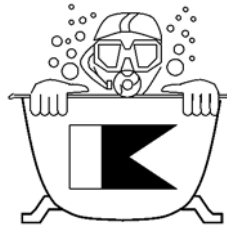


**Scaph-Info**

**NITROX**

**Pour que l'enrichissement de l'air profite à tous  
les plongeurs**

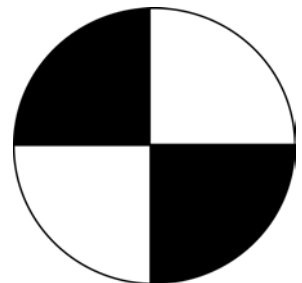


Réalisation  
François Rebufat



SCAPH-INFO

<http://scaphinfo.free.fr>



Jadis, on mettait bêtement de l'air dans sa bouteille pour descendre plonger. Rien à redire à cela, l'essentiel est atteint : respirer sous l'eau et s'en mettre plein les mirettes avec toutes les bestioles bizarres qui vivent sous la surface. Certains, parmi ces gens qui laissent parfois leurs noms dans l'histoire, ont eu l'idée d'ajouter différentes substances à cet air un peu insipide et abondamment dilué dans ce gaz inutile et gênant que l'on connaît sous le nom d'azote. Les fanatiques de cocktails exotiques essayèrent le rhum pour améliorer la stabilité de leur évolution sous-marine, alors que d'autres voulurent y adjoindre des gaz légers tel que l'hélium afin de rendre leur respiration plus fluide dans les grandes profondeurs où l'air devient si poisseux que le plongeur a l'impression de respirer au fond d'un pot de miel. Dans cette ligné d'expériences progressives, certains rajoutèrent simplement de l'oxygène en se disant qu'ainsi ils respireraient moins de ce stupide azote qui risque de mener les plus maladroits ou les plus imprudents vers le caisson de recompression le plus proche.

Alors, rajouter de l'oxygène pour enlever de l'azote... Oui, parce que si on veut retirer un peu d'azote, il faut bien mettre quelque chose à la place et il n'était pas raisonnable de choisir la nicotine comme remplaçant, ou toute autre substance que le contemporain adore pourtant respirer. L'azote, on le sait, ne sert à rien. Il fait juste se dissoudre dans notre corps lors d'une plongée. En remontant, nos tissus restituent le trop plein emmagasiné et notre corps rentre donc en phase de désaturation (dégazage, décompression...). Si on respecte bien les tables ou l'ordinateur de décompression, pas de problème. Néanmoins, il a quand même fallu rester un quart d'heure à trois mètres pour lisser la décompression, la plongée de l'après-midi sera plus courte parce que tout cet azote sera encore en partie présent lors de la prochaine plongée et, en plus, inutile de penser sortir ce soir parce que cette décompression est tellement fatigante qu'à dix heures tout le monde sera au lit.

Enfin, il n'était pas si bête que ça le type qui a eu l'idée de rajouter un peu d'oxygène dans l'air pour éviter d'ingurgiter tout cet azote dont le plongeur n'a que faire. En plus, ce dernier ne s'en rend pas vraiment compte, mais passé 20 mètres, l'azote en question n'aide pas à garder ses idées claires, ses facultés d'analyse et de raisonnement affûtées et un mental vif et réactif bien utile en plongée. Plus profond, c'est encore une autre histoire... Alors, on se laisse tenter par un petit coup de nitrox ? Pas de panique, bien que l'idée, le développement des techniques et la mise au point des pratiques viennent du monde de la plongée professionnelle et militaire, et que la secte des plongeurs teks s'est empressée de mettre le grappin dessus, le nitrox ne demande aucune prouesse technique pour être utilisé, et les connaissances qu'il requière pour une pratique en toute sécurité sont très minimes. Loin d'être un gadget technologique réservé aux plongeurs de combat ou aux scaphandriers de la guerre des étoiles, la plongée nitrox s'adresse à tout un chacun, et surtout à ceux qui ont comme désir de profiter plus de leurs plongées que de leurs paliers, et de garder une distance de sécurité accrue avec le dangereux animal qu'est l'accident de décompression. Que vous soyez dans une forme très moyenne, un peu avancé dans l'âge, malgré vous pratiquant de profil de plongée « yoyo » (les moniteurs adorent faire cela pendant leurs cours) ou seulement adepte d'un confort qui vous pousse à préférer votre bien être plutôt que ce léger coma qui embrume le plongeur à son retour en surface, le nitrox est pour vous. Sinon, lisez quand même la suite, peut être y trouverez-vous vous aussi une raison valable d'arrêter de vous gaver de cet azote dénué d'intérêt.

# 1 – Digression introductive sur le Nitrox

Difficile à prononcer le mot NITROX ? Essayez donc « Enriched Air Nitrox », si ça peut mieux vous convenir. Les amoureux de sigles barbares et autres onomatopées techniques de l'époque moderne préféreront simplement EAN. Nitrox est juste la compression des noms anglais des deux gaz qui composent le mélange : NITROgen (ce fameux azote que l'on aime tant) et OXYgen (dont on aimerait avoir une bouffée lors des réunions de service hebdomadaires).

Il s'agit donc d'un mélange : le nitrox, c'est juste de l'oxygène et de l'azote en quantité variable. Alors, l'air est un nitrox comme un autre ! Ce fameux air (celui de la campagne) est constitué de 20.97% d'oxygène (O<sub>2</sub>) et de 79% d'azote (N<sub>2</sub>), le reste étant ces mystérieux gaz rares que seul le métabolisme de superman est capable d'exploiter utilement (argon, hélium, krypton...). Pour ne pas se compliquer la vie avec des virgules entre les chiffres, on conviendra que l'air est composé de 21% d'oxygène et de 79% d'azote.

L'air est un nitrox 21. C'est ainsi que l'on nomme les nitrox, en rajoutant à la fin un petit numéro pour dire le pourcentage d'oxygène qu'il contient (on trouvera aussi la notation nitrox 21/79 ou le pourcentage d'azote est aussi figuré). Nitrox 21, EAN 21, tous ça c'est pareil, c'est juste de l'air. Mais qu'est-ce donc qu'un nitrox 32 ? Simplement un mélange contenant 32% d'O<sub>2</sub> et donc 68% de N<sub>2</sub>. Il est donc possible de faire autant de nitrox qu'il y a de chiffres entre 0 et 100, le nitrox 100 étant de l'oxygène pur, le nitrox 0 parfaitement incapable à supporter la vie.

Heureusement, le monde de la plongée au nitrox a quelques habitudes. Communément, trois nitrox sont utilisés :

<b>Nitrox 32</b>	<b>32% O<sub>2</sub></b>	<b>68% N<sub>2</sub></b>
<b>Nitrox 36</b>	<b>36% O<sub>2</sub></b>	<b>64% N<sub>2</sub></b>
<b>Nitrox 40</b>	<b>40% O<sub>2</sub></b>	<b>60% N<sub>2</sub></b>

Mais toutes les proportions peuvent être trouvées dans la nature. Cependant, des nitrox supérieurs à 40% sont plutôt rares et réservés à des plongeurs équipés, puisqu'ils nécessitent un équipement complet (détendeur, stab...) compatible oxygène (totalement dégraissé).

Bien que les merveilleux avantages du nitrox aient été succinctement décliné dans le préambule, une liste exhaustive peut aider à convaincre les plus récalcitrants.

Les avantages du nitrox sont :

- Réduction des temps de palier et accroissement de la courbe de sécurité.
- Augmentation de la sécurité par rapport au méchant accident de décompression.
- Réduction de la consommation du plongeur (env. 10%).
- Baisse de la fatigue due à la décompression après la plongée.
- Diminution des effets narcotiques de l'azote (ce qui peut être vu comme un inconvénient par les plongeurs les plus délurés) ce qui permet au plongeur de conserver une meilleure clarté d'esprit en plongée, même à des profondeurs « raisonnables ».

