



# NITROX



## Plongée en altitude

N3

Jean MARCILLY

# PLAN

## Nitrox

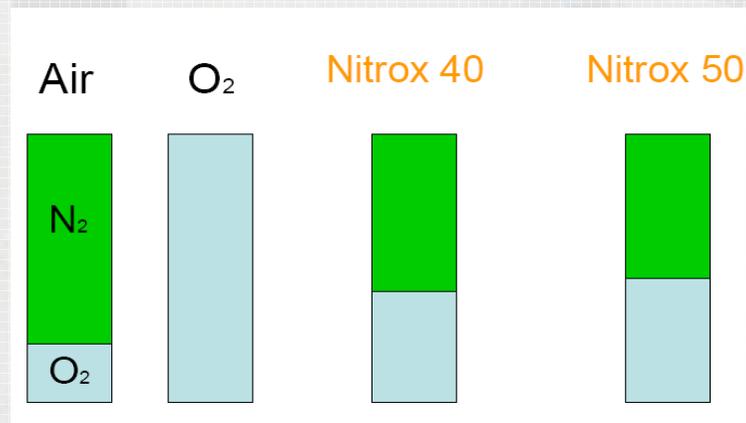
- Qu'est-ce que le nitrox ?
- Plus d'oxygène : accidents et profondeur maximale
- Moins d'Azote : influence sur la plongée
- Le matériel
- En conclusion : pourquoi plonger au Nitrox ?

## Plongée en altitude

- Pourquoi une plongée en altitude est différente ?
- Utilisation d'un ordinateur
- Recommandations

# Qu'est-ce que le Nitrox ?

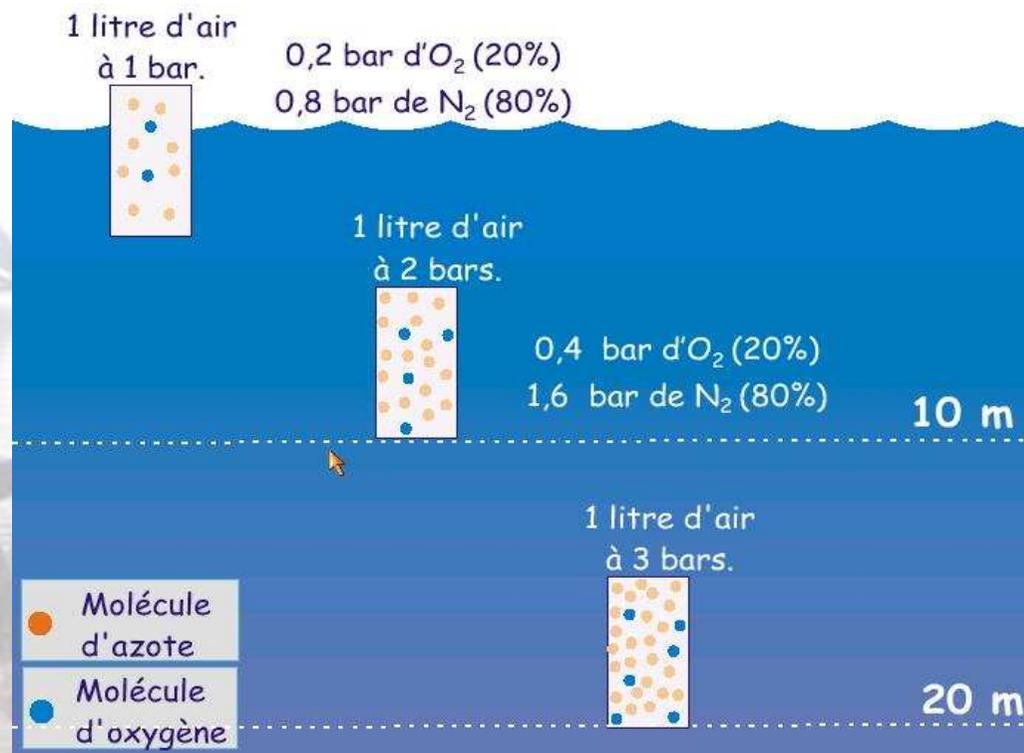
- Mélange d'oxygène et d'azote dont le pourcentage en  $O_2$  est supérieur à celui de l'air
  - Rappel Air : 21 %  $O_2$  et 79%  $N_2$
  - NITROX : NITROgen + OXYgen (USA)
  - NITROX également appelé EAN (Enriched Air Nitrox)
- Caractéristique d'un mélange Nitrox
  - NITROX 40/60 → 40%  $O_2$  et 60%  $N_2$
  - NITROX 32/68 → 32%  $O_2$  et 68%  $N_2$Appelé également NITROX 40 et NITROX 32



A photograph of a diver in a black wetsuit swimming horizontally in the water. The background shows a calm body of water and distant, hazy mountains. A semi-transparent green rectangular box is centered over the image, containing yellow text. In the foreground, the lower legs and feet of several other divers are visible, standing on a pebbly beach. One diver in the immediate foreground has a yellow and green scuba tank.

