40 \times 1,013 / 0,8 = 50,65$ .

On considèrera une plongée équivalente en profondeur à -50 m dans les tables, ayant la même durée.

# Vitesse de remontée :

La vitesse de remontée doit également être adaptée :

Elle résulte du fait que l'on doit remonter de la profondeur réelle, comme si on remontait de la profondeur fictive.

La vitesse de remontée doit être plus lente et se définit de la manière suivante :

(Formule valable pour les tables US NAVY)

$$\text{Vitesse de remontée} = 10 \text{ mètres/minute} \times \frac{\text{P. atm. lac}}{\text{P. atm. mer (1013 mbar)}}$$

# VITESSE DE REMONTEE



Profondeur Mer.	Vitesse de remontée mer.	Altitude.	Vitesse de remontée d'altitude.
- 10 m.	10 mètres/minute.	1000 mètres.	$10 \times 0.9 / 1.013 = 9$ mètres/minute.
- 20 m.	10 mètres/minute.	2000 mètres.	$10 \times 0.8 / 1.013 = 8$ mètres/minute.
- 30 m.	10 mètres/minute.	3000 mètres.	$10 \times 0.7 / 1.013 = 7$ mètres/minute.
- 40 m.	10 mètres/minute.	4000 mètres.	$10 \times 0.6 / 1.013 = 6$ mètres/minute.
- 50 m.	10 mètres/minute.	5000 mètres.	$10 \times 0.5 / 1.013 = 5$ mètres/minute.

Exemple:

Pour une plongée à -40m dans un lac à 2000m d'altitude,  $10 \times 0,8 / 1,013 = 7.9$  : on considèrera que la vitesse de remontée est de 8 mètres / minute.

# Profondeur palier :



L'adaptation de la profondeur des paliers est indispensable afin de conserver le même gradient de pression, identique que celui des plongées en mer. Les paliers en altitude doivent être plus proches de la surface. La profondeur des paliers se définit de la manière suivante :

$$\text{Profondeur palier} = \text{Profondeur des paliers en mer} \times \frac{\text{P. atm. lac}}{\text{P. atm. mer (1013 mbar)}}$$



# PALIERS



Profondeur paliers mer : 12 mètres, 9 mètres, 6 mètres, 3 mètres. Palier de sécurité : 5 mètres.

Altitude.	Profondeur palier 12m.	Profondeur palier 9m.	Profondeur palier 6m.	Profondeur palier 3m.	Palier de sécurité 5m.
1000 mètres.	$12 \times 0.9 / 1.013$ = 11m.	$9 \times 0.9 / 1.013$ = 8m.	$6 \times 0.9 / 1.013$ = 5m.	$3 \times 0.9 / 1.013$ = 2.5m.	$5 \times 0.9 / 1.013$ = 4.5m.
2000 mètres.	$12 \times 0.8 / 1.013$ = 9m.	$9 \times 0.8 / 1.013$ = 7m.	$6 \times 0.8 / 1.013$ = 4.5m.	$3 \times 0.8 / 1.013$ = 2.3m.	$5 \times 0.8 / 1.013$ = 4m.
3000 mètres.	$12 \times 0.7 / 1.013$ = 8m.	$9 \times 0.7 / 1.013$ = 6m.	$6 \times 0.7 / 1.013$ = 4m.	$3 \times 0.7 / 1.013$ = 2m.	$5 \times 0.7 / 1.013$ = 3.5m.
4000 mètres.	$12 \times 0.6 / 1.013$ = 7m.	$9 \times 0.6 / 1.013$ = 5m.	$6 \times 0.6 / 1.013$ = 3.5m.	$3 \times 0.6 / 1.013$ = 1.7m.	$5 \times 0.6 / 1.013$ = 3m.
5000 mètres.	$12 \times 0.5 / 1.013$ = 6m.	$9 \times 0.5 / 1.013$ = 4.4m.	$6 \times 0.5 / 1.013$ = 3m.	$3 \times 0.5 / 1.013$ = 1.4m.	$5 \times 0.5 / 1.013$ = 2.5m.