- Meilleure préparation de la plongée. La plongée au nitrox nécessite une planification minimum à laquelle il est indispensable de se tenir, ce que beaucoup de plongeurs oublient avec l'expérience de la plongée à l'air, surtout sous les tropiques.

Malheureusement, le monde est imparfait et à ces formidables bienfaits doivent se grever quelques inconvénients.

- **Le plongeur nitrox doit impérativement respecter une profondeur limite !** Cette limite qu'il ne faut pas franchir est due à la toxicité de l'oxygène dont les symptômes et conséquences sont loin d'être rigolos (voir chap.2).
- Le coût est un peu plus élevé (env. 20% par rapport à la plongée à l'air – estimation 2004).
- Il est souhaitable d'investir dans quelques équipements supplémentaires : tables et/ou ordinateur nitrox. Si le nitrox utilisé contient plus de 40% d'oxygène, un équipement complètement dégraissé est nécessaire.
- La manipulation d'O<sub>2</sub> au gonflage nécessite d'être soigneux et attentif.
- Il faudra prendre 5 mn sur votre temps de bavardage avant la plongée pour préparer cette dernière.

De l'ensemble de ces remarques il est possible de tirer quelques lignes pour l'utilisation du nitrox. Le nitrox n'est pas fait pour plonger profond. Par exemple, la profondeur limite pour un nitrox 32 est de 40 m et celle d'un nitrox 40 de 30 m. Ensuite, le nitrox s'adresse à n'importe qui, ne nécessite aucun investissement coûteux, ne coûte pas beaucoup plus cher pour chaque plongée, et n'implique pas une préparation et des connaissances astronomiques (les cosmonautes n'utilisent pas le nitrox en plongée orbitale) pour être utilisé. Le plus important est que la diminution du pourcentage d'azote par rapport à l'air assure au plongeur une meilleure qualité de décompression. De cette merveilleuse nouvelle, deux types de stratégies peuvent être mises en avant :

**La stratégie peinard** : le plongeur veut augmenter sa sécurité et minimiser sa fatigue. Il utilise un modèle de décompression à l'air (table ou ordinateur) et plonge au nitrox. Cette stratégie est bien adaptée aux personnes d'un certain âge, à ceux qui sont dans une condition très moyenne, aux pratiquants de plongées à profils « malheureux » (remontés rapides, yoyo, profils inversés, etc), aux pauvres plongeurs qui claquent irrémédiablement des dents au palier ou à ceux qui, avec ou sans raison, choisissent de transformer leur plongée en marathon olympique ou en séance de musculation.

**La stratégie optimisée** : il s'agit de faire des plongées plus longues en bénéficiant de temps de palier « promotionnels spécial nitrox ». Une option parfaite pour ceux qui préfèrent se balader tranquillement au fond plutôt que rester suspendu à trois mètres sous la surface à regarder les minutes s'égrener avant de pouvoir remonter boire un café sur le bateau. Il est alors indispensable d'utiliser un protocole de décompression adapté au nitrox utilisé (tables nitrox, ordinateur nitrox ou utilisation de tables à l'air en faisant un petit calcul pour les adapter au nitrox).

Certains se demandent peut-être d'où vient l'idée de rajouter de l'oxygène dans l'air et comment cette idée a pu gagner le monde de la plongée loisir, parfois fort frileux aux innovations, surtout dans l'hexagone. En fait, le nitrox ne date pas d'hier. Le premier à

l'utiliser dans des applications médicales fut le médecin anglais Reddoes en 1794. Paul Bert, largement impliqué dans tous les processus liés à la respiration des gaz fut, en 1874, le premier à fournir du nitrox à un équipage de montgolfière afin qu'ils puissent survivre à l'hypoxie lors de la montée en altitude. La plongée vint quelques années plus tard, avec Henry Fleuss, Maître plongeur pour la société londonienne Siebe, Gorman & Co. qui réalisa la première plongée au nitrox 50. S'en suivit une ribambelle d'expériences auxquelles furent associés des noms comme Haldane ou Draeger (le premier recycleur date de 1913) et qui donnèrent naissances aux premiers équipements utilisables par les professionnels et les militaires. Le nitrox était lancé et de multiples plongées eurent lieu entre les deux guerres utilisant différents nitrox et recycleurs.

La deuxième guerre mondiale donna encore la possibilité aux plongeurs de combat anglais de perfectionner ces équipements afin d'associer à des pourcentages de mélange des profondeurs possibles d'évolution. Ceci permis aux combattants sous-marins de simplement venir à bout de leurs opposants en entraînant ces derniers à des profondeurs que l'O<sub>2</sub> pur qu'ils respiraient habituellement en plongée ne leur permettait pas.

En 1965, Workman établit les premières tables aux mélanges (azote/oxygène et hélium/oxygène). En 1978, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) met au point des standards pour le nitrox 32. Suivront les nitrox 36 et 40 dans la foulée.

Il faut attendre 1980 pour que Dick Rutkowski introduise le premier le nitrox dans le monde la plongée loisir. S'en suivront la formation de IANTD en 1985 qui développa l'activité, reprise par d'autres écoles comme TDI. En France, il faut attendre 2000 pour qu'enfin le nitrox soit introduit officiellement dans la plongée loisir et réglementé (arrêté du 23 septembre 2000).

## 2 – L'oxygène rend-il fou et tuberculeux ?

Paul Bert n'a pas cessé de nous le dire : l'oxygène rend fou ! En fait, rien à voir avec la narcose à l'azote bien connue de tous les plongeurs qui « aiment les grands fonds ». Il s'agit pour l'oxygène d'une toxicité neurologique chimique. En augmentant la pression partielle de l'oxygène respiré se forment des êtres chimiques assez simples que l'on appelle des radicaux libres. Ils sont instables chimiquement (ils n'ont pas une case en moins mais un électron en trop) et vont avoir tendance à arracher ou à céder des électrons à leur environnement chimique, donc avec les cellules actives de notre système nerveux. Bien sûr, la biologie fait bien les choses et le corps dispose de moyens défensifs contre ce type de pervers, mais lorsque la pression partielle d'O<sub>2</sub> augmente, le nombre de radicaux libres fait de même jusqu'à déborder les mécanismes de régulation. C'est la crise ! Les radicaux libres sont lâchés dans les rues et sèment la terreur sur leur passage. Le plongeur, lui, fait aussi sa crise. C'est ce qu'on appelle l'effet Paul Bert ou crise hyperoxique neurologique.

Bien que certaines utilisations de l'oxygène en médecine soumettent des malades à des pressions partielles d'oxygènes importantes (2 bars en caissons), généralement, cet accident se produit lorsqu'une pression partielle d'oxygène (PpO<sub>2</sub>) supérieure à 1.8 bars est respirée.

**Il est considéré en plongée que le seuil de risque est de 1.6 bars, pression partielle d'O<sub>2</sub> qu'il ne faut absolument pas dépasser.**

L'accident peut se produire sans effet annonciateur. Ces derniers, lorsqu'ils se manifestent, peuvent être :

Troubles visuels : vision en canon de fusil, point lumineux, déformations.

Troubles auditifs.

Nystagmus : va et vient rapide des yeux.

Accélération du rythme cardiaque.

Nausées, vertiges, euphorie, désorientation, anxiété.

Malaise général.

Crampes et contractions musculaires (principalement de la face).

