



LA QUALIFICATION PLONGEUR NITROX

CONDITIONS DE CANDIDATURE

- Ce n'est pas un brevet mais une qualification
- Il faut :
 - avoir le PE12 ou un niveau équivalent
 - être âgé de 14 ans au moins
 - avoir effectué au moins 10 plongées dans l'espace médian validées sur le carnet de plongée
 - avoir une licence FFESSM en cours de validité
 - avoir un certificat médical de moins d'un an

C'EST QUOI LE NITROX ?

Nitrox



NITROGEN (azote en anglais)



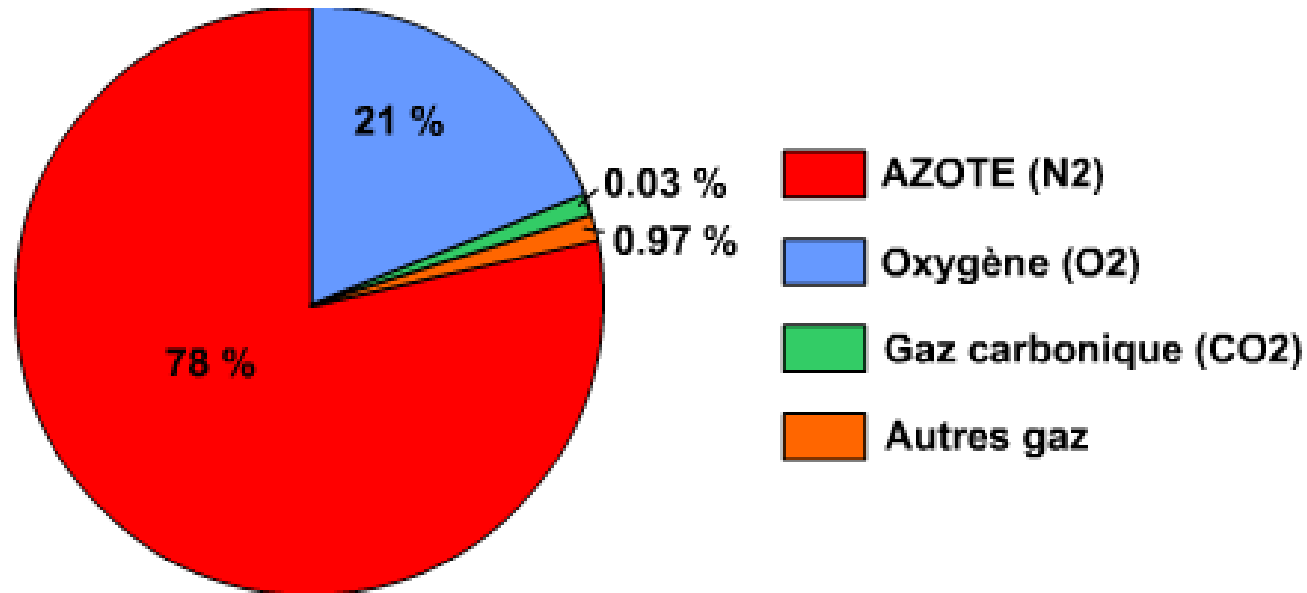
OXYGEN (oxygène en anglais)

Chez les anglo-saxons on l'appelle aussi EAN pour Enriched Air Nitrox



C'EST QUOI LE NITROX ?

- Composition de l'air



Pour simplifier

- 21% d'O₂
- 79% de N₂

⇒ En général, on appelle Nitrox un mélange d'azote et d'oxygène autre que l'air et contenant plus d'oxygène que l'air (mélange suroxygéné).

C'EST QUOI LE NITROX ?

