



La Plongée au NITROX > 40%

NITROX CONFIRMÉ

A partir du N2

Qualification de Plongeur NITROX CONFIRME

Ce n'est pas un brevet

- Formation sous la responsabilité d'un **Moniteur NITROX Confirmé FFESSM**
Dans le cadre d'un stage ponctuel en milieu naturel
- Conditions de candidature
 - Être titulaire de la licence FFESSM en cours de validité
 - Être **Niveau 2 + NITROX** et âgé d'au moins 16 ans à la date de délivrance
 - Un minimum de **10 plongées à l'air dans la zone des 30-40 mètres** attestées sur le carnet de plongée
 - Un minimum de **6 plongées NITROX**, dont 4 au moins pendant la formation (attestées par un moniteur NITROX FFESSM)
 - Certificat médical de non contre-indication
- Prérogatives
 - Les plongeurs titulaires de la qualification de Plongeur NITROX CONFIRME pourront utiliser tous les mélange NITROX ainsi que l'oxygène pur en décompression
 - Les plongeurs NITROX CONFIRME ont les mêmes prérogatives que les plongeurs à l'air, définies par le Code du Sport



La toxicité de l'oxygène (Effet Paul BERT)

- La crise **Hyperoxique** (ressemble à une crise d'épilepsie) survient brutalement lorsque l'on dépasse 1,6 bar de PpO₂
 - Les facteurs de risque sont :
 - L'effort
 - L'essoufflement (l'hypercapnie ; CO₂ dans le sang qui augmente)
 - L'anxiété
 - La fatigue
 - L'eau très froide (9°C) ou très chaude (29°C)
 - Le **Système Nerveux Central** est touché
 - Les symptômes (avec de la chance) :
 - Accélération du rythme cardiaque et respiratoire sans effort particulier
 - Sensation de malaise générale, d'irritabilité
 - Vertiges, nausées, troubles du comportement (hallucinations, panique, dépression, euphorie, désorientation)
 - Crampes musculaire
 - Et surtout :
 - Troubles visuels, auditifs
 - Contraction involontaire des muscles de la face (lèvres et paupières)
 - Nystagmus « va et vient » rapide des yeux

La toxicité de l'oxygène (Effet Paul BERT)

La conduite à tenir

- ▶ Avertir rapidement sa palanquée et remonter en suivant les procédures de sécurité **et sous étroite surveillance**
- ▶ Si la crise survient :



Contraction généralisée des muscles
Extension en apnée
Blocage de la glotte

Ne pas remonter (risque de surpression pulmonaire)
Ne pas descendre
Maintien du détendeur en bouche



Convulsions
Morsure de la langue
Emission d'urine

Entamer la remontée à vitesse contrôlée (assistance), tête en hyper extension (bonne expiration)



Relâchement musculaire
Reprise progressive de la conscience
Etat confus et agité
Récupération sur plusieurs heures
Amnésie de la crise

Remonter en continuant de maintenir le détendeur en bouche
Signe de détresse en surface
Manœuvres de secourisme sur le bateau

La toxicité de l'oxygène (Effet Paul BERT)

Respecter la PpO₂ maximum de 1,6 bar est fondamental mais il est nécessaire d'ajouter la notion de temps d'exposition à l'oxygène.

On peut comparer ce phénomène à une accumulation, avec le temps passé, de « doses toxiques » variables qui risquent de favoriser la fameuse crise hyperoxique

Exemple :

- Plongée matin NITROX 40 à 20 m – 60 min
 - PpO₂ = 3 x 0,4 = 1,2 bar
 - Plongée inférieure à 210 minutes = OK
- Plongée après midi NITROX 40 à 20 m – 70 min
 - PpO₂ = 3 x 0,4 = 1,2 bar
 - Plongée inférieure à 210 minutes = OK

Par plongée		Par jour	
PpO ₂ Max Respirée	Durée max de la plongée	PpO ₂ Max Respirée	Durée max par 24 h
0,6	720 min	0,6	720 min
0,7	570 min	0,7	570 min
0,8	450 min	0,8	450 min
0,9	360 min	0,9	360 min
1	300 min	1	300 min
1,1	240 min	1,1	270 min
1,2	210 min	1,2	240 min
1,3	180 min	1,3	210 min
1,4	150 min	1,4	180 min
1,5	120 min	1,5	180 min
1,6	45 min	1,6	150 min

