



La Plongée au NITROX

NITROX de base ($21\% < O_2 < 40\%$)

A partir du N1

Qualification de Plongeur NITROX

Ce n'est pas un brevet

- **Formation sous la responsabilité d'un Moniteur NITROX Confirmé FFESSM**
Dans le cadre d'un stage ponctuel
- **Conditions de candidature**
 - Etre titulaire de la licence FFESSM en cours de validité
 - Etre âgé d'au moins 14 ans à la date de délivrance
 - Avoir effectué un minimum de 10 plongées dans la zone des 20 mètres attestées sur le carnet de plongée
- **Prérogatives**
 - Les plongeurs titulaires de la qualification de Plongeur NITROX pourront utiliser le mélange NITROX le plus approprié avec au maximum 40% d'oxygène
 - Les plongeurs NITROX ont les mêmes prérogatives que les plongeurs à l'air, définies par le Code du Sport



Pourquoi le Nitrox ?

► Avantages :

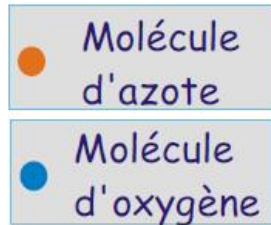
- Augmentation de la courbe de sécurité (augmentation du temps de plongée et/ou diminution des paliers)
- Diminution de la majoration pour les plongées successives
- Diminution de la fatigue
- Responsabilisation du plongeur due à la planification nécessaire
- Légère diminution de la consommation
- Meilleure clarté d'esprit en profondeur (moins d'azote = moins de narcose)
- Amélioration des conditions physiologiques de la décompression (plongées avec facteur à risques – répétitives ou Yoyo)

► Inconvénients :

- **Limitation de la profondeur en fonction du mélange**
- Planification de la plongée
- Dangers dus à la concentration en oxygène (incompatible avec huiles ou graisses non spécifiques) → bouteilles spécifiques et identifiables
- Coût ???

La loi sur les pressions partielles : DALTON

- La pression partielle d'un gaz dans un mélange est égale à la pression que ce gaz aurait s'il occupait, à lui seul, le volume total du mélange.



1 litre d'air
à 1 bar.



$$1 \text{ bar} \times 20 \% = 0,2 \text{ bar } O_2$$

$$1 \text{ bar} \times 80 \% = 0,8 \text{ bar } N_2$$

1 bar

La somme des pressions partielles est égale à la pression absolue.

1 litre d'air
à 3 bars.



$$3 \text{ bars} \times 20 \% = 0,6 \text{ bar } O_2 (P_{pO_2} = 0,6)$$

$$3 \text{ bars} \times 80 \% = 2,4 \text{ bars } N_2 (P_{pN_2} = 2,4)$$

3 bars

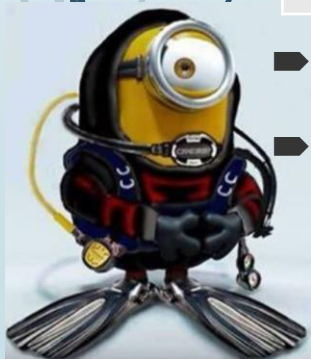
20 m (3 bars)

$$P_p \text{ gaz} = P_{Abs} \times \% \text{ gaz}$$

La pression équivalente à l'air

- En plongée loisir traditionnelle, nous respirons de l'air
Celui-ci contient 21% D'O₂ (oxygène) et 79% de N₂ (Azote)
- Comparons les PpN₂ à saturation de deux plongeurs, l'un respirant de l'air, l'autre du NITROX 40

Profondeur	PpN ₂ à l'AIR		PpN ₂ au NITROX 40	
0 m	1 bar x 0,79%	0,79 bar	1 bar x 0,60%	0,6 bar
10 m	2 bar x 0,79%	1,58 bar	2 bar x 0,60%	1,2 bar
20,4 m → 21 m	3,04 bar x 0,79%	2,4 bar	3,03 bar x 0,60%	1,86 bar
30 m	4 bar x 0,79%	3,16 bar	4 bar x 0,60%	2,4 bar



Gestion de la décompression

- Grace au calcul de la PEA on peut donc utiliser les tables « A l'air » traditionnelles quel que soit le NITROX utilisé
 - La profondeur à prendre pour le calcul de la décompression est la PEA (**la PEA est une profondeur fictive, ce n'est pas la profondeur réelle de la plongée**)
 - la remonté part de de la profondeur réelle (et non de la PEA)
 - Les temps se prennent selon les règles de la table à l'air
 - La vitesse de remonté et les profondeurs des paliers sont les mêmes que pour la plongée à l'air
 - **Si la PEA n'existe pas dans la table à l'air, on prend la profondeur immédiatement supérieure**