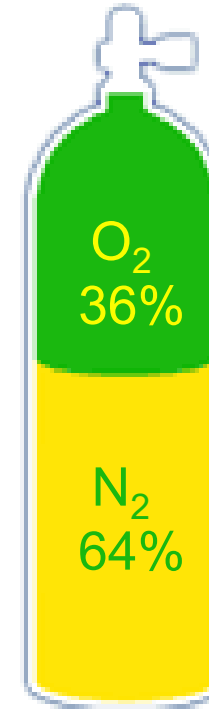
- **Convention pour la désignation des mélanges Nitrox**

X/Y ou EANX

- X pourcentage d'oxygène
- Y pourcentage d'azote

Un Nitrox 36/64 ou EAN36 contient :

- 36 % d'oxygène
- 64% d'azote



LES QUALIFICATIONS NITROX

- **Plongeur Nitrox**
 - peut utiliser le mélange Nitrox le plus approprié **avec au maximum 40 % d'oxygène.**
 - ses prérogatives de niveau de plongée restent les mêmes.



LES QUALIFICATIONS NITROX

- **Plongeur Nitrox Confirmé**
 - peut utiliser tous les mélanges Nitrox ainsi que l'oxygène pur en décompression.
 - il faut être niveau 2 minimum
 - il faut être plongeur Nitrox



AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU NITROX

- **Avantages liés à la plongée au Nitrox**

En augmentant la quantité d'O₂, on réduit la quantité d'azote, ainsi le Nitrox permet :

- de diminuer la saturation
- de diminuer les paliers ou, en faisant les paliers air quand même, plus de sécurité
- de diminuer la fatigue post-plongée
- de diminuer les risques d'accident de désaturation pour un même profil qu'à l'air
- de diminuer le risque de narcose
- de diminuer le délai avant de prendre l'avion
- de réduire la consommation d'environ 10%



AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU NITROX

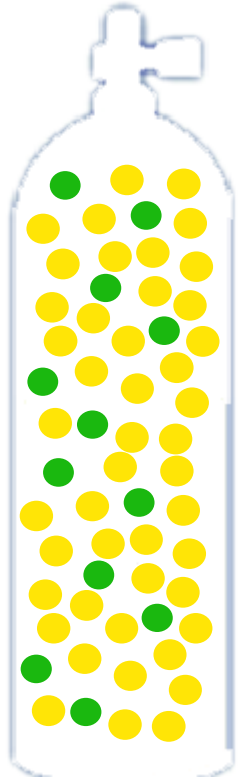
- **Inconvénients liés à la plongée au Nitrox**

- au delà d'une certaine profondeur l'O₂ devient toxique, plus la quantité d'O₂ est élevée, plus cette profondeur est faible (Hyperoxie)
- la fabrication du mélange demande une grande attention et un matériel spécifique
- le matériel doit être spécifique Nitrox
- la plongée est plus chère



PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- **La loi de Dalton**



- Pression du mélange = somme de la pression de chaque gaz qui le composent (somme des pressions partielles)

$$P_{\text{air}} = P_{\text{pO}_2} + P_{\text{pN}_2}$$

P_{pO_2} : pression partielle de l'oxygène

P_{pN_2} : pression partielle de l'azote

P_{p} d'un gaz = % de ce gaz x Pression du mélange

- Si la pression augmente alors les P_{p} augmentent

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- **La loi de Dalton**

- Exemple 1 : P_{pO_2} et N_2 d'un Nitrox 40/60 à la surface

Pression du mélange, $P = 1b$

$$P_{pO_2} = 40/100 \times 1 = 0.4b$$

$$P_{pN_2} = 60/100 \times 1 = 0.6b$$

- Exemple 2 : P_{pO_2} et N_2 d'un Nitrox 40/60 à 20 m

Pression du mélange, $P = 3b$

$$P_{pO_2} = 40/100 \times 3 = 1,2b$$

$$P_{pN_2} = 60/100 \times 3 = 1,8b$$

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- Pression partielle d'O₂ en bars en fonction de la profondeur en mètres