Exemple:

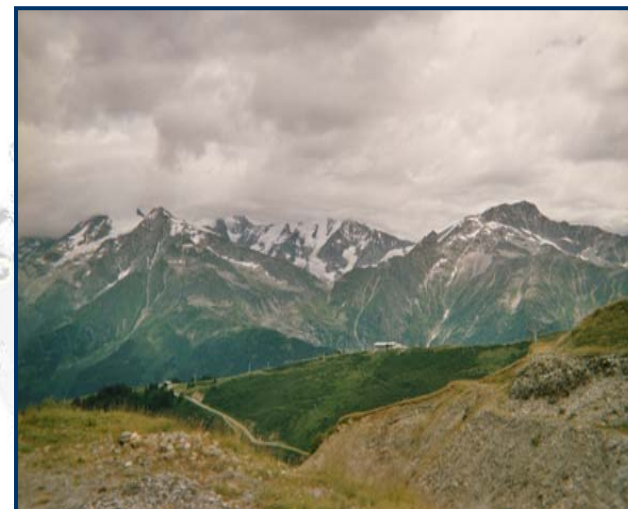
Pour une plongée à -40m dans un lac à 2000m d'altitude,  $3 \times 0,8 / 1,013 = 2.3m$  : cette profondeur est à respecter.

# Conclusion :

Il est à remarquer que plus la plongée se pratiquera à haute altitude, plus les paliers calculés s'effectueront à faible profondeur et se rapprocheront dangereusement de la surface.

Dans certains cas, les paliers devront s'effectuer à **1,70 mètre** et **1.40 mètre**.

Il est impératif de maintenir cette profondeur durant le temps imposé par les tables.



Vue du Mont Joly, France

## Exemple de paliers :

Pour une plongée sur un site à 4000 mètres d'altitude, une profondeur fictive de 40 mètres pendant 25 minutes : il y a un palier de 2 minutes à 3.5 mètres et un autre de 14 minutes à 1.7 mètres.

**Il est impératif de bien maintenir son équilibre lors des paliers car on risque une interruption de paliers à tout moment!**

# COEFFICIENT



Il existe une deuxième méthode plus précise qui consiste à calculer un coefficient:

Le coefficient se calcule de manière suivante, en utilisant la formule ci-dessous:

$$\text{Coefficient} = 10.000 / (10.000 - \text{Altitude} ).$$

On peut déterminer le coefficient à l'aide de la pression atmosphérique mesurée à l'altitude de la plongée ce qui est plus précis .

$$(\text{Coefficient} = 1013 / P.\text{atm.}).$$

(Valable avec les tables US NAVY)

# Formule de planification:

$$\begin{aligned} PF &= PR \times \text{Coefficient.} \\ VR &= 10 / \text{Coefficient.} \\ P.\text{pal} &= P.\text{tab} / \text{Coefficient.} \end{aligned}$$

PF : Profondeur fictive en mètre.

PR : Profondeur réelle de plongée.

VR : vitesse de remontée.

P.pal : Profondeur de palier à respecter lors de la plongée en altitude.

P.tab : Profondeur de palier donnée dans les tables.

P.atm : Pression atmosphérique mesurée à l'altitude de plongée en millibar.

# Exemple:

Pour une plongée à 2000 mètres d'altitude à une profondeur de 30 mètres avec un temps de 20 minutes.

- Coefficient:  $1.013 / 0.8 = 1.26$ .
- Profondeur fictive:  $30 \times 1.26 = 37.8$  soit 38 mètres.
- Vitesse de remontée:  $10 / 1.26 = 7.9$ .
- Profondeur de palier:  $3 / 1.26 = 2.38$  soit 2.4 mètres.
- Palier: 4 minutes à 2.4 mètres.
- Indice: H.