- La somme des deux temps : 60 + 70 = 130 minutes , c'est inférieur à 240 min donc OK
- La durée d'exposition sur plusieurs jours est aussi à prendre en compte – (voir OTU plus loin)

Si les PpO₂ sont variées, par sécurité on prend la PpO₂ la plus élevée

La toxicité de l'oxygène (Effet Paul BERT)

Si l'on effectue des plongées à de profondeurs multiples, des plongées successives ou des paliers à l'oxygène pur (PpO₂ supérieure en fin de plongée), le tableau précédent n'est plus satisfaisant.

On va alors quantifier les doses accumulées à l'aide d'une « horloge oxygène » ou « compteur **SNC** »

Le principe est de quantifier les doses (%) accumulées pendant la plongée et par tranche de profondeurs

Plus on se rapproche de 100% plus on se rapproche du seuil hyperoxique

Ne pas dépasser 100% par plongée

50% à 79% à l'issue d'une ou plusieurs plongée en 24 heures → 45 minutes à l'air ambiant

80% à 99% à l'issue d'une ou plusieurs plongée en 24 heures → 2 heures à l'air ambiant

100% → 12 heures à l'air ambiant

La toxicité de l'oxygène (Effet Paul BERT)

Calcul de SNC :

➤ On plonge à 25 mètres avec un NITROX 40

➤ PpO2 = 3,5 bar (25 m) x 0,40% (NITROX 40)

1,4 bar → SNC / minute = 0,65 %

➤ Temps d'immersion = 50 minutes

0,65 X 50 = 32,5 % ~ 35%

Tableau simplifié

Mais plus pénalisant

toutes les valeurs n'y sont pas

53 minutes au lieu de 50

PpO2 en modulo 0,1 vs 0,02

0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	PpO2 / SNC (%)
36	29	23	18	15	12	11	9	8	6	2	5%
72	57	45	36	30	24	21	18	15	12	4	10%
108	86	68	54	45	36	32	27	23	18	6	15%
114	114	90	72	60	48	42	36	30	24	9	20%
		113	90	75	60	53	45	38	30	11	25%
			108	90	72	63	54	45	36	13	30%
				105	84	74	63	53	42	15	35%
				120	96	84	72	60	48	18	40%
					108	95	81	68	54	20	45%
				120	105	90	75	60	22	22	50%
						116	99	83	66	24	55%
							108	90	72	27	60%
							117	98	78	29	65%
								105	84	31	70%
								113	90	33	75%
								120	96	36	80%
									102	38	85%
									108	40	90%
									114	42	95%
									120	45	100%

PpO2 max atteinte au cours de la plongée	% SNC par minute d'immersion	PpO2 max atteinte au cours de la plongée	% SNC par minute d'immersion
0,60	0,14	1,12	0,43
0,62	0,14	1,14	0,43
0,64	0,15	1,16	0,44
0,66	0,16	1,18	0,46
0,68	0,17	1,20	0,47
0,70	0,18	1,22	0,48
0,72	0,18	1,24	0,51
0,74	0,19	1,26	0,52
0,76	0,2	1,28	0,54
0,78	0,21	1,3	0,56
0,80	0,22	1,32	0,57
0,82	0,23	1,34	0,6
0,84	0,24	1,36	0,62
0,86	0,25	1,38	0,63
0,88	0,26	1,40	0,65
0,90	0,28	1,42	0,68
0,92	0,29	1,44	0,71
0,94	0,3	1,46	0,74
0,96	0,31	1,48	0,78
0,98	0,32	1,5	0,83
1,00	0,33	1,52	0,93
1,02	0,35	1,54	1,04
1,04	0,36	1,56	1,19
1,06	0,38	1,58	1,47
1,08	0,40	1,60	2,22
1,10	0,42		

La toxicité de l'oxygène (Effet Paul BERT)

Diminution du % SNC en surface :