Pression partielle d'O ₂ (bars) en fonction de la profondeur					
Profondeur (m)	Pression ATA (bars)	PpO ₂ Air	PpO ₂ Nitrox 32/68	PpO ₂ Nitrox 36/64	PpO ₂ Nitrox 40/60
0	1	0,21	0,32	0,36	0,40
5	1,5	0,32	0,48	0,54	0,60
10	2	0,42	0,64	0,72	0,80
15	2,5	0,53	0,80	0,90	1,00
20	3	0,63	0,96	1,08	1,20
25	3,5	0,74	1,12	1,26	1,40
30	4	0,84	1,28	1,44	1,60
35	4,5	0,95	1,44	1,62	1,80
40	5	1,05	1,60	1,80	2,00
45	5,5	1,16	1,76	1,98	2,20
50	6	1,26	1,92	2,16	2,40
55	6,5	1,37	2,08	2,34	2,60
60	7	1,47	2,24	2,52	2,80
65	7,5	1,58	2,40	2,70	3,00

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- Au delà d'une certaine profondeur l'oxygène devient toxique (hyperoxie)
 - Seuil d'hyperoxie retenu par la FFESSM : **$P_p \text{ d'O}_2 \text{ maxi} = 1.6 \text{ b}$**
- ⇒ Le mélange Nitrox utilisé nous limitera à une profondeur maximum à ne pas dépasser correspondant à 1,6b atteint.

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- La PMU : Profondeur Maximum d'Utilisation (MOD : Maximum Operating Depth en anglais)

Pression partielle d'un gaz : $P_p \text{ gaz} = P_{\text{abs}} \times \% \text{gaz}$

donc : Pression absolue : $P_{\text{abs}} = P_p \text{ gaz} / \% \text{ gaz}$

La pression absolue, donc profondeur, pour laquelle la P_{pO_2} max avec le % de O_2 du Nitrox utilisé :

$$P_{\text{abs max}} = P_{pO_2 \text{ max}} / \%O_2 \text{ du Nitrox}$$

Exemple avec un Nitrox 40/60, on ne dépassera pas :

$$\text{Profondeur max} : 1,6 / 40\% = 1,6 / 0,4 = 4 \text{ soit } \mathbf{30 \text{ m}}$$

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- **Déterminer la PMU (MOD en anglais)**

Exercice : déterminer la profondeur max pour EAN32 et EAN36 (Nitrox les plus utilisés)

EAN32 (32/68):

$$1,6 / 32\% = 1,6 / 0,32 = 5b \text{ soit } 40m$$

EAN36 (36/64)

$$1,6 / 36\% = 1,6 / 0,36 = 4,44 \text{ soit } 34 \text{ m}$$



LA PROFONDEUR MAXIMUM D'UTILISATION (P.M.U.)

- PMU (MOD) pour les Nitrox les plus utilisés

Profondeur Maxi / % d'O2				
Profondeur en m	AIR	Nitrox 32/38	Nitrox 36/64	Nitrox 40/60
0				
10				
20				
30				-30
40		-40	-34	
50				
60	-66			
70				

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- **Calcul du mélange le mieux adapté**

Afin de planifier sa plongée on peut prévoir le mélange le mieux adapté à la profondeur du site :

$$P_{abs\ max} = P_{pO_2\ max} / \%O_2\ \text{du Nitrox}$$

Donc $\%O_2\ \text{du Nitrox} = (P_{pO_2\ max} / P_{abs\ max}) \times 100$

Exemple : mélange le mieux adapté pour une plongée à 32m ($P_{pO_2\ max} = 1,6b$)

$$\%O_2\ \text{du Nitrox} = (1,6 / 4,2) \times 100 = 38,1\%$$

Nous choisirons donc un Nitrox 38/62

Par mesure de sécurité il est conseillé de prendre une $P_{pO_2\ max}$ de 1,5 bars

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- **Calcul du mélange le mieux adapté**

Exercice : déterminer le mélange le plus adapté pour une plongée à 40m avec PpO_2 max de 1,6b et de 1,5b

Pression à 40m : 5B

- $PpO_2 = 1,6b$

$$\%O_2 = (1,6 / 5) \times 100 = 32\%$$

On utilisera un Nitrox 32/68

- $PpO_2 = 1,5b$

$$\%O_2 = (1,5 / 5) \times 100 = 30\%$$

On utilisera un Nitrox 30/70

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- **La profondeur équivalente**