Gestion de la décompression

Exercice

Plongée à l'air à 25 m de profondeur pendant 45 minutes

H de départ :
10 h00

Palier à 3 m : **16 min**

H de sortie : **11h03**

GPS : **J**

45 minutes

Profondeur 25 m

Plongée au NITROX 36 à 25 m de profondeur pendant 45 minutes

H de départ :
10 h00

Palier à 3 m : **1 min**

H de sortie : **10h48**

GPS : **J**

PEA : 19 m

45 minutes

Profondeur 25 m



Gestion de la décompression

- Utilisation des tables Nitrox
- On choisit la table correspondant à son mélange (32-36-40)
 - Elles s'utilisent de la même manière que les tables à l'air

Tables NITROX 32/68

Tables NITROX 36/64

Tables NITROX 40/60

Profondeur	Durée de la plongée	Durée du palier à 3 m	Durée de la plongée	Durée du palier à 3 m	Durée de la plongée	Durée du palier à 3 m
22m	1 h 00	14	9m	0 h 30	11m	0 h 30
24m	0 h 45	1	12m	1 h 15	13m	0 h 45
27m	1 h 00	1	14m	0 h 30	16m	1 h 00
30m	0 h 30	1	17m	1 h 30		1 h 30
34m	0 h 45	1		2 h		2 h
36m	0 h 30	1		0		0

Tableau donnant la valeur d'azote résiduel

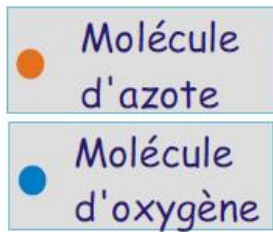
INCONVENIENTS :
Seulement 3 mélanges

- **NITROX 32**
- **NITROX 36**
- **NITROX 40**



La toxicité de l'oxygène (Effet Paul BERT)

- A partir de 1,6 bar de pression partielle, l'oxygène devient toxique ; **Hyperoxie**



1 litre d'oxygène
pur à 1 bar.

$P_{pO_2} = 1 \text{ bar}$

6 m (1,6 bar)



1 litre d'oxygène
pur à 1,6 bars

$P_{pO_2} = 1,6 \text{ bar}$



1 litre d'air
à 8 bars

$P_{pO_2} = 8 \times 0,2 = 1,6 \text{ bar}$

70 m (8 bars)

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 ressentis (avec de la chance) car ils ne sont pas détectables par votre binôme :**

- ➔ 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

En cas de doute il est préférable d'avertir son binôme et de remonter des quelques mètres

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

En cas de fortes convulsion, attendre que celles-ci s'arrêtent (danger pour le sauveteur) avant d'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

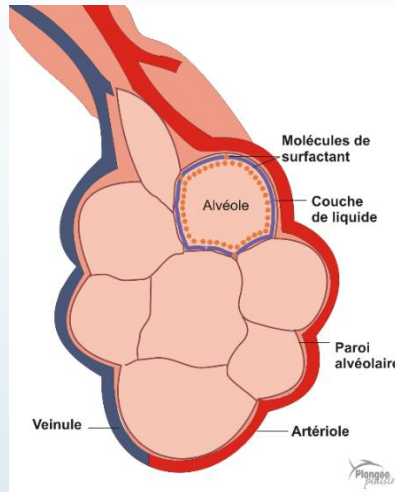
La toxicité de l'oxygène (Effet Paul BERT)

► La prévention :

- Ne jamais dépasser la profondeur limite « plancher » (voir plus loin)
- **Savoir reconnaître les signes précurseurs et remonter**
- Respecter les règles (protocole d'utilisation du NITROX) (voir plus loin)
- Ne jamais dépasser une PpO₂ de 1,6 bar et Selon le contexte, choisir une PpO₂ limite plus basse, de 1,5 ou 1,4 bar
- Limiter la durée de l'exposition lorsque l'on atteint cette valeur

La toxicité de l'oxygène (Effet Lorrain Smith)

- Effet toxique au niveau des poumons, qui se traduit par une irritation, et qui entraîne un œdème aigu des poumons avec éventuellement une détresse respiratoire



- Cette toxicité apparaît plus tardivement que la crise hyperoxique et nécessite une PpO_2 plus faible ($> 0,5$ bar) mais un facteur durée est à prendre en compte
- Si elle concerne peu la plongée loisir au NITROX, **ne pas dépasser 2 heures d'immersion au NITROX (FFESSM)**, 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

Planification de la plongée

- Quelle sera la profondeur maximum avec un NITROX 40 ?