- Détermination du % SNC en fonction de l'intervalle de surface (analogie avec la Tension N2)

Intervalle SNC (%)	0h30	1h00	1h30	2h00	2h30	3h00	3h30	4h00	4h30	5h00	6h00	7h00	8h00	9h00	10h00	11h00
100%	80%	63%	50%	40%	32%	25%	20%	16%	13%	10%	7%	4%	3%	2%	1%	1%
95%	76%	60%	48%	38%	30%	24%	19%	15%	12%	10%	6%	4%	3%	2%	1%	1%
90%	72%	57%	45%	36%	29%	23%	18%	15%	12%	9%	6%	4%	3%	2%	1%	1%
85%	68%	54%	43%	34%	27%	22%	17%	14%	11%	9%	6%	4%	2%	2%	1%	1%
80%	64%	51%	40%	32%	26%	20%	16%	13%	10%	8%	5%	4%	2%	2%	1%	1%
75%	60%	48%	38%	30%	24%	19%	15%	12%	10%	8%	5%	3%	2%	2%	1%	1%
70%	56%	45%	35%	28%	22%	18%	14%	11%	9%	7%	5%	3%	2%	2%	1%	
65%	52%	41%	33%	26%	21%	17%	13%	11%	9%	7%	5%	3%	2%	1%	1%	
60%	48%	38%	30%	24%	19%	15%	12%	10%	8%	6%	4%	3%	2%	1%	1%	
55%	44%	35%	28%	22%	18%	14%	11%	9%	7%	6%	4%	3%	2%	1%	1%	
50%	40%	32%	25%	20%	16%	13%	10%	8%	7%	5%	4%	2%	2%	1%	1%	
45%	36%	29%	23%	18%	15%	12%	9%	8%	6%	5%	3%	2%	2%	1%		
40%	32%	26%	20%	16%	13%	10%	8%	7%	5%	4%	3%	2%	2%	1%		
35%	28%	22%	18%	14%	11%	9%	7%	6%	5%	4%	3%	2%	1%			
30%	24%	19%	15%	12%	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	2%	1%			
25%	20%	16%	13%	10%	8%	7%	5%	4%	3%	3%	2%	1%	1%			
20%	16%	13%	10%	8%	7%	5%	4%	4%	3%	2%	2%	1%	1%			
15%	12%	10%	8%	6%	5%	4%	3%	3%	2%	2%	1%	1%				
10%	8%	7%	5%	4%	4%	3%	2%	2%	2%	1%	1%					
5%	4%	4%	3%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%						

- On additionne la nouvelle valeur de SNC avec celui de la 2eme plongée

La toxicité de l'oxygène (Effet Paul BERT)

Mise en application:

- A 10h00 du matin on plonge à 25 mètres avec un NITROX 40

- $PpO_2 = 3,5 \text{ bar (25 m)} \times 0,40\% \text{ (NITROX 40)} = 1,4 \text{ bar}$

- Temps d'immersion = 50 minutes → 53' dans le tableau

$\% \text{ SNC} = 35\%$

	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	PpO ₂ / SNC (%)
11	9	8	6	2		5%
21	18	15	12	4		10%
32	27	23	18	6		15%
42	36	30	24	9		20%
53	45	38	30	11		25%
63	54	45	36	13		30%
74	63	53	42	15		35%
84	72	60	48	18		40%
95	81	68	54	20		45%

- On plonge à nouveau à 14h28 à 19 mètres pendant 1h17 avec le même mélange

Intervalle : 3h38 - On prend 35% et 3h30 d'intervalle dans le tableau de diminution du %SNC en fonction du temps

Intervalle / SNC (%)	0h30	1h00	1h30	2h00	2h30	3h00	3h30	4h00	4h30	5h00	6h00	7h00	8h00	9h00	10h00	11h00
100%	80%	63%	50%	40%	32%	25%	20%	16%	13%	10%	7%	4%	3%	2%	1%	1%
40%	32%	26%	20%	16%	13%	10%	8%	7%	5%	4%	3%	2%	2%	1%		
35%	28%	22%	18%	14%	11%	9%	7%	6%	5%	4%	3%	2%	1%			
30%	24%	19%	15%	12%	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%				