- Le calcul de la profondeur équivalente permet de plonger au Nitrox avec des tables de décompression prévues pour l'air.
- La profondeur équivalente en plongée Nitrox est la profondeur pour laquelle, avec de l'air, on aurait la même pression partielle d'azote

On calcule la pression absolue équivalente air :

$$\text{Pabs Équivalente} = \text{Pabs Réelle} \times (\% \text{ N}_2 \text{ Nitrox} / \% \text{ N}_2 \text{ Air})$$

Soit **$\text{Pabs Équivalente} = \text{Pabs Réelle} \times (\% \text{ N}_2 \text{ Nitrox} / 0,79)$**

On en déduit la profondeur équivalente air.

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- **La profondeur équivalente**

Exemple : profondeur équivalente pour une plongée à 30m avec un Nitrox 40/60

- pression à 30m = 4b
- profondeur équivalente : $4 \times 60\% / 79\% = 4 \times 0.6 / 0.79 = 3b$ soit 20m

⇒ Plonger avec un 40/60 à 30m revient à plonger à 20m à l'air

Pour calculer les paliers, on utilise la profondeur équivalente dans la table air.

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- **La profondeur équivalente**

Exercice: calculer la durée et la profondeur des paliers pour une plongée de 40' à 25m avec un EAN32

- Pabs à 25m = $2,5 + 1 = 3,5b$
- Profondeur équivalente : $3,5 \times 68\% / 79\% = 3,5 \times 0,68 / 0,79 = 3b$ soit 20m

D'après la table MN90 : 40' à 20m => pas de palier lors de cette plongée

Pour info, pour la même plongée à l'air : 10' de palier à 3m

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- La profondeur équivalente

TABLEAU DES PROFONDEURS EQUIVALENTES AIR			
Profondeur réelle (m)	Profondeurs équivalentes air pour MN90		
	32/68	36/64	40/60
12	10	8	8
15	12	12	10
18	15	15	12
20	18	15	15
22	18	18	15
25	22	20	18
28	25	22	20
30	25	25	22
32	28	25	
35	30		
38	32		
40	35		

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

Ne pas confondre

- **Calcul de la profondeur maximum d'utilisation**

Le problème c'est l'oxygène donc on la calcule avec le % d'oxygène du Nitrox

- **Calcul de la profondeur équivalente**

Le problème pour les paliers c'est l'azote donc on la calcule avec le % d'azote du Nitrox

PHYSIQUE LIÉE À LA PLONGÉE AU NITROX

- **Résumé et formules**

- **Calcul de la profondeur maximum**

$$P_{abs\ max} = P_p\ O_2 / \%O_2\ \text{du Nitrox}$$

$$Prof\ max = (P_{abs} - 1) \times 10$$

- **Calcul de la profondeur équivalente**

$$P_{abs\ équivalente} = P_{abs\ Réelle} \times (\% N_2\ Nitrox / \% N_2\ Air)$$

- **Calcul du mélange le mieux adapté**

$$\% O_2\ \text{du Nitrox} = (P_p O_2\ max / P_{abs}) \times 100$$

UTILISATION DES TABLES MN90

- **Comment utiliser les tables MN90 avec du Nitrox**

On rentre dans la table en utilisant la profondeur équivalente puis on lit la table comme pour une plongée à l'air

- Pas de modification de la durée des paliers « air »
- Pas de modification de la profondeur des paliers « air »
- Pas de modification de la vitesse de remontée
- Majorations calculées à partir des profondeurs équivalentes
- Gestion des consécutives, successives et des procédures d'urgences identiques à l'air