**La crise hyperoxique se déroule en trois phases et les symptômes observés s'apparentent à ceux d'une crise d'épilepsie:**

**Phase tonique : de 30'' à 2'**

Contractions musculaires généralisées

Arrêt ventilatoire - Apnée

Perte de connaissance

**Il ne faut pas remonter l'accidenté** (blocage de la glotte et risque de surpression pulmonaire). On maintiendra la victime à la profondeur, le détendeur en bouche.

**Phase clonique : de 2' à 3'**

Convulsions

Ventilation irrégulière

**On remonte la victime détendeur en bouche** et en maintenant la tête en extension pour aider l'expiration.

### **Phase résolutive : de 5' à 30'**

Relâchement musculaire  
Reprise de la conscience  
Confusion, agitation

**Le sauvetage se poursuit avec maintien du détenteur.** Alertez les secours et maintenir la victime au chaud et au calme. Faire les premiers secours.

Les facteurs favorisant l'accident sont : durée prolongée de plongée, nombre de plongées successives avec des mélanges suroxygénés, effort, froid, essoufflement en plongée.

Les facteurs pouvant limiter l'arrivée de l'accident : Les vitamines A E et C agissent comme piègeurs pour les radicaux libres ainsi que les antioxydants. On s'efforcera aussi de réduire le métabolisme : protection contre le froid, efforts minimisés.

#### **Les conseils du dresseur d'oxygène :**

Choisir sa profondeur en se fixant une Ppo2 limite entre 1.4 et 1.6 bars selon son état (fatigue...), les conditions du fond (température, courant, ...), le parcours et le type de la plongée (distances à parcourir, activités au fond, durée de la plongée,...) et le passé « suroxygéné » du plongeur.

### **L'oxygène fait aussi mal aux poumons**

L'oxygène agit comme un irritant pour les alvéoles pulmonaires (un peu comme certaines filles avec certains hommes ou le contraire). Cette irritation est lente à se manifester et nécessite une exposition à une Ppo2 supérieure à 0.5 bars. Pour information, il est considéré que suite à une exposition à une pression partielle d'oxygène de 1 bar, les premiers symptômes de la toxicité pulmonaire se manifestent au bout d'une bonne douzaine d'heures. Comme il fallait trouver un homme célèbre pour donner un nom à cette pathologie, et que ni Einstein ni Robespierre ne convenaient, il a été choisi le nom d'effet Lorrain-Smith pour parler de cette détestable réaction des poumons lors d'une exposition prolongée à une Ppo2 de plus de 0.5 bars.

Il se produit une inflammation des tissus pulmonaires, une détérioration du surfactant, un suintement sanguin entre les alvéoles qui forme une couche poisseuse puis une membrane, une destruction des capillaires et des lésions alvéolaires. Les symptômes sont progressifs ce qui permet au sujet atteint de prendre conscience de l'affection et donc de prendre les mesures nécessaires pour ne pas que son état s'aggrave, c'est-à-dire, une bonne cure d'air pur à pression atmosphérique.

Les symptômes sont :

- Douleur rétrosternale qui augmente progressivement en intensité et tend à se propager.
- Toux allant en s'intensifiant.
- Irritation de la trachée et des bronches.

- Sensation d'étouffement, insuffisance respiratoire.

**Au-delà d'un certain seuil, les lésions pulmonaires peuvent se solder par une baisse irréversible de la capacité pulmonaire !**

Malgré ses conséquences néfastes possibles, cet accident concerne peu le plongeur loisir qui utilise du nitrox. En effet, il faut une exposition prolongée et/ou répétée pour que se manifeste l'effet Lorrain-Smith, exposition qui est rarement atteinte pendant des périodes de pratiques orientées loisir. Cette toxicité concerne plus les plongeurs qui feront des séjours prolongés au fond (avec du nitrox), ceux qui pratiqueront la décompression à l'oxygène pur ou ceux qui pourraient subir une recompression en caisson et/ou un traitement hyperbare avec respiration prolongée d'un mélange enrichi en oxygène.

**Par mesure de sécurité, la FFESSM préconise de ne pas dépasser deux heures de plongée d'affilées en respirant un nitrox.**

Une fois décrits ces formidables bienfaits de l'oxygène, il ne serait pas non plus très raisonnable de ne plus respirer que des gaz d'échappement d'automobiles pour espérer échapper au terrible oxygène. La chose la plus importante à retenir c'est **qu'avec le nitrox la profondeur est impérativement limitée par le pourcentage d'oxygène contenu dans le mélange.**

Juste pour faire réagir les plus inconscients, un plongeur soumis à l'effet Paul Bert est totalement incapable de se sortir seul de la situation. S'il n'est pas aidé, il ne remontera jamais à la surface. S'il est mal aidé (remontée en surface pendant la phase tonique), il a de grande chance de se déchiqueter les poumons lors de la remontée (surpression pulmonaire). Pour son coéquipier, l'aider n'est pas une mince affaire. Il lui faut être capable d'identifier les phases, d'attendre à une profondeur où il se soumet probablement lui-même à un risque d'hyperoxie que la phase tonique se termine (probablement il devra récupérer son camarade à une profondeur où la Ppo2 est supérieure à 1.6 bars) et ensuite gérer la remontée en assistant son binôme et en veillant à son expiration durant toute la remontée. Donc l'accident hyperoxique neurologique doit être évité à tout prix et le plongeur nitrox se garder une bonne marge de sécurité par rapport à sa profondeur limite.

Aussi, il peut arriver qu'un plongeur nitrox suive d'autres plongeurs à l'air. Ces derniers ne sont pas forcément conscient du phénomène, des risques encourus et de la conduite à tenir en cas de crise hyperoxique. Il est indispensable d'insister auprès d'eux sur la profondeur limite à respecter et éventuellement de les informer du danger et de la conduite à tenir. Alors que la plongée nitrox se répand, il est malheureux que les cursus de plongée à l'air n'incluent pas une information minimale sur le nitrox et l'hyperoxie afin que tous les plongeurs aient conscience du danger et sachent comment de comporter en cas de crise.



### 3 – Une profondeur limite à ne pas dépasser

Plonger au nitrox, c'est avant tout savoir décider de la profondeur que l'on ne s'autorisera pas à dépasser. Une fois le type de nitrox donné (par le pourcentage d'O<sub>2</sub>), le choix est donné au plongeur de fixer sa pression partielle en oxygène qu'il juge raisonnable.

Un choix de 1.4 bars de Ppo<sub>2</sub> sera sécuritaire, alors qu'un choix de 1.6 bars sera « à la limite » de la toxicité. Une fois ce choix fait, reste à calculer la profondeur limite. Pour cela, on utilise la bonne formule des pressions partielles :

$$P_{\text{gaz}} = P_{\text{abs}} \times \%_{\text{gaz}}$$

La pression partielle d'un gaz dans un mélange est égale à la pression absolue du mélange multiplié par le pourcentage de ce gaz dans le mélange.

Ainsi, pour l'oxygène dans le mélange nitrox, on aura :

$$P_{\text{po}_2} = P_{\text{abs}} \times \%_{\text{O}_2}$$

Pour calculer la profondeur limite, on va chercher la pression absolue qui correspond à cette profondeur :

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{po}_2} / \%_{\text{O}_2}$$

La profondeur limite (MOD – Maximum Operating Depth, dans le jargon anglo-saxon) sera égale à

$$(P_{\text{abs}} - 1) \times 10 \text{ mètres}$$

**Quelle est la profondeur limite pour un nitrox 40 si l'on se fixe une Ppo<sub>2</sub> maximum de 1.6 bars ?**

$$P_{\text{abs}} = 1.6 / 0.4 = 4 \text{ bars}$$

La profondeur limite est de 30 mètres.