- On recherche le % SNC de la nouvelle plongée

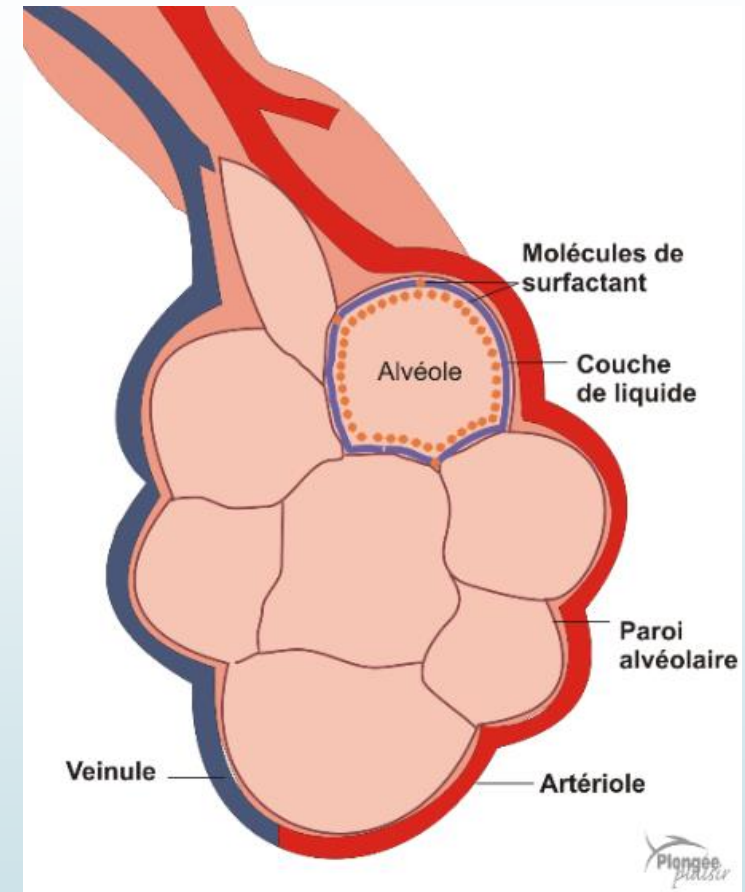
- $PpO_2 = 2,9 \text{ bar (19 m)} \times 0,40\% \text{ (NITROX 40)} = 1,16 \text{ bar} \rightarrow 1,2 \text{ dans le tableau}$

- Temps d'immersion = 1h17 = 77 minutes → 84' dans le tableau → % SNC = 40%

- Le % SNC après les deux plongées est donc de 40% + 7% = 47 % Etc.

La toxicité de l'oxygène (Effet Lorrain Smith)

- ➔ Effet toxique au niveau des poumons, qui se traduit par une lésion des alvéoles pulmonaires causée par la disparition plus ou moins importante du surfactant
- ➔ Si l'exposition persiste, on peut aboutir à un œdème pulmonaire et occasionner une **Hypoxie**
- ➔ **Symptômes**
 - ➔ Irritation Trachéale
 - ➔ Gêne et douleur rétro-sternale
 - ➔ Faciès rosé
 - ➔ Toux d'intensité croissante
- ➔ **Conduite à tenir**
 - ➔ Respirer de l'air à pression ambiante
 - ➔ Consulter un médecin



- ➔ elle est à prendre en considération lors d'un nombre important de plongées aux mélanges suroxygénés, de palier prolongés à l'oxygène pur, ou de traitement des accidentés à l'oxygène normobare et surtout hyperbare

La toxicité de l'oxygène (Effet Lorrain Smith)

Calcul des UPTD (Unit Pulmonary Toxic Dose) ou des OTU (Oxygen Toxic Unit)

► Une UPTD ou OTU correspond à la dose toxique produite par la respiration O₂ (100%) pur à 1 bar de pression et ce, pendant 1 minute