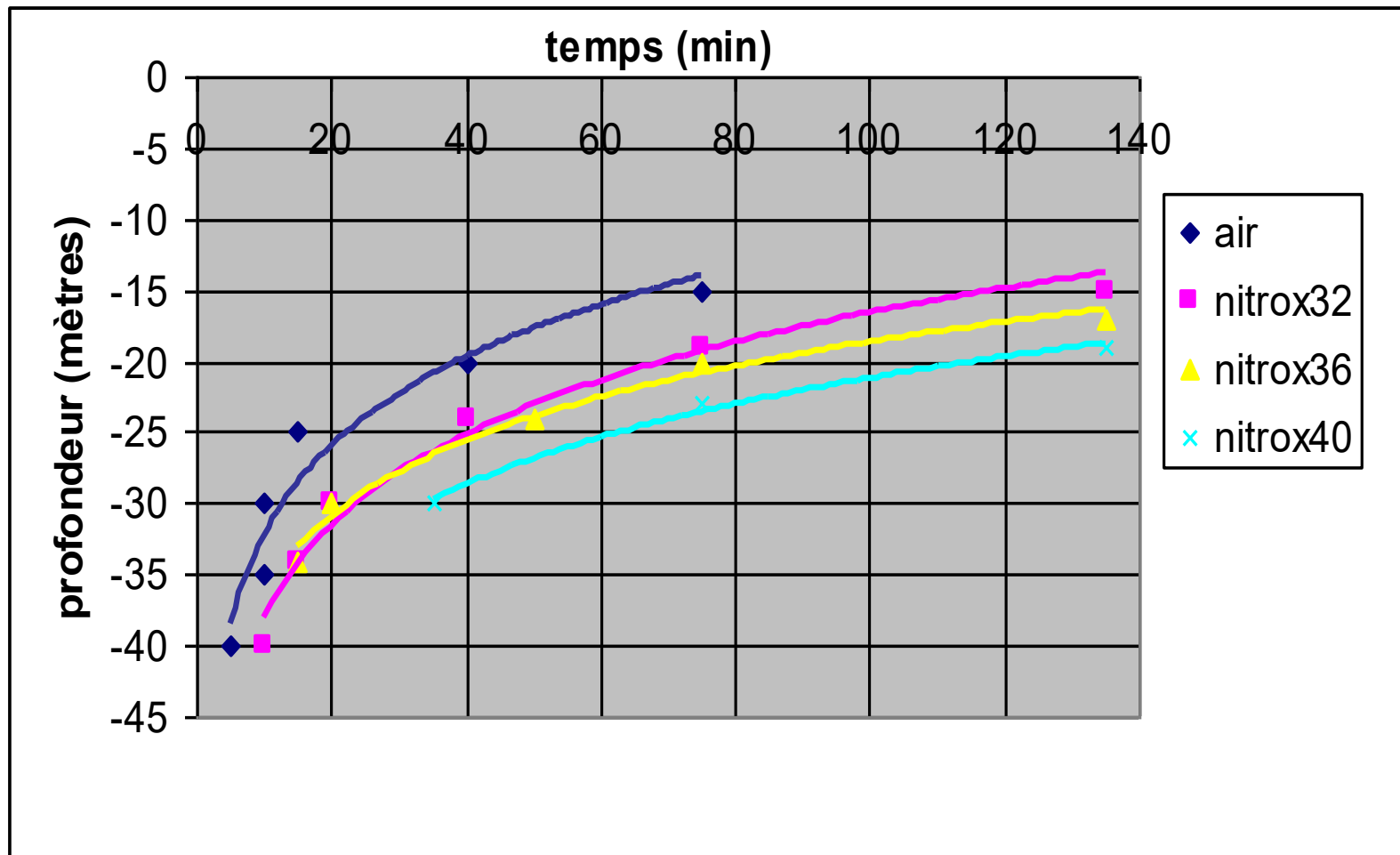
UTILISATION DES TABLES MN90

- **Limites de l'utilisation des tables MN90 avec du Nitrox**
 - Ne pas dépasser 2 heures d'immersion
 - Ne prend pas en compte des seuils de toxicité de l'oxygène

Sinon, on peut utiliser des tables Nitrox...mais elles existent seulement pour les mélanges les plus utilisés.