Autre façon intéressante de se poser des questions durant ses loisirs, on peut se demander quel nitrox faut-il prendre pour pouvoir aller voir « la roche au bigorneau » qui repose sur un fond de 35m. Il suffit de prendre les équations à l'envers (un peu comme le font les hommes d'affaires avec les livres comptables dans les procès pour détournement de fonds).

On calcule sa pression absolue à la profondeur maximum. Puis on cherche le pourcentage d'oxygène en fonction de cette Pabs et de la Ppo<sub>2</sub> que l'on s'autorise (1.4, 1.5, 1.6 bars).

$$\%_{\text{O}_2} = P_{\text{po}_2} / P_{\text{abs}}$$

**Quel nitrox utiliser pour descendre à 35m si l'on se fixe une Ppo2 maximum de 1.6 bars ?**

Pabs = 4.5 bars (soit 35m de fond)

%O2 = 1.6 / Pabs = 1.6 / 4.5 = 0,3555...

Pour aller dans le sens de la sécurité, il faut prendre un nitrox avec un peu moins d'O2, donc, on choisira un nitrox 35 au maximum !

Bien sûr, tous les calculs se simplifieront en allant dans le sens de la sécurité et donc on arrondira toujours en prenant un nitrox moins enrichi en oxygène ou une profondeur moindre.

Air	Air	Air	N32	N32	N32	N36	N36	N36	N40	N40	N40
1.4	1.5	1.6	1.4	1.5	1.6	1.4	1.5	1.6	1.4	1.5	1.6
56 m	61 m	66 m	33 m	36 m	40 m	28 m	31 m	34 m	25 m	27 m	30 m

Profondeurs limites pour différents nitrox courants pour chaque Ppo2 (1.4, 1.5, 1.6)

Aussi, il peut être utile de disposer d'une table donnant les profondeurs limites en fonction des différents pourcentages d'O2 des nitrox et de la Ppo2 maximale fixée (1.4, 1.5, 1.6)

%O2 du nitrox	Prof. Lim. Ppo2 = 1.4 bars	Prof. Lim. Ppo2 = 1.5 bars	Prof. Lim. Ppo2 = 1.6 bars
25	46 m	50 m	54 m
26	43 m	47 m	51 m
27	41 m	45 m	49 m
28	40 m	43 m	47 m
29	38 m	41 m	45 m
30	36 m	40 m	43 m
31	35 m	38 m	41 m
<b>32</b>	<b>33 m</b>	<b>36 m</b>	<b>40 m</b>
33	32 m	35 m	38 m
34	31 m	34 m	37 m
35	30 m	32 m	35 m
<b>36</b>	<b>28 m</b>	<b>31 m</b>	<b>34 m</b>
37	27 m	30 m	33 m
38	26 m	29 m	32 m
39	25 m	28 m	31 m
<b>40</b>	<b>25 m</b>	<b>27 m</b>	<b>30 m</b>
41	24 m	26 m	29 m
42	23 m	25 m	28 m
43	22 m	24 m	27 m
44	21 m	24 m	26 m
45	21 m	23 m	25 m
46	20 m	22m	24 m
47	19 m	21 m	24 m
48	19 m	21 m	23 m
49	18 m	20m	22 m
50	18 m	20 m	22 m

## 4 – Une décompression allégée en azote

Après tous ces remue-méninges sur les inconvénients de plonger avec des mélanges enrichis à l'oxygène, l'avantage qui en découle est que le détestable azote qui prend un malin plaisir à gonfler le plongeur en bulles après la plongée est lui, moins présent. De ce fait, le calcul de la décompression en plongée nitrox est différent de celui utilisé avec de l'air, et chaque nitrox implique une table de décompression spécifique. Bien sur, le gros avantage d'utiliser le modèle de décompression adapté au nitrox utilisé et de faire la plongée la plus longue possible avec une courbe de sécurité et/ou des temps de palier calculés pour le mélange utilisé.

Pour calculer sa décompression, trois possibilités s'offrent au plongeur :

1. Utiliser un modèle de décompression à l'air (tables ou ordinateur). Dans ce cas, les avantages du nitrox ne sont pas la maximisation du temps de plongée mais la sécurité et le confort après la plongée (moins de fatigue) du à une désaturation allégée. Le calcul de décompression se fait identiquement à l'air : le plongeur suit sa table de décompression préférée à l'air ou son ordinateur favori.
2. Utiliser des tables à l'air en calculant une profondeur équivalente en fonction du nitrox utilisé. L'avantage est de n'avoir qu'une seule table à l'air pour tous les nitrox et d'y reporter une profondeur équivalente calculée à partir de la profondeur réelle atteinte lors de la plongée et du pourcentage d'azote du nitrox utilisé.
3. Utiliser des tables nitrox ou un ordinateur nitrox. L'inconvénient des tables est qu'il faut une table différente pour chaque nitrox (un nitrox 32 n'a pas la même table qu'un 36 ou qu'un 34). L'avantage : il n'y a pas de calcul de profondeur équivalente à faire, la profondeur réelle est celle qui est directement reportée dans la table pour le calcul des paliers.

Le choix est donc disponible pour calculer sa décompression. Cependant, en regardant ces trois possibilités, la pratique pousse finalement à n'en retenir que deux. A l'heure où le plongeur possède certainement un ordinateur à l'air, ce dernier ne trouvera certainement aucun avantage à utiliser des tables (air ou nitrox) pour calculer une décompression spécifique au nitrox utilisé. Pour une plongée courante suivant un profil ascendant et pour laquelle la profondeur moyenne de la plongée est bien inférieure à la profondeur maximum (celle avec laquelle on rentre dans les tables), un ordinateur à l'air fournira certainement des contraintes de décompression moindres qu'une table nitrox. De ce fait, en utilisant son ordinateur air avec un mélange nitrox, le plongeur s'assure un bon temps de plongée et une sécurité de décompression. L'utilisation de tables pour une décompression spécifique au nitrox ne serait intéressante que pour des profils de plongée carrés.

Cependant, comme pour la plongée à l'air, il est grandement profitable de savoir calculer une décompression à l'aide de tables afin de connaître les courbes de sécurité données par les tables et de pouvoir, en cas de dysfonctionnement de l'ordinateur, calculer une décompression adaptée. En effet, un plongeur utilisant un nitrox et se fiant à son ordinateur nitrox pour sa décompression risque de se trouver dans l'incapacité de réaliser ses paliers en cas de dysfonctionnement de son ordinateur et qu'il se réfère simplement à une table à l'air avec sa profondeur réelle atteinte. Il risque d'avoir un temps de palier à l'air important qu'il

ne pourra pas effectuer avec le mélange restant dans sa bouteille en fin de plongée. Il est alors préférable de calculer les paliers nitrox (avec une table à l'air et sa profondeur équivalente ou avec une table nitrox) qui seront eux plus réalisables.

Pour profiter pleinement du nitrox en terme de durée de plongée, le mieux est encore d'utiliser un ordinateur nitrox. Bien sûr, c'est un investissement, surtout si l'on possède déjà un ordinateur air.

## Calcul de paliers avec des tables à l'air : Profondeur Air Equivalente

Oui, il est possible d'utiliser les tables MN90 (ou toutes autres tables de décompression à l'air) pour calculer ses paliers au nitrox. Pour cela, on relève la profondeur maximum réellement atteinte durant la plongée au nitrox (profondeur réelle) et on se demande quelle serait la profondeur équivalente en respirant de l'air (profondeur air équivalente) pour obtenir une pression partielle en azote équivalente, donc une saturation en azote équivalente. Cette profondeur air équivalente (PAE) est celle utilisée pour rentrer dans la table de plongée à l'air et effectuer le calcul de palier comme on le ferait habituellement à l'air.