# REGLES SPECIFIQUE D'ADAPTATION

Nous venons de voir que les règles d'adaptation avec coefficient, ne sont valables que s'il y a une acclimatation d'au moins 12 heures à l'altitude de la plongée.

S'il n'est pas possible de respecter cette période, il faut envisager la première plongée en altitude comme une plongée successive.

- Il existe une méthode de calcul qui permet aux plongeurs de ne pas attendre ce temps d'adaptation.



Petit déjeuner à 2756 m, Alpes, France

# ADAPTATION



Nous devons donc calculer la planification de décompression de la plongée, **comme celle d'une plongée successive**, car nous sommes en sur-saturation: (la pression au-dessus du liquide est moins forte que la tension.)

Pour un temps d'adaptation inférieur à 12 heures sur le site, la planification de la décompression doit se calculer de la manière suivante.

- Calcul de la majoration: elle est calculée en fonction de la profondeur **réelle**.
- Indice de départ: 1 symbole par tranche de 400 m.
- Intervalle: le temps passé en altitude du site avant la mise à l'eau.
- Entrée dans les tables unitaires à la profondeur **fictive**.



# Exemple:

En reprenant l'exemple de la planification précédent au lieu d'attendre 12 heures, nous décidons de plonger après un délai de 4 heures. Quelle sera la majoration à adopter dans les calculs?

(Pour une plongée à 2000 mètres d'altitude à une profondeur de 30 mètres avec un temps de 20 minutes.)

- Indice de départ:  $2000 / 400 = 5$  soit indice E.
- Intervalle: 4 heures.
- Entrée dans les tables unitaires à la profondeur fictive: 38 m.

# Planification de moins de 12 heures:



Le tableau ci-contre nous indique que pour une altitude de 2000 mètres, le groupe de saturation à considérer est E. En utilisant le tableau des successives au bout de 4 heures, l'indice de saturation se réduit à B, ce qui donne une majoration de 6 minutes à 38m, soit un temps table de 26 minutes (prendre 30 minutes) ce qui donne:

Altitude	Indice
1000 m	B
2000 m	E
3000 m	G
4000 m	I
5000 m	L

- Coefficient:  $1.013 / 0.8 = 1.26$ .
- Profondeur fictive:  $30 \times 1.26 = 37.8$  soit 38 mètres.
- Vitesse de remontée:  $10 / 1.26 = 7.9$ .
- Profondeur de paliers:  $6 / 1.26 = 4.76$  soit 4.8 m et  $3 / 1.26 = 2.38$  soit 2.4 m.
- Paliers: 3 minutes à 4.8 mètres et 18 minutes à 2.4 mètres.
- Indice: M.

# Les plongées dans la courbe



## de sécurité sont recommandées :

Car: les conditions de décompression sont exigeantes voir risquées.

**Eau froide :** (Rentrer le temps supérieur en cas de froid durant la plongée).

**Vitesse de remontée lente :** (Elle reste toujours le premier palier).

**Paliers à faible profondeur :** (Risque d'interruption de paliers).

**Temps d'adaptation à l'altitude :** (Plongée à saturation, les tissus du plongeur doivent être équilibrés).

**Procédures de décompression :** (Calculs de profondeur, vitesse de remontée et paliers fictifs).

# Bonne préparation des plongées



Car: elle exige du plongeur une bonne maîtrise, calme, bonne condition physique, expérience.

- Equipement technique et spécifique** : (Plongée en volume constant).
- Evacuation vers un centre hospitalier** : (Chemin difficile d'accès, temps très long).
- Pression atmosphérique** : (Adaptation de l'organisme du plongeur, moins d'oxygène).
- Organisation, matériels importants**: (Transport adéquat, matériels de survie et de sécurité importants).