UTILISATION DES TABLES MN90

- Courbe de sécurité sur la base des MN 90



LES ORDINATEURS DE PLONGEE

- Un ordinateur Nitrox affiche la profondeur réelle
- Il calcule les pressions partielles d'azote auxquelles le plongeur est soumis durant la plongée pour afficher la décompression adaptée.
- Il doit être configuré avant chaque plongée, avec :
 - Le type de Nitrox utilisé : %O₂
 - La pression partielle d'O₂ maximale à ne pas dépasser (1,4b, 1,5b ou 1,6b)
⇒ indique la profondeur maximale à ne pas dépasser
- Des alarmes se manifestent en cas de dépassement de la profondeur maxi ou de la PpO₂maxi, ou si votre organisme atteint les 100 % de toxicité en oxygène

LES RISQUES LIÉS À LA PLONGÉE AU NITROX

- **Exposition à une $PpO_2 > 1,6b$ (effet Paul Bert)**

En général inexistant lors des plongées à l'air, c'est la limite principale pour les plongées Nitrox.

Il correspond à une atteinte du système nerveux central due à une intoxication à l'oxygène (hyperoxie)

Conditions d'apparition

- Exposition à $PpO_2 > 1,6$ bar
 - Durée d'exposition trop importante à une PpO_2 trop élevée
 - Susceptibilité variable selon l'individu
 - Susceptibilité variable chez le même individu de manière imprévisible

LES RISQUES LIÉS À LA PLONGÉE AU NITROX

- Exposition à une $PpO_2 > 1,6b$ (effet Paul Bert)

Durée d'exposition autorisée en fonction de la PpO_2

Règles à respecter

- Intervalle de surface à l'air
- Intervalle de surface 2h minimum

TABLE DU NOAA		
National Oceanic and Atmospheric Administrations		
Pressions partielles d'O2 et durées limites d'expositions pour les plongées Nitrox		
PRESSION EN BARS ATA	SIMPLE EXPOSITION EN MN	DUREE D EXPOSITION MAX SUR 24H
1,6	45	150
1,5	120	180
1,4	150	180
1,3	180	210
1,2	210	240
1,1	240	270
1	300	300
0,9	360	360
0,8	450	450
0,7	570	570
0,6	720	720

LES RISQUES LIÉS À LA PLONGÉE AU NITROX

- Exposition à une $PpO_2 > 1,6b$ (effet Paul Bert)

Symptômes	Traitement	Prévention
<p>1 - Phase d'alarme Signes annonciateurs (10% des cas seulement)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Accélération de la fréquence cardiaque - Nausées, vertiges - Crampes, convulsions de la face - troubles visuels et auditifs (bourdonnement) - Euphorie, trouble du comportement <p>2 - Phase tonique (30" à 2') Contraction musculaire généralisée en extension associée à une apnée</p> <p>3 - Phase clonique (2 à 3') Convulsions (morsure de la langue, perte d'urine)</p> <p>4 - Phase de dépression (10 à 15') Retour progressif à la conscience, confusion, endormissement Sans souvenir de la crise</p> <p>Perturbation des cellules du système nerveux central pouvant entraîner des décharges incontrôlées d'impulsions nerveuses</p>	<p>L'agitation de l'accidenté présente un risque pour le sauveteur pendant la phase tonique et la phase clonique</p> <p>Risque de surpression pulmonaire pendant les phases tonique et clonique, => ne rien faire sinon maintenir la profondeur</p> <p>Attention à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la perte d'embout pendant la phase clonique - ne pas remonter pendant la phase tonique <p>=> Évacuation médicale si non respect des paliers</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les signes annonciateurs => remonter immédiatement - Respecter la limite de PpO_2 maxi donc la profondeur maxi en fonction du mélange (ex : 30m avec un Nitrox 40/60). - Limiter la durée de la plongée en fonction de la PpO_2 (<i>table NOAA</i>) - Préconiser une PpO_2 à 1,5b ou 1,4b et diminuer la durée surtout en cas de plongée en eau froide - Bien vérifier le % d' O_2 de son mélange

LES RISQUES LIÉS À LA PLONGÉE AU NITROX

- **Toxicité pulmonaire de l'oxygène (effet Lorrain-Smith)**

Irritation des alvéoles pulmonaires par l'O₂ entraînant un dysfonctionnement de l'échange d'oxygène au niveau des poumons entraînant une hypoxie.