Plus d'oxygène : accidents et profondeur maximale

# Rappel notion pression partielle (Dalton)

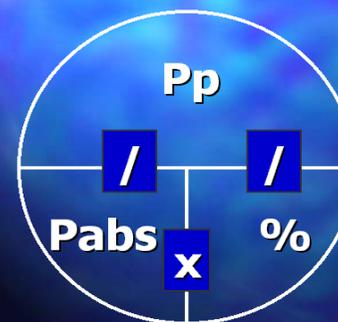


$$P_p = P_a \times \% \text{gaz}$$

$P_a$  : Pression absolue

$\% \text{gaz}$  : fraction en pourcentage du gaz présent dans le mélange

## Loi de DALTON :



### Mode d'emploi:

On utilise « x ou / »

- Si on cherche la  $P_p$ , on multiplie  $P_{abs}$  par %
- Si on cherche  $P_{abs}$ , on divise  $P_p$  par %
- Si on cherche %, on divise  $P_p$  par  $P_{abs}$

# L'accident des mélanges sur-oxygénés : l'HYPEROXIE

- Intoxication liée à une pression partielle d'oxygène trop élevé. Impact sur le système nerveux.
- Lorsque la  $PpO_2$  est supérieure à 1,6 b → **Profondeur maximale à ne pas dépasser**
- cette intoxication peut générer des troubles du comportement, de la vision qui peuvent ensuite rapidement se transformer par une crise tonique puis en convulsion et noyade
  - **Signes avant cureur** : nausée, contraction muscles faciaux
- **Conduite à tenir**
  - Dans l'eau
    - Porter assistance, tenir l'embout en bouche et remonter immédiatement
    - Vérifier que l'accidenté ne bloque pas sa respiration en remontant (phase tonique)
    - Respecter la procédure de décompression
    - Tenir l'embout au palier et à la surface
  - A la surface
    - Enlever la combinaison et mettre des vêtements secs
    - Allonger l'accidenté et lui mettre une couverture, il va dormir
    - Alerter un médecin

# L'HYPEROXIE : prévention

## NITROX

- Pourquoi plonger au Nitrox ?
- Réglementation
- **Plus d'oxygène: accidents et profondeur maximale**
- Moins d'Azote : influence sur la plongée
- Tables et ordinateurs
- Courbes de sécurité
- Le matériel et procédure de contrôle O<sub>2</sub>

- Ne pas plonger fatigué
- Dès les premiers symptômes (pas toujours détectés), remonter
- Savoir s'équilibrer, surveiller ses équipiers
- Surveiller sa profondeur, pour plus de sécurité plonger sur un fond correspondant au seuil de toxicité (prendre une marge).
- Maîtriser la ventilation, l'essoufflement est un facteur favorisant
- Vérifier le % O<sub>2</sub> du bloc (consigne en formation Nitrox)
- Etre attentif au comportement de ses équipiers.

# Profondeur maximale ou plancher

Prof /pression	Pp O2 Air	PP O2 Nitrox 40/60
0m 1 b	0,2b	0,4 b
10 m 2 b	2bx0,2=0,4 b	2bx0,4 = 0,8 b
20m 3 b	0,6 b	1,2 b
Pa ? et Prof? ←		1,6 b
Pa = 1,6/0,2 = 8 b → 70m (plongée air limitée à 60m)		1,6 b

- la PpO<sub>2</sub> doit être inférieure à 1,6b

$$PpO_2 = Pa \times \%O_2$$

$$1,6 = Pa \times 0,4$$

$$Pa = 1,6 / 0,4$$

$$Pa = 4 \text{ b}$$

Profondeur plancher = 30 m

Avec un mélange 40/60 il ne faut pas dépasser 30 m.