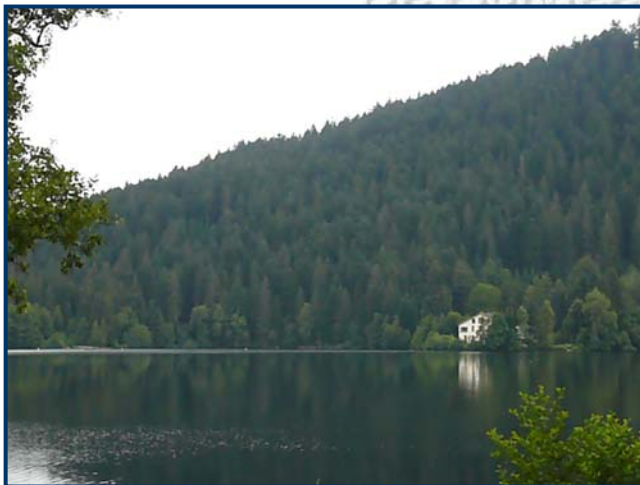
# TABLE DE PLONGEE EN ALTITUDE



## Utilisation :

Il existe des tables spécifiquement conçues pour les plongées en altitude et qui sont bien sûr, recommandées.

Elles permettent une planification sécurisante et plus rapide. Leur utilisation est identique aux tables de décompression niveau mer.



Le lac de GERARDMER, d'une profondeur de 40 mètres, à 660 mètres d'altitude, France.

# Exemple :

## TABLE DE BUEHLMANN 1986 : 701m à 2500m.

Voici un exemple fragmenté des tables de plongée en altitude pour des plongées entre 701 et 2500 mètres. L'utilisation de ces tables est simple :

(suivre les flèches rouges).

Profondeur 15 mètres, temps tables 80 minutes, 10 minutes de palier à 2 mètres et indice de saturation (G).

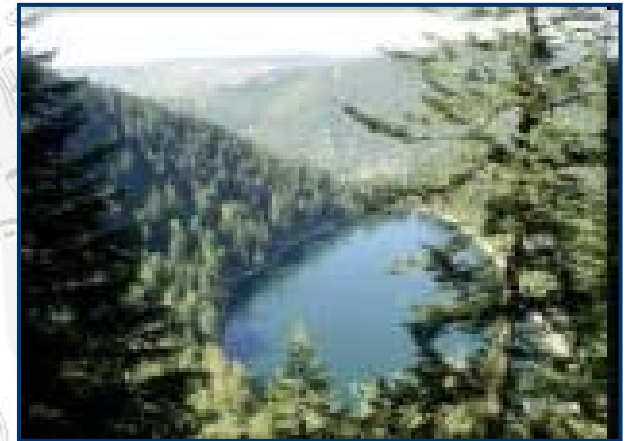
Depth m	Time min	Paliers					RG
		12m	9m	6m	4m	2m	
9	238					1	G
12	99					1	G
	110					4	G
	120					8	G
15	62					2	F
	70					4	G
	80					10	G
	90					15	G
18	40					1	F
	50					4	F
	60					11	G
	70					19	G
	80				4	23	H
	90				8	25	H

# CONCLUSION

Si la profondeur et le temps ne sont pas inscrits sur les tables, on prend également la profondeur et le temps directement supérieurs.

Les protocoles d'adaptations aux conditions de plongée sont également indiqués et doivent être respectés également.

Exemple : (vitesse de remontée, interruption de paliers, etc.).



Lac des Corbeaux, longueur 600 m, largeur 200 m, profondeur moyenne 23 m, altitude 900 m, France.

# ORDINATEUR

## Fonctionnement :

En altitude, une plongée effectuée à une profondeur identique en altitude ou en mer, aura un rapport différent entre la pression atmosphérique et la pression absolue. Certains ordinateurs calculent instantanément les modifications à apporter.





# Comparaisons avec les tables:



Tout comme les plongées en mer, l'ordinateur de plongée permet d'optimiser son temps de plongée en calculant automatiquement la décompression à réaliser par le plongeur, et ce, contrairement aux tables qui proposent principalement des protocoles de décompression pour des plongées **CAREES**.