Pour calculer cette profondeur équivalente à l'air, l'élément central est le pourcentage d'azote dans le mélange. Ce dernier permettra de calculer la pression partielle en azote en utilisant toujours la formule :

$$P_{\text{gaz}} = P_{\text{abs}} \times \%_{\text{gaz}}$$

Pour utiliser les tables air pour des calculs de décompression nitrox on procède comme suit :

1. Connaître sa profondeur réelle maximale :  
La profondeur lue sur son profondimètre.
2. Calculer la  $P_{\text{pN}_2}$  lui correspondant en fonction du nitrox utilisé :  
 $P_{\text{pN}_2} = P_{\text{abs}} \times \%_{\text{N}_2}$
3. Trouver la profondeur qui donnerait la même  $P_{\text{pN}_2}$  si l'on plongeait à l'air : PAE  
 $P_{\text{abs}} = P_{\text{pN}_2} / 0.79$  (0.79 étant le % d'azote de l'air)  
**PAE = (Pabs - 1) x 10 mètres**
4. Lire sur les tables à l'air en utilisant cette PAE : les paliers et le GPS sont lus directement en croisant la PAE et le temps de plongée. Pour le temps de remontée, il faut prendre la profondeur réelle.

**Un plongeur utilise un nitrox 40. Il fait une plongée de 45 min à une profondeur de 25 mètres :**

Calcul de sa  $P_{\text{pN}_2}$  :

$$P_{\text{pN}_2} = 3.5 \times 0.6 = 2.1 \text{ bars}$$

Calcul de la PAE:

$$P_{\text{abs}} = 2.1 / 0.79 = 2.65 \text{ bars}$$

$$\text{PAE} = (2.65 - 1) \times 10 = 16.5 \text{ mètres}$$

Lecture dans les tables MN90 : profondeur 16.5 mètres, temps de plongée 45 min. Le plongeur n'a pas de palier. Sa durée de remontée est de 2 min.

A l'air, il aurait eu 16 min de palier à 3 mètres et une durée de remontée de 2' 30''.

Il est important de remarquer que la PAE est toujours inférieure à la profondeur réelle. Le cas contraire exprime indubitablement une erreur de calcul, certainement due à un trop fort enrichissement du mélange en rhum.

Pour des plongées successives, le procédé est le même. Bien sûr, la profondeur prise pour le calcul de la majoration sera la PAE envisagée pour la deuxième plongée (calculée en fonction de %N<sub>2</sub> du nitrox utilisé pour la deuxième plongée).

Pour une consécutive, on prendra la PAE la plus importante des PAE calculés pour chacune des deux plongées. Le temps pris pour rentrer dans les tables est comme à l'ordinaire, la somme des deux temps de plongée.

#### **Les conseils du consommateur d'azote :**

Utiliser les tables air pour une plongée au nitrox nécessite une planification préalable de la plongée (profondeur réelle maximum et calcul de la PAE correspondante). En effet, même si le calcul de la PAE se montre plutôt simple, il est préférable de ne pas l'improviser sur sa tablette immergeable en fin de plongée. De plus, comme chaque référence aux tables nécessite un calcul, il est fort difficile d'estimer durant la plongée le temps de palier si on dépasse la profondeur réelle envisagée.

Il est donc nécessaire de planifier la plongée et se tenir à cette planification.

### **Calcul des paliers avec des tables nitrox**

De nombreuses tables de plongée faites pour les nitrox sont disponibles pour la plongée loisir. Chaque table correspond à un nitrox donnée, c'est pourquoi il est nécessaire de disposer d'autant de tables que de mélanges nitrox utilisés. De ce fait, utiliser des tables nitrox se révèle peu pratique : le plongeur doit posséder une version immergeable du plus grand nombre de tables possible afin de disposer d'une table la plus proche possible du mélange qu'il utilise.

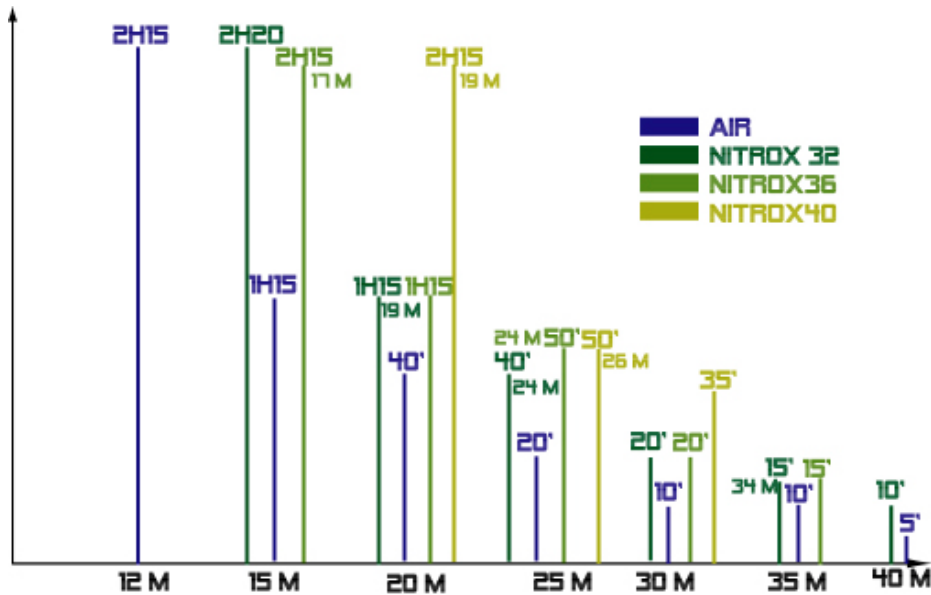
En France, la FFESSM fournit trois tables nitrox pour les trois mélanges courants : 32, 36 et 40. Elles sont dérivées des MN90 et donc se présentent et s'utilisent identiquement. Si le mélange utilisé ne fait pas parti de ce groupe, on prendra la table qui correspond à un nitrox ayant un pourcentage d'oxygène inférieur (donc un pourcentage d'azote supérieur). Par exemple, pour plonger avec un nitrox 35, on prendra la table du nitrox 32.

Les tables nitrox de la FFESSM s'utilisent exactement de même façon que les MN90. Les plongées successives et consécutives sont aussi gérées à l'identique. La vitesse de remonté est de 15 m/min et le temps pour passer d'un palier à l'autre (ou à la surface) est de 30 secondes. Quelques particularités sont à signaler :

- Les profondeurs marquées en gris sont les profondeurs limites à ne pas dépasser (P<sub>po2</sub> = 1.6 bars).
- Une colonne indique les temps de palier au nitrox et une autre les temps de palier à l'oxygène pur.

- Toute plongée permet de déterminer un GPS qui est utilisé pour calculer un taux d'azote résiduel en fonction de l'intervalle de surface. Ce taux d'azote résiduel est exprimé sous forme d'une lettre minuscule ce qui diffère des MN90 où il s'exprime sous forme numérique. Ces lettres minuscules ne doivent être confondues avec les lettres majuscules qui sont utilisées pour le GPS.