1 litre de Nitrox 40
(40% O₂ et 60% N₂)
à 1 bar.



$$1 \text{ bar} \times 40 \% = 0,4 \text{ bar O}_2$$

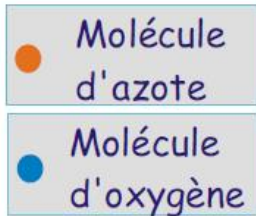
$$1 \text{ bar} \times 60 \% = 0,6 \text{ bar N}_2$$

1 bar



Profondeur limite ?

PpO₂ maximum : 1,6 bar



Planification de la plongée

- ▀ Quelle sera la profondeur maximum avec un NITROX 40 ?



1 litre de Nitrox 40
(40% O₂ et 60% N₂)
à 1 bar.



$$1 \text{ bar} \times 40 \% = 0,4 \text{ bar O}_2$$

$$1 \text{ bar} \times 60 \% = 0,6 \text{ bar N}_2$$

1 bar

$$P.\text{abs} \times 0,4 = 1,6 \text{ bar}$$

$$\text{soit } P.\text{abs} = \frac{1,6}{0,4} = 4 \text{ bars}$$

soit 30 mètres

- Molécule d'azote
- Molécule d'oxygène



Planification de la plongée

Exemples :

comment plonger à 40 mètre avec une $PpO_2 = 1,6$ bar ?

40 mètres \rightarrow 5 bar

$$5 \times \% O_2 = 1,6 \text{ bar}$$

$$\% O_2 = 1,6 / 5 = 0,32 \rightarrow 32 \% O_2 \rightarrow \text{Nitrox 32}$$

J'ai un NITROX 36 et je me limite à une $PpO_2 = 1,4$ bar

$P_{abs} = PpO_2 \text{ max} / X \% \text{ du NITROX utilisé}$

$$P_{abs} = 1,4 / 0,36 = 3,8 \text{ bar} \rightarrow \text{Profondeur plancher} = 28 \text{ m}$$



Profondeurs Plancher			
PpO_2 max	1,4	1,5	1,6
% O_2			
21%	56	61	66
22%	53	58	62
23%	50	55	59
24%	48	52	56
25%	46	50	54
26%	43	47	51
27%	41	45	49
28%	40	43	47
29%	38	41	45
30%	36	40	43
31%	35	38	41
32%	33	36	40
33%	32	35	38
34%	31	34	37
35%	30	32	35
36%	28	31	34
37%	27	30	33
38%	26	29	32
39%	25	28	31
40%	25	27	30

Planification de la plongée

► Analyse du NITROX

- Purger la robinetterie
- Brancher l'analyseur* (après l'avoir étalonné 20,9 à 21,1% d'O₂)

*Différent de celui ayant servi au contrôle du mélange

Attention de le protéger de la chaleur, la mesure serait faussée

- Ouvrir doucement la bouteille
- Attendre (~10 s) pour que la mesure se stabilise
- Refermer la bouteille
- Démontez l'analyseur et vérifiez qu'il redescende à la valeur d'étalonnage
- Calculez la profondeur plancher du mélange (1,6 Bar de PpN₂)
- Noter tout cela sur le registre et sur la bouteille

C'est une phase primordiale de la plongée NITROX

Vous devez faire vous-même l'analyse

Personne d'autre ne doit la faire pour vous, pas même le moniteur



Voreppe Plongée

Planification de la plongée

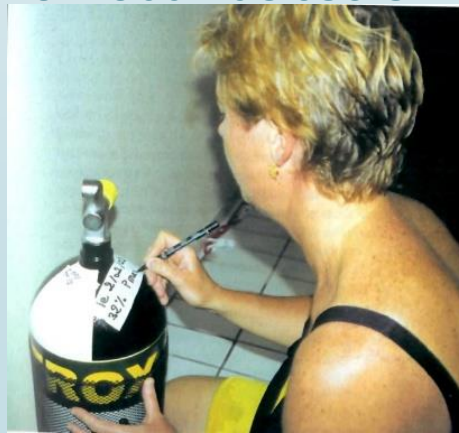
- Exemple de Registre d'analyse des bouteilles NITROX (Registre du Club qui a préparé les blocs)

Station de gonflage					Plongeur NITROX							
N° bouteille	Date	%O2	Nom	Signature	Date	%O2	Profondeur plancher (maximum)	Profondeur équivalente à l'air	Pression	N° de diplôme NITROX	Nom	Signature

- Exemple d'étiquette à remplir avant votre plongée

- Vous pouvez tout inscrire sur un ruban de scotch

Ces informations doivent obligatoirement être apposées sur votre bloc



Vérification NITROX avant la plongée

NOM			
Date	/ /	Matin	Après-midi
% O2 MESURE	%	Profondeur plancher	m