En effet, les tables ne considèrent que le moment où le plongeur a entamé sa descente et le moment où il va entamer sa remontée, en respectant la vitesse de remontée prescrite.

# Fonctionnement:

L'ordinateur de plongée va découper la plongée en tranches de temps et, pour chacune des tranches, calculer la saturation des tissus en azote.

Aussi, il calcule en permanence la décompression effectuée par le plongeur, et ce, en fonction de son modèle ainsi que des facteurs extérieurs.

# Exemples:



- Température de l'eau.
- Mélange respiré.
- Essoufflement du plongeur (pour les ordinateurs à gestion d'air).
- Autonomie d'air (consommation).
- Altitude (cas de la plongée en montagne, par exemple).
- Densité du milieu (eau douce ou eau de mer).
- Mesurer la vitesse de remontée et d'alerter le plongeur en cas de remontée trop rapide
- Indiquer le temps de plongée restant avant d'avoir besoin d'effectuer des paliers de décompression.
- Indiquer la profondeur des paliers.
- Indiquer le dépassement de la profondeur du palier.
- Alerter sur l'usage de procédures de remontées non conformes au modèle de décompression prévu par l'ordinateur.
- Télécharger les données de la plongée sur son ordinateur de bureau.

# Utilisation :



L'ordinateur de plongée se base sur des protocoles standards de décompression et des études statistiques. Selon le profil physique des plongeurs et les caractéristiques de la plongée, il peut être important de sélectionner un profil de pénalisation pour éviter tout accident.

- **Un paramétrage manuel** : de l'altitude, par plage d'utilisation, variable selon les modèles.

Avantage : on peut « durcir » volontairement les procédures de décompression en indiquant une plage d'altitude supérieure à l'altitude réelle, (par exemple en cas de fatigue).

- **Un ajustement automatique** : en fonction de la pression ambiante, toute montée en altitude demande un temps d'adaptation de 12 à 24 heures afin d'éliminer l'azote en excès résultant de la baisse de pression atmosphérique.

- **Les ordinateurs à ajustement** : ils calculent automatiquement ce temps d'adaptation et considèrent que toute plongée dans l'intervalle est une plongée successive.

- **Les ordinateurs à réglage manuel** : ils ne possèdent pas cette possibilité, et donc, dans ce cas, prévoir soi-même cette période d'adaptation avant toute plongée.

# LA PLONGEE NITROX EN ALTITUDE

Les plongées en altitude impliquent une décompression plus risquée. Aussi, le Nitrox permettra de réduire les risques d'accidents de décompression et rendra la plongée plus sûre.

## Utilisation du Nitrox en altitude :

Tout comme les plongées à l'air, il suffit d'appliquer les mêmes principes de calcul, de planification et de décompression.  
(●Profondeur fictive. ●Vitesse de remontée. ●Paliers).

Adaptation au Nitrox 36% : La profondeur fictive à la profondeur équivalente.

Profondeur fictive = Profondeur réelle  $\times$  P. atm. mer (1013 mbar) / P. atm. lac

Profondeur équivalente =  $0.64 \times$  profondeur + 10 / 0.79 - 10 = profondeur en mètres

## Exemple:

Pour une plongée à -40m dans un lac à 2000m d'altitude:  
 $40 \times 1,013 / 0,8 = 50,65 :$

On considèrera une plongée équivalente de profondeur de -50 m dans les tables ayant la même durée.

Pour une profondeur fictive de 50 mètres :

La profondeur équivalente est de  $0.64 \times (50+10) / 0.79 - 10 = 38.6$  donc **39 mètres**. L'adaptation avec du Nitrox 32%, aurait donné 41.6 donc **42 mètres**.

**On remarque que le Nitrox 36% nous donne une profondeur inférieure, à la profondeur atteinte.**

# Planification d'une plongée Nitrox en altitude:(Table US NAVY).

Planification de deux plongées pour un mélange 32% : à - 35 mètres pendant 25 minutes après un intervalle de 4 heures, deuxième plongée -30 mètres pendant 25 minutes, dans le lac Titicaca situé à 3810 mètres d'altitude.