Comme pour les tables de plongée à l'air il est bon que le plongeur connaisse ses courbes de sécurité pour les nitrox les plus courants :



### Paliers à l'oxygène pur

Cette technique présentant quelques risques et un peu d'équipement et de préparation spécifique (mais une tellement meilleure décompression) est réservée à des plongeurs expérimentés. En effet, la Ppo2 critique étant de 1.6 bars, la profondeur limite à l'oxygène pur est donc de 6 mètres. A 7 mètres, le plongeur atteint une Ppo2 de 1.7 bars ce qui représente un danger sérieux. Il est clair que dans la zone proche de la surface, une petite variation de profondeur entraîne une forte variation de la Ppo2. De plus, l'oxygène s'accumule dans le métabolisme et peut devenir toxique à moyen terme (voir chapitre 7). Respirer de l'oxygène pur renforce cette accumulation à un moment où l'accumulation est maximale (fin de plongée) et expose dans le même temps le plongeur à une forte Ppo2 (palier 6 à 3 mètres). Il faut alors être vigilant et connaître les mécanismes d'accumulation de l'oxygène afin de ne pas commettre d'imprudences (voir chapitre 7). Aussi, le bloc d'oxygène doit être équipé d'un matériel parfaitement dégraissé et compatible O2 pur.

Les paliers se font à 3 ou 6 mètres. La durée est égale au 2/3 de la durée à l'air, seulement lorsque cette dernière est supérieure ou égale à 5 min. Faire ses paliers à l'oxygène ne change pas le GPS.

Trois techniques sont possibles pour les paliers l'O2 : le pendeur sous le bateau, le narghilé avec la bouteille sur le bateau et la bouteille « pony » que le plongeur emporte avec

lui. Dans tous les cas, un bloc gonflé à l'oxygène pur doit toujours être clairement identifié et identifiable par tout les plongeurs. Une méprise serait malheureuse.

### **Palier au nitrox, changement de mélange**

Il peut être souhaitable à un plongeur à l'air de faire ses paliers au nitrox. Il s'ensuit une meilleure décompression et/ou des paliers plus courts. Pour une meilleure décompression, il suffit de respecter son protocole de décompression habituel (table air, ordinateur air) en respirant son nitrox au palier. Pour raccourcir son temps de palier, il est indispensable de disposer d'un ordinateur multi-mélanges capable d'être basculé en cours de plongée d'un mélange à un autre. Il est alors possible de planifier des plongées longues en maximisant la décompression par l'utilisation de nitrox choisis en fonction du profil de la remontée. Il s'agit là de plongées techniques nécessitant une planification stricte et un calcul de décompression précis qui sortent du cadre de la plongée loisir ordinaire.

## 5 – Les ordinateurs aussi aiment le nitrox

Pas de chance, le vieil Aladin Pro acheté il y a cinq ans reste malheureusement accroché à l'air. Il faut réinvestir, de procurer une nouvelle machine capable de calculer une décompression appropriée aux différents mélanges. Par chance, l'air étant un nitrox comme un autre, tout ordinateur nitrox permettra de gérer la décompression lors de plongées à l'air ordinaire. En fait, la première chose à faire avant de plonger avec un ordinateur nitrox, c'est de lui dire le pourcentage d'oxygène contenu dans le nitrox. La machine en déduit les pressions partielles d'azote auxquelles le plongeur est soumis durant la plongée et calcule une décompression adaptée. Pour de l'air, on lui dira 21%, et pour un nitrox 40, et bien, 40% !

Donc, le seul souci d'utiliser un ordinateur nitrox est qu'il doit être configuré avant chaque plongée. Il faut lui dire :

- Le type de nitrox utilisé : %O<sub>2</sub>.
- La Pression partielle en O<sub>2</sub> maximale à ne pas dépasser. Une alarme peut être déclenchée en cas de dépassement.
- La profondeur maximale à ne pas dépasser. La aussi, il peut déclencher une alarme.

Le pourcentage d'O<sub>2</sub> sert à calculer la décompression. Le plongeur peut minorer ce dernier par rapport à son nitrox (moins d'O<sub>2</sub>, plus de N<sub>2</sub>, donc un calcul de décompression plus sévère) en rentrant un pourcentage inférieur à celui réellement dans la bouteille. Cependant, l'ordinateur risque de déclencher l'alerte de Ppo<sub>2</sub> maximale alors que cette dernière n'est pas réellement atteinte. Dans ce cas, il est bon de fixer la profondeur maximale en fonction du %O<sub>2</sub> réellement contenu par la bouteille. On obtient ainsi un ordinateur sécurisant pour la décompression et réagissant à une profondeur que l'on a soi-même défini. Ce mode peut être utile dans le cas où le pourcentage d'O<sub>2</sub> mesuré ne donne pas un chiffre rond (par exemple, 33.7%). Dans ce cas, on configurera l'ordinateur avec 33%, mais on calculera la profondeur limite en prenant 34% (soit, 37 mètres).

### **Les conseils du dresseur d'oxygène et du consommateur d'azote :**

**On va dans le sens de la sécurité en abaissant le %O<sub>2</sub> pour le calcul de la décompression et en augmentant ce dernier pour définir la profondeur limite à ne pas dépasser.**

Il n'y a rien de plus à savoir sur les ordinateurs nitrox qui sont basés sur les mêmes méthodes de calcul et offrent les mêmes types d'affichages que les ordinateurs air. Comme ces derniers, avec le nitrox il faut respecter les règles courantes :

- Garder le même ordinateur pendant une période de plongées répétitives.
- Garder des profils de plongée ascendants.
- Respecter les vitesses de remontées.
- Ne pas l'utiliser pour faire 38 plongées dans la même journée (avec les ordinateurs, comme avec les tables, il est conseillé de ne pas faire plus de deux plongées par jour).

Comme règles spécifiques à la plongée nitrox on gardera :



- Soyez vigilant en configurant votre ordinateur avant la plongée, votre vie en dépend.
- Contrôlez vous-même votre profondeur limite. Une alarme peut toujours oublier de se déclencher !

Certains affichages paraîtront insolites au plongeur air non initié au nitrox. Certaines machines afficheront un symbole SNC ou CNS avec un pourcentage à côté. Ou encore, un signe ésotérique (OTU ou UPTD) avec un nombre derrière. Il s'agit de compteurs « oxygène » qui servent à comptabiliser la charge toxique de l'oxygène respiré par le plongeur. Il est conseillé de lire la notice de l'ordinateur pour savoir quelles indications il fournit et de savoir que la toxicité de l'oxygène peut s'accumuler en doses toxiques. Suivant qu'il s'agit de la toxicité neurologique on parlera de SNC (Système Nerveux Central) ou de toxicité pulmonaire d'OTU (Oxygen Toxicity Unit) ou d'UPTD (Unit Pulmonary Toxic Doses) pour la toxicité pulmonaire. Ces deux compteurs ne doivent pas dépasser certains seuils pour ne pas faire courir un risque d'accident au plongeur. Ces seuils et ces notions sont examinées au chapitre 7.

## 6 – Se préparer avant la plongée plutôt que papoter avec sa voisine

Ce n'est pas parce que l'oxygène est vert et que l'azote jaune que ces couleurs sont communément utilisées pour identifier les bouteilles de nitrox. En fait, ces dernières peuvent être de toutes les couleurs (même roses avec des étoiles vertes). Le vert et jaune sont une habitude qui nous vient des manies anglo-saxonnes, comme le ketchup et les hamburgers. Qu'à cela ne tienne, c'est joli et ça se voit de loin ! En France, la bouteille sera souvent blanche (couleur pour l'oxygène) avec un chouette tatouage « NITROX » en vert et jaune.

Mis à part l'esthétisme pictural, nous avons quand même des normes en Europe. La bouteille doit afficher sur l'ogive une alternance de secteurs noirs et blancs et posséder en gros, très visible le label « NITROX » ou « EAN ». Aussi, doit être gravé : « Oxygène/Air » sur l'ogive.