**MOD (Maximum Operating Dive) = Profondeur plancher = profondeur maximale=PMU (Profondeur Maximale d'Utilisation)**

# Calcul profondeur maximale

$$\text{Pression absolue max} = \frac{1,6}{\% O_2}$$

Seuil de toxicité  
de l'O<sub>2</sub>

% O<sub>2</sub> du  
mélange

$$\text{Profondeur max} = (\text{Pa max} - 1) \times 10$$

## ■ Exemple

- Nitrox 38 et seuil de toxicité de 1,6b  
Pa max = 1,6 b / 0,38 = 4,21 b  
Prof max = (4,21-1) x 10 = 32,1m  
Profondeur max retenue : **32m**

**Toujours retenir  
la profondeur  
entière la plus  
petite (sens de la  
sécurité)**

**Il est recommandé de ne pas séjourner à la profondeur plancher et  
d'évoluer à des profondeurs supérieures**

# Moins d'azote : influence sur la plongée



# Profondeur équivalente à l'air

## Plongée au NITROX 40 à 20 m

Profondeur /pression	Pp N2 Nitrox 40/60	Air : Pp N2
0m 1 b	0,6 b	0,8 b
10 m 2 b	2bx0,6= 1,2 b	2bx0,8=1,6 b
<b>PEA PAE</b>		1,8 b
20m 3 b	3bx0,6 = 1,8 b	2,4 b
	Pp N <sub>2</sub> = Pa x 0,6	Pp N <sub>2</sub> = Pa x 0,8

$$PAE \times 0,8 = 3b \times 0,6 \rightarrow PAE = 1,8/0,8 = 2,25 b$$

Soit une PEA de 13m

Plonger à 20 m avec un mélange 40/60 est équivalent, pour la décompression, à plonger à 13 m avec de l'air

- Les tables MN90 sont basées sur la Pp du N<sub>2</sub> inspiré avec 79% de N<sub>2</sub>

$$PAE = \frac{Pa \times \% N_2}{0,79}$$

- De la PAE est déduite la PEA  
PEA=(PAE-1)x10
- La PEA est toujours inférieure à la profondeur réelle → durée sans palier plus longue (Courbes de sécurité), temps de palier plus court.