(Heure de mise à l'eau de la première plongée 12 heures après un séjour sur place.).



Si les conditions météorologiques le permettent, un campement adéquat, le panorama et un bon repas vous feront passer un agréable moment.

Massif du Mont Blanc, France

# CALCULS



(Planification des deux mêmes plongées pour un mélange 36%)

**1) Calcul de la profondeur fictive, de la vitesse de remontée et de la profondeur des paliers :**

- Profondeur fictive de la 1ère plongée :  $35 \times 1.013 / 0.79 = 44.87$  soit 44.9 mètres.
- Profondeur fictive de la 2ème plongée :  $30 \times 1.013 / 0.79 = 38.46$  soit 38.5 mètres.
- Profondeur du palier à 3m :  $3 \times 0.79 / 1.013 = 2.3$  mètres.
- Profondeur du palier à 6m :  $6 \times 0.79 / 1.013 = 4.6$  mètres.
- Profondeur du palier à 9m :  $9 \times 0.79 / 1.013 = 7$  mètres.
- Vitesse de remontée :  $10 \times 0.79 / 1.013 = 7.7$  mètres/minute.

**2) Calcul de la profondeur équivalente de la 1ère plongée Nitrox 32% et 36%:**

- Profondeur équivalente 32% :  $0.68 \times 54.9 / 0.79 - 10 = 37.25$  soit 37.3 mètres.
- Profondeur équivalente 36% :  $0.64 \times 54.9 / 0.79 - 10 = 34.47$  soit 34.5 mètres.

**3) Calcul de la profondeur équivalente de la 2ème plongée Nitrox 32% et 36%:**

- Profondeur équivalente 32% :  $0.68 \times 48.5 / 0.79 - 10 = 31.7$  mètres.
- Profondeur équivalente 36% :  $0.64 \times 48.5 / 0.79 - 10 = 29.29$  soit 29.3 mètres.



#### 4) Planification de la première plongée, Nitrox 32% et 36% :

- 32% : Profondeur 37.3 : Entrer dans la table à la profondeur de 39m, pour un temps de 25 minutes, palier 10 minutes à 2.3m. Indice J.

-36% : Profondeur 34.5 : Entrer dans la table à la profondeur de 36m, pour un temps de 25 minutes, palier 6 minutes à 2.3m. Indice I.

#### 5) Calcul des pénalités, Nitrox 32% et 36% :

- 32% : Indice J. Après 4 heures d'intervalle, nouvel indice D, pour 31.7m soit 33 mètres = 13 minutes de pénalité.

-36% : Indice I. Après 4 heures d'intervalle, nouvel indice C, pour 29.3m soit 30 mètres = 10 minutes de pénalité.

#### 6) Calcul de la deuxième plongée, Nitrox 32% et 36% :

-32% : 25 minutes + 13 minutes de pénalité = 38 minutes, entrer dans la table à la profondeur de 33m, pour un temps de 38 minutes, soit 40 minutes, paliers 2 minutes à 4.6m et 21 minutes à 2.3m. Indice L.

-36% : 25 minutes + 10 minutes de pénalité = 35 minutes, entrer dans la table à la profondeur de 30m, pour un temps de 35 minutes soit 40 minutes, palier 15 minutes à 2.3m. Indice K.

Aussi, si vous utilisez des tables Nitrox déjà planifiées pour les plongées en altitude ou un ordinateur avec ajustement automatique, il est inutile de faire ce genre de calculs, mais vos plongées devront obligatoirement être tout de même planifiées.

Dernière recommandation en altitude : il est fortement conseillé d'éviter les plongées successives.



Photos (France et Espagne) de  
STEPHANIE MOINS, présidente de  
l'AMPHIPRION (asbl Durbuy).

Cours de THIERRY FECHIR chef d'école  
de l'AMPHIPRION (asbl Durbuy).