La bouteille nitrox est totalement dégraissée pour être compatible avec de l'oxygène pur. Elle est donc réservée à cet usage et ne doit pas être raccordée à un système de gonflage non spécifiquement filtré. On ne pique pas un bloc nitrox pour mettre de l'air dedans parce qu'il n'y a plus de 15 litres disponible ! Un compresseur air peut être utilisé pour gonfler une bouteille de nitrox (qui a préalablement été partiellement rempli d'O<sub>2</sub> pur) mais la rampe de gonflage nitrox doit être pourvue d'un filtre spécial pour éliminer les résidus de graisse susceptibles de remonter du compresseur. Il est bon de savoir aussi que les joints toriques utilisés pour les robinets nitrox sont eux aussi dégraissés et compatibles oxygène pur.

L'oxygène et la graisse ne font pas bon ménage. A pression élevée et à forte concentration en oxygène, il y a risque de combustion, donc d'explosion. Aussi, on manipulera toujours l'oxygène pur avec la plus grande précaution et tous les transferts se feront « en douceur » (débit de 5 bars par minute).

L'entretien d'un bloc nitrox est identique à celui d'un bloc air : Rinçage à l'eau douce après la plongée, TIV tout les ans, et réépreuves avant qu'il ne commence à se fissurer.

Lorsque le bloc est fournit gonflé, le technicien de gonflage doit apposer dessus une bande adhésive sur laquelle est écrit :

- Le type de mélange
- Le pourcentage d'O<sub>2</sub>, la date et les initiales du technicien

Mais le plongeur ne doit avoir une confiance que très limitée dans ces informations. A lui de révéifier le mélange en procédant à une nouvelle analyse afin d'être sûr de ce qu'il respire (on a tellement tendance à respirer n'importe quoi de nos jours, surtout dans les grandes villes). Une fois son analyse terminée, il note sur la bande adhésive ses relevés :

- Le pourcentage d'O<sub>2</sub>, la date et son nom
- La profondeur limite du mélange (P<sub>po2</sub> = 1.6 bars)

Le technicien de gonflage doit aussi remplir et signer le registre d'analyse conservé à la station de gonflage.

Attention : le ruban adhésif ne doit jamais être retiré de la bouteille tant que cette dernière n'est pas vide.

### **Analyser le mélange**

Avant chaque plongée, le plongeur doit analyser son mélange sous peine de devenir fou et éventuellement tuberculeux s'il devient la cible d'un oxygène beaucoup trop présent pour ses petites capacités d'être humain ordinaire. L'analyse se fait avec un appareil que l'on nomme un analyseur. Il suffit de placer l'embout de l'analyseur devant la sortie de mélange de la bouteille, d'ouvrir faiblement la sortie (pas trop de débit, l'appareil est sensible), d'attendre, et de lire le pourcentage qu'indique l'appareil.

Les analyseurs les plus courants sont à sondes galvaniques. Ils ont une marge d'erreur d'environ 1% (comme quoi, aller frôler la P<sub>po2</sub> limite de 1.6 bars avec un mélange dont on peut douter au pourcentage près n'est pas très prudent). L'analyseur est sensible à la chaleur, sa précision en dépend. C'est pourquoi, un mélange encore chaud (qui sort du four... du compresseur) donne une analyse peu précise (en plus, le mélange n'est peut être pas encore bien homogène). Pour la même raison, on évitera de tenir l'embout à pleines mains, afin de ne pas transmettre la chaleur.

Un analyseur est un animal comme un autre : sa durée de vie est limitée et il s'use, donc se dérègle avec le temps. Il faut donc l'étalonner avant chaque session d'analyse afin de lui apprendre ce qu'est l'air pour qu'il puisse reconnaître un nitrox. Une bonne analyse se déroule ainsi :

- On purge la robinetterie de la bouteille afin de l'assécher (l'analyseur est comme beaucoup de plongeurs : il n'aime pas l'eau).
- On étalonne l'appareil à l'air du pays. Le pourcentage d'O<sub>2</sub> est positionné à 21%.
- On ouvre doucement le robinet de la bouteille et on positionne l'embout de l'analyseur à la sortie. Il faut attendre de 10 à 30 secondes que la mesure se stabilise. On note le %O<sub>2</sub> mesuré.
- On ferme la bouteille et on attend que l'analyseur redescende à la mesure de l'air du pays. Il doit indiquer le même pourcentage que celui ayant servi pour l'étalonnage. S'il ne le fait pas ou qu'il se montre lointain et imprécis, réitérer l'analyse. Si le

problème persiste, offrez la sonde à oxygène de l'analyseur à votre petit frère qui essaie d'entraîner son pitbull à la plongée sous-marine et achetez en une neuve.

#### **La recommandation impérieuse de l'artificier**

Si le nitrox montre un pourcentage d'oxygène supérieur à 40%, un équipement non dégraissé ne peut être gréé sur le bloc. Il faut impérativement un détendeur, un direct système de gilet et de combinaison étanche compatible O2 pur, c'est-à-dire préparés par un technicien spécialisé pour recevoir de l'oxygène pur.

Maintenant que le contenu de la bouteille n'a plus de mystère, le plongeur doit calculer sa profondeur limite et retourner cette valeur 7 fois dans sa tête afin d'en être totalement imprégné et ne jamais se laisser aller à approcher cette dernière pendant la plongée. Il peut être bon de calculer sa PAE afin de se donner un repère par rapport à son profil de décompression (indispensable de calculer cette dernière si le plongeur suit une décompression nitrox à l'aide d'une table air).

## 7 – L'oxygène est comme le chômage, il tend à s'accumuler

Et pour le résorber, pas de recette miracle ! Une seule solution : attendre et respirer l'air du temps. Mais à l'opposé du chômage, pour l'oxygène, il est certain qu'il finira par s'évacuer. En fait, l'oxygène ne s'accumule pas vraiment. Simplement, des expositions prolongées et répétées à des Ppo2 importantes font progressivement augmenter le niveau de sensibilité du métabolisme par rapport aux crises hyperoxyques (crise neurologique et toxicité pulmonaire). C'est comme si le plongeur accumulait des « doses toxiques d'oxygène » qui ne provoquent aucun symptôme sur le moment, mais, une fois un certain seuil atteint, vont favoriser le déclenchement d'une crise hyperoxique neurologique (effet Paul Bert) ou de lésions pulmonaires (effet Lorrain-Smith).

Sur ce sujet, les recherches restent encore d'actualité et il n'est aucun système totalement valide et sûr qui permette de donner des règles indiscutables. Cependant, il est encore possible d'avoir confiance dans de grands organismes comme la N.O.A.A (National Oceanic and Atmospheric Administration) ou l'U.S. Navy pour nous fournir quelques règles afin de ne pas abuser des mélanges suroxygénés à haute pression.

### Le compteur SNC

S.N.C. pour Système Neurologique Central (ou C.N.S. en anglais). Il s'agit d'un compteur qui accumule les effets de l'oxygène sur le système nerveux central. Une fois le maximum atteint à ce compteur, la crise hyperoxique se produit. Rien de compliqué pour l'utiliser. Le plongeur part de 0% (il sort de son lit après 3 mois passés entre son bureau, son appartement et le court de tennis de sa résidence) et commence à se mettre du Nitrox plein les poumons. A partir de là, pour chaque minute où il inhale de l'O2 à une pression partielle supérieure ou égale à 0.6 bars, le compteur monte, jusqu'à, ce qui est totalement déconseillé, qu'il dépasse 100%.

Aussi, pour ne pas s'intoxiquer (ne pas faire monter trop haut le compteur SNC), il est bon de se reposer au « grand air ». Respirer de l'air, rien que de l'air, à une pression similaire à celle qui règne dans le métro parisien. Et là, miracle, notre compteur baisse.