Conditions d'apparition


- Apparition lente et progressive lors de longues expositions à une PpO₂ > 0,5b (entre 2 et 6h)
- Disparaît si PpO₂ < 0,5b

Ne concerne pas la plongée à l'air mais doit être prise en compte pour :

- l'oxygénothérapie hyperbare
- les plongées / paliers prolongés en hyperoxie
- les plongées à saturation

LES RISQUES LIÉS À LA PLONGÉE AU NITROX

- **Toxicité pulmonaire de l'oxygène (effet Lorrain-Smith)**

Symptomes	Traitement	Prévention
 <p>Toux d'intensité croissante avec la durée d'exposition</p> <p>Œdème pulmonaire</p> <p>Broncho pneumonie réversible</p> <p>Les symptômes les plus sévères apparaissent après 8 à 10h d'exposition (toux incoercible, dyspnée)</p>	<p>Les symptômes disparaissent lors du retour à une respiration à l'air</p>	<p>Limiter la durée de la plongée en fonction à 2h maximum quelque soit le % du mélange (préconisation FFESSM)</p>

PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX

- **Le matériel**

- Depuis 2008, le matériel (bouteille et détendeur) doivent être compatibles oxygène quelque soit la valeur du Nitrox.

L'oxygène « explose » en présence de graisse

- Utilisation exclusive avec des mélanges Nitrox
- Le matériel Nitrox doit être repéré clairement :
 - bouteille identifiée (jaune et vert) avec Nitrox
 - détendeur vert et jaune et pas de vis de la robinetterie différent

Ne pas mélanger les équipements air et Nitrox



PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX

- **Les procédures à appliquer**

Une plongée Nitrox doit se planifier :

- définir la profondeur réelle prévue pour la plongée
- déterminer la MOD pour le mélange utilisé ou déterminer le mélange adapté pour la plongée
- déterminer la profondeur équivalente
- déterminer la durée des paliers éventuels
- regarder la courbe de sécurité du Nitrox utilisé

PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX

- **Les procédures à appliquer**

Avant la plongée, vérifier **PERSONNELLEMENT** la pression du mélange et faire **PERSONNELLEMENT** l'analyse de son mélange (obligation légale)

- 1) Etalonner l'analyseur d'O₂ utilisation
- 2) Ouvrir le robinet du bloc lentement
 - l'oxygène est inflammable et explosif
 - l'analyseur d'O₂ est sensible et fragile
- 3) Attendre la stabilisation de la valeur

Ne pas fumer près des blocs remplis au Nitrox



PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX



- **Les procédures à appliquer**

- Le FABRICANT du mélange doit obligatoirement indiquer :

Sur la bouteille :

- le pourcentage d'oxygène mesuré
- la composition théorique du mélange gazeux
- la date de l'analyse
- son nom

} 1^{ère} analyse

Dans le registre du club :

- l'identifiant de la bouteille
- le contenu (Nitrox, Trimix, Air ...)
- la date de l'analyse
- son nom
- la pression mesurée
- Le pourcentage d'O₂ mesuré

PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX



- **Les procédures à appliquer**

- L'UTILISATEUR du mélange doit indiquer obligatoirement sur la bouteille :

- la pression de la bouteille
- le pourcentage d'oxygène mesuré
- la composition du mélange gazeux
- la profondeur maximum d'utilisation
- la date de l'analyse
- son nom ou ses initiales

} 2^{ème} analyse

Il peut être amené à indiquer dans le registre du club :

- la date de l'analyse
- le nom du plongeur
- la pression du bloc
- Le pourcentage d'O₂ mesuré
- la profondeur maxi autorisée avec le mélange