► Exemple

► On plonge à 30 m avec un NITROX 40

$$PpO_2 = 4 \text{ bar (30 m)} \times 0,40\% \text{ (NITROX 40)}$$

$$1,6 \text{ bar} \rightarrow \text{OTU / minute} = 1,92$$

► Temps d'immersion = 45 minutes

$$1,92 \times 45 = \mathbf{86,4 \text{ OTU (ou UTPD)}}$$

► On considère que la limite journalière est de :

► 600 (400 recommandé) UTPD par jour

► 850 OTU par jour mais sur plusieurs jours

un phénomène de cumul est à prendre en compte

PpO ₂ max atteinte au cours de la plongée	OTU (UTPD) par minute d'immersion	PpO ₂ max atteinte au cours de la plongée	OTU (UTPD) par minute d'immersion
0,50	0,00	1,10	1,16
0,55	0,15	1,15	1,24
0,60	0,27	1,20	1,32
0,65	0,37	1,25	1,40
0,70	0,47	1,30	1,48
0,75	0,56	1,35	1,55
0,80	0,65	1,40	1,63
0,85	0,74	1,45	1,70
0,90	0,83	1,50	1,18
0,95	0,92	1,55	1,85
1,00	1,00	1,60	1,92
1,05	1,08		

Nb de jours	Dose limite par jour	Dose limite par jour
1	850	850
2	700	1400
3	620	1860
4	525	2100
5	460	2300
6	420	2520
7	380	2660
8	350	2800
9	330	2970
10	310	3100
11	300	3300
12	300	3600
13	300	3900
14	300	4200

Plongées Successives au NITROX

- ▶ Les deux plongées successives sont faites avec le même NITROX et en utilisant une table NITROX adaptée au mélange
- ▶ C'est le cas le plus simple
On utilise sa table NITROX comme la table à l'air

- ▶ Les deux plongées successives sont faites avec des NITROX différents
- ▶ A la fin de la 1ère plongée on note le GPS, puis en fonction de l'intervalle et de la profondeur de la 2ème plongée, on calcule la majoration
 - ▶ En fonction de la profondeur réelle – NITROX avec table NITROX Adaptée
 - ▶ En fonction de la profondeur réelle – AIR avec table AIR
 - ▶ En fonction de la PEA – NITROX avec table AIR

- ▶ Les deux plongées successives sont faites au NITROX et en utilisant une table à l'air
- ▶ Le principe est le même que pour les tables à AIR mais tous les calculs de décompression se font en fonction des PEA des deux plongées

Plongées Consécutives au NITROX et Remontée Rapide

- Plongées consécutives NITROX avec des tables à l'air
- On utilise les mêmes procédures que pour la plongée à l'air, avec les temps cumulés des deux plongées et la **PEA** la plus importante des deux plongées

- Remontée Rapide
- Le palier de demi profondeur est effectué à la **moitié de la profondeur réelle** (et non de la PEA)
- La vitesse entre le palier de demi profondeur et le premier palier de décompression est de 15 m/minute
Palier minimum de 2 minutes à 3 m

Paliers à l'Oxygène pur (100%) avec tables à l'AIR

- L'avantage des paliers à l'oxygène pur est d'éliminer plus rapidement l'azote dissout dans le sang à l'issue d'une plongée

Cette hyperoxygénation, bénéfique pour l'organisme, est fortement recommandée si le plongeur est fatigué ou si la plongée a présenté des facteurs de risque d'accident de décompression

- Les paliers à 3 m et à 6 m peuvent être effectués à O₂ pur **(jamais en dessous !)**
- La durée de chaque palier est égale aux 2/3 de la durée du palier à l'air, arrondi à la minute supérieure
- Le palier qui, après calcul, donne un résultat inférieur à 5 minutes, doit être réalisé avec la durée réelle de la table à l'air
- Effectuer les paliers à l'air ne change pas le GPS de la plongée effectuée
- Il faut tenir compte de ce type de palier dans le calcul de la toxicité de l'oxygène (%SNC et OTU)

**Attention pour des NITROX > à 40% (à fortiori l'oxygène pur) le matériel est spécifique
Risque d'explosion avec les trace de graisse ou d'huile – les transferts doivent se faire très lentement**