Pour savoir comment il augmente on se réfère à la table qui donne l'accroissement du SNC par minute d'exposition à une pression partielle d'oxygène donnée. Pour le faire baisser, il est aussi possible d'utiliser une table. Dans la pratique, il suffit de savoir qu'il est divisé par deux toutes les 90 minutes passées à respirer en surface l'air du pays.

Ppo2	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
%SNC / min	0.14	0.18	0.22	0.28	0.33	0.42	0.47	0.56	0.65	0.83	2.22	10.0	50.0

#### Quelques règles pour ne pas faire n'importe quoi avec le SNC :

- Respecter un intervalle de surface de 45 min si un SNC de 50% à 80% est atteint après une plongée.
- De 80% à 99%, on respectera un intervalle d'au moins deux heures.
- A 100%, l'intervalle sera de 12 heures.

En fait, les pratiquants de plongées au nitrox dans un cadre loisir « sans excès » n'ont que peu à s'en préoccuper du SNC. Dans le cadre d'une pratique courante, ce dernier ne montera que très rarement au dessus de 70%.

Pour l'exemple, un plongeur fait 60 minutes à 25 mètres avec un nitrox 40 (profondeur limite 30 mètres, Ppo2 = 1.4 bars). Il sort donc avec un SNC de 39%. Il refait une autre plongée une heure après. Les 90 minutes d'intervalle de surface n'étant pas écoulées, le SNC n'est pas diminué. Il repart avec un nitrox 32 pour une plongée de 40 minutes à 35 mètres (Ppo2 = 1.44 bars). Il ressort avec une augmentation du SNC de 33.2% et atteint donc un SNC total de 79.2%. Il repart pour une plongée de nuit 4 heures après. Son SNC est deux fois divisés par deux :  $79,2 / 2 = 39,6$  et  $39,6 / 2 = 19,8\%$ . Il a attendu au moins 45 min avant de refaire une plongée. Il fait une plongée à 30 mètres au nitrox 36 pendant 60 minutes. Sa Ppo2 est de 1.44 bars. Il augmente son SNC de  $0,83 \times 60$  de 49,8% et atteint un SNC total de 69,6%. Le lendemain, il replonge après un intervalle de surface de 9 heures. Son SNC est alors redescendu à 1,08%.

Cette exemple montre que sur une série de plongées (3 dans la journée) avec de fortes expositions à l'oxygène, il est bien difficile d'atteindre un SNC critique de 100%.

Par contre, un plongeur effectuant de longs paliers à l'oxygène pur ainsi que tout plongeur technique ayant de longs paliers à effectuer au nitrox pourrait dans une journée atteindre un SNC élevé.

Et puis, il est prudent de se garder une marge sur son compteur SNC dans le cas malheureux où un traitement à l'oxygène et/ou une recompression en caisson devrait avoir lieu après la plongée.

## Les unités de toxicité

En plus de l'effet neurologique, l'hyperoxie agit sur les poumons et finit par irriter ces derniers (effet Lorrain-Smith). Cette toxicité est quantifiée par des « unités de toxicité » poétiquement appelées U.P.T.D. (Unit Pulmonariy Toxic Doses) ou O.T.U. (Oxygen Toxic Unit).

On considère qu'il ne faut pas dépasser 600 U.P.T.D./O.T.U. par jour et il est conseillé de ne pas dépasser 400.

Une table donne la dose d'U.P.T.D./O.T.U. reçue pendant une minute à une Ppo2 donnée.

<b>Ppo2 atteinte</b>	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
<b>O.T.U. / min</b>	0.27	0.47	0.65	0.83	1	1.16	1.32	1.48	1.63	1.78	1.92

Il est possible de « cumuler » ces doses sur plusieurs jours. La table REPLEX donne les doses maximales acceptables par jour pour différents jours d'exposition.

Nombre de jours d'exposition	Dose limite par jour	Dose limite cumulée
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

Comme pour le SNC, il est préférable de se garder une marge de sécurité vis à vis de l'accumulation de doses toxiques d'oxygène. Un tour en caisson hyperbare est si vite arrivé, en respirant un mélange suroxygéné, bien sûr.

## 8 – Fais-le toi-même

Et oui, toi aussi tu peux le faire ! Pour te faire ton nitrox, inutile d'investir dans un siphon de bistrot ou dans un mixer high-tech garanti pour préserver tout l'arôme de la banane dans les milk shake. Différentes techniques sont possibles pour fabriquer des nitrox, certaines nécessitant des équipements industriels et d'autres pouvant être entreprises dans le local de gonflage de ton club.

### La méthode par pressions partielles

Il s'agit de se procurer une bouteille d'oxygène pur, d'introduire une certaine pression d'O<sub>2</sub> dans le bloc nitrox et ensuite de rajouter à l'aide du compresseur l'air manquant pour aboutir au mélange désiré. Attention, cette méthode artisanale est facile à réaliser mais nécessite une manipulation d'O<sub>2</sub> pur, ce qui est délicat et peut être dangereux.

Pour réussir le mélange, l'important est la dose d'oxygène (en pression) qu'il faut introduire au préalable dans le bloc nitrox. La formule complète est :

$$PO_2 = \left( \frac{(P \times \%O_2) - (P_{ini} \times \%O_{2ini})}{(P - P_{ini}) - 21} \right) \times (P - P_{ini})$$

PO<sub>2</sub> : la pression d'O<sub>2</sub> à insérer dans le bloc

P : la pression finale du bloc

%O<sub>2</sub> : le %O<sub>2</sub> du nitrox désiré

P<sub>ini</sub> : la pression initiale du bloc

%O<sub>2ini</sub> : le %O<sub>2</sub> initial du mélange présent dans le bloc

En considérant que le bloc est vide à l'origine (P<sub>ini</sub> = 0), l'équation se simplifie.

$$PO_2 = \left( \frac{\%O_2 - 21}{79} \right) \times P$$

Cette méthode est la plus utilisée du fait du peu d'investissement en matériel qu'elle nécessite. Cependant, elle utilise des blocs capables de recevoir de l'oxygène pur (il est alors impossible de les utiliser pour faire de la crème chantilly) et implique une manipulation d'oxygène ce qui est toujours délicat.

### La méthode par poids moléculaire

Là il faut être un industriel disposant des moyens pour peser les molécules pour réaliser les mélanges avec cette technique.

### La méthode par volume

Le mélange est fait à pression atmosphérique en ajoutant les volumes désirés et comprimé ensuite pour être stocké dans la bouteille.

### Les mélanges industriels



Le nitrox est acheté tout fait chez un industriel qui le fabrique. On remplit son bloc avec. Si le nitrox fait moins de 40% d'oxygène, on peut utiliser un bloc air ordinaire car il n'y a alors aucun contact entre le bloc et un nitrox à plus de 40%.

### **Mélange par flux continu**

Il s'agit d'injecter de l'oxygène dans le flux d'air avant la compression. Pour des nitrox inférieurs à 40% il est possible d'utiliser un compresseur air et des bouteilles air.

### **Mélange par membrane semi-perméable**

Maintenant, on se contente de filtrer et d'extraire une partie de l'azote de l'air et de comprimer le mélange. L'avantage est qu'il n'y a aucune manipulation d'oxygène pur. Il n'est pas possible de fabriquer un nitrox supérieur à 40%.

### **Méthode par tamis moléculaire**

Il s'agit toujours de filtrer l'azote en fixant les molécules à l'aide d'un tamis

Il va sans dire que l'utilisation de ces techniques et la fabrication de mélanges ne s'improvisent pas. Pour ceux qui auraient à assurer le poste de technicien des mélanges, il est préférable de trouver un stage avec un technicien déjà expérimenté dans le domaine, de se documenter sur les équipements disponibles dans l'industrie et de potasser quelques notions sur les gaz et leur physique.