PAE : Pression Absolue Equivalente

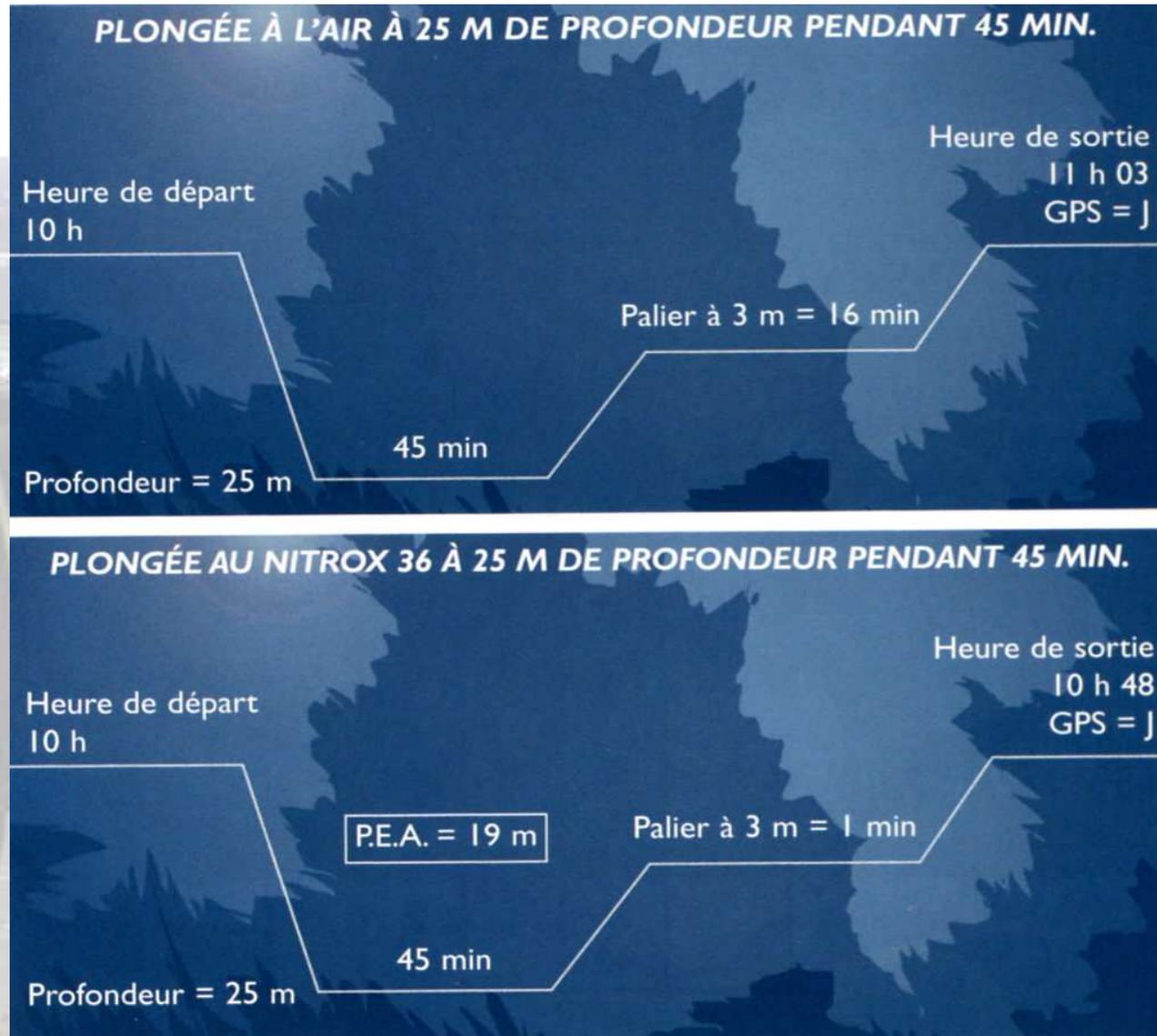
PEA : Profondeur Equivalente à l'Air

# TABLE DES PEA

TABLE DES PROFONDEURS EQUIVALENTES A L'AIR (de 21% à 40% d'O<sub>2</sub>)

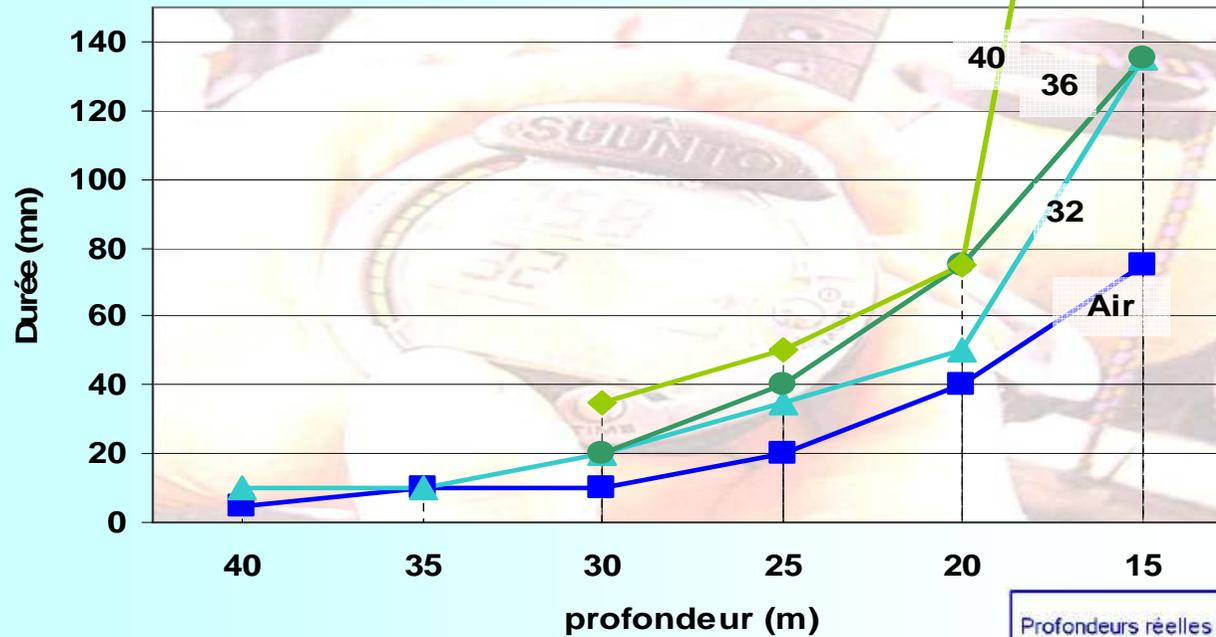
% O <sub>2</sub> dans nitrox	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40
prof (en m)																			
10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6
11	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7	6
12	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	7	7
13	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	9	9	8	8
14	14	14	14	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	9
15	15	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	12	11	11	11	10	10	10	9
16	16	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	12	11	11	11	10
17	17	17	16	16	16	15	15	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	11	11
18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13	12	12	12
19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13	13
20	20	20	19	19	19	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	14	14	14	13
21	21	21	20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15	15	14	14
22	22	22	21	21	20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15	15
23	23	23	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16
24	24	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16
25	25	25	24	24	23	23	22	22	22	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17
26	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18
27	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20	20	20	19	19
28	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20	20	19
29	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20
30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21
31	31	30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	21
32	32	31	31	30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	23	22	21
33	33	32	32	31	31	30	30	29	29	28	28	27	26	26	25	25	24	23	22
34	34	33	33	32	32	31	31	30	29	29	28	28	27	26	26	25	24	23	22
35	35	34	34	33	33	32	32	31	30	30	29	29	28	28	27	26	25	24	23
36	36	35	35	34	34	33	32	32	31	31	30	30	29	28	28	27	26	25	24
37	37	36	36	35	35	34	33	33	32	32	31	30	30	29	28	27	26	25	24
38	38	37	37	36	35	35	34	34	33	32	32	31	30	29	28	27	26	25	24
39	39	38	38	37	36	36	35	35	34	33	33	32	31	30	29	28	27	26	25
40	40	39	39	38	37	37	36	35	35	34	34	33	32	31	30	29	28	27	26

# Comparatif plongée air et Nitrox (Tables MN90)



# Courbes de sécurité (MN90)

Courbes de sécurité



Profondeurs réelles	Air	Nitrox 32	Nitrox 36	Nitrox 40
15	75'	135'	135'	illimité
20	40'	50'	75'	75'
25	20'	35'	40'	50'
30	10'	20'	20'	35'
35	10'	10'	<b>Danger</b>	
40	5'	10'		



# Matériel



# Compatibilité du matériel



- Le matériel doit être compatible  $O_2$  pour pour les mélanges supérieurs à 40% (pour le moment !) et selon le procédé de fabrication
  - Bouteille
  - Robinet avec joint spécifique  $O_2$
  - Détendeur → filetage DIN spécifique. Ne pas utiliser sur une bouteille air
  - Manomètre
- Ce type, de matériel doit pouvoir se distinguer (vert, jaune)
- N'utiliser avec ce matériel qu'une graisse spéciale  $O_2$
- Si en contact avec un corps gras ou graisse non prévue → faire dégraisser par un professionnel

A photograph of a diver in a black wetsuit swimming in the water. The diver is positioned in the upper right quadrant of the frame. The background shows a calm body of water and distant, hazy mountains. A large, semi-transparent green rectangular box is centered over the middle of the image, containing the text 'Pourquoi plonger au Nitrox ?' in a yellow, sans-serif font. In the lower foreground, the legs and feet of several other divers are visible, standing on a pebbly beach. One diver in the immediate foreground has a yellow and green scuba tank on their back.

Pourquoi plonger au Nitrox ?

# Avantage et inconvénients

## Avantages

### La quantité d'azote dissoute est diminuée

- Minimise la saturation en azote à même profondeur et durée qu'à l'air
- Diminution temps de palier et amélioration de la décompression
- Intérêt à long terme pour les encadrants qui multiplient les plongées à risque (yoyo, ...)
- Diminution intervalle de surface entre deux plongées, attente avant de prendre l'avion
- Optimisation de la sécurité en utilisant des procédures Air pour la déco
- Meilleure clarté d'esprit en profondeur (Narcose)
- Diminution légère de la consommation
- Diminution de la fatigue après la plongée
- Nécessité de planifier la plongée
- Moins de risque de givrage car air mieux filtré
- Elargissement des connaissances

## Inconvénients

### Utilisation de l'oxygène à une Pression plus élevée

- Respiration d'oxygène à une pression partielle plus élevée augmentant le risque liés à la toxicité de ce gaz
- Notion de profondeur max, limitation du rayon d'action en profondeur, discipline absolue.
- Utilisation d'un matériel spécifique dans certain cas (voir matériel)
- Fabrication des mélanges plus complexe
- Coûts plus importants (en fonction du % d'O<sub>2</sub>)



# Plongée en altitude

# Notion d'altitude : la pression atmosphérique diminue avec l'altitude

- La pression atmosphérique diminue avec l'altitude (le poids de l'air diminue)
- Ordre de grandeur : diminution de 0,1 b tous les 1000 m (estimation valable jusqu'à 5000 m)
  - Par exemple à 2000m la Pression atmosphérique sera de 0,8b
  - En immersion à 10m dans un lac à 2000 m d'altitude la Pa sera de 1,8b (1+0,8) au lieu de 2b au niveau de la mer
- Il y a une différence de Pression absolue, pour une immersion à une même profondeur, entre celle au niveau de la mer et celle en altitude
  - ⇒ modifications dans le calcul des procédures de décompression (ordinateurs, tables)
- Plongée en altitude, généralement à partir de 300m

# Pourquoi une plongée en altitude est différente?

Exemple pour une plongée dans un lac à 2000m

Prof réelle (m)	Pa (b) mer	Pa (b) alti	Prof fictive	Prof réelle / Prof fict
0	1,0	0,8	0,0	
1	1,1	0,9	1,3	0,8
2	1,2	1,0	2,5	0,8
3	1,3	1,1	3,8	0,8
4	1,4	1,2	5,0	0,8
5	1,5	1,3	6,3	0,8
6	1,6	1,4	7,5	0,8
7	1,7	1,5	8,8	0,8
8	1,8	1,6	10,0	0,8
9	1,9	1,7	11,3	0,8
10	2,0	1,8	12,5	0,8
11	2,1	1,9	13,8	0,8
12	2,2	2,0	15,0	0,8
13	2,3	2,1	16,3	0,8
14	2,4	2,2	17,5	0,8
15	2,5	2,3	18,8	0,8
16,0	2,6	2,4	20,0	0,8
17	2,7	2,5	21,3	0,8
18	2,8	2,6	22,5	0,8
19	2,9	2,7	23,8	0,8
20	3,0	2,8	25,0	0,8
21	3,1	2,9	26,3	0,8

- En altitude ( $P_{atmo} = 0,8b$ ) la  $P_a$  est multiplié par 3 à 16m au lieu de 20m en mer
- Plongée à 16 m dans un lac à 2000m d'altitude c'est l'équivalent d'une plongée à 20m en mer
  - 20m est appelé **profondeur fictive**
  - $P_{atmo\ lac} / P_{atmo\ mer} = 0,8 / 1 = 0,8$
  - $Prof\ lac / prof\ fictive : 16 / 20 = 0,8$

$$\frac{Prof.réelle}{Prof.fictive} = \frac{Patmo.altitude}{Patmo.mer}$$

- La profondeur fictive permet d'utiliser les tables air qui sont initialement calculées pour le niveau de la mer
- A paramètres équivalents il est donc **plus pénalisant de plonger en altitude**, cela revient à plonger plus profond et avec des rapports de pressions ( $P_a / P_{atmo}$ ) qui diminuent plus rapidement en remontant

# Dans la pratique : utilisation des ordinateurs

- Les profondimètres digitaux et les ordinateurs affichent la profondeur réelle

## 2 types de fonctionnement

### ▪ Réglage Automatique

- L'ordinateur se règle automatiquement et mesure en surface la pression atmosphérique.
- Temps adaptation : l'ordinateur est en veille constante et prend en compte le taux d'azote au moment de la plongée. Il intègre cette durée d'adaptation et considère comme une plongée successive..

### ▪ Réglage manuel

- L'ordinateur nécessite de paramétrer l'altitude : plusieurs seuils du type 0-300m, 300-1500m, 700-3000m avec un temps d'adaptation d'au moins 3h (selon ordi)

- **Palier** : L'ordinateur proposera des paliers plus longs Pour certains modèles le palier de 3m peut être divisé en un palier à 4m et un autre à 2m

**Il est impératif de consulter le manuel d'utilisation de l'ordinateur avant toute plongée en altitude**

# Recommandations

- Une plongée en altitude augmente les risques car le rapport de la pression pour une profondeur donnée et celle en surface est plus importante en altitude qu'au niveau de la mer.
  - En mer lorsqu'on passe de 10 m à la surface la pression est divisée par 2.
  - En altitude si la  $P_{atmo} = 0,8$  b de 10m à la surface la pression est divisée par 2,25.
  - **IL faut donc être encore plus prudent.**
- L'approche de la surface est donc plus délicate (remontée lente et maîtrisée) et la tenue des paliers doit être plus précise.
- Attention au temps d'adaptation à l'altitude
- Si plongée avec des tables : faire une formation spécifique (impact sur profondeur des paliers, vitesse de remontée, ...)



**MERCI**