

LA PLONGEE « LOISIRS » AUX MELANGES

NITROX ET TRIMIX

B. Gardette

GARDETTE Bernard, Docteur es Sciences, Directeur Scientifique COMEX SA, Marseille, FRANCE

THE « RECREATIONAL » NITROX AND TRIMIX DIVING

NITROX (Enriched-Air NITROX : EAN) diving is a technical diving (TEK-diving) method to reduce the time of decompression or increase the bottom time of dive without decompression stop. But this dive is limited to shallow water depth (maximum 40 msw) due to oxygen toxicity.

In the TRIMIX breathing gas mixture, nitrogen is partly replaced by helium to control nitrogen narcosis at great depth (between 40 and 80 msw). Due to extreme depth, the recreational diver must be specially trained like a professional diver and specific diving method must be used. A large choice of decompression procedures exist but to dive safe, we recommend to use only validated tables (NOAA, French Navy or COMEX). Deeper than 80 msw TRIMIX autonomous recreational diving must be replaced by HELIOX professional diving with technical support like wet bell. The mixed gaz NITROX and TRIMIX will be manufactured for safety reason by professional specialists with quality and composition controls.

1. INTRODUCTION

La plongée NITROX (azote, oxygène), moyennant des adaptations de l'équipement et des procédures, est à la portée de tout bon plongeur à l'air compte tenu qu'elle ne concerne que les faibles profondeurs (maximum 40 m.). Par contre, la plongée TRIMIX (TERNAIRE) se situe dans une zone de profondeur beaucoup plus importante (entre 50 et 80 m.).

Au-delà de la zone de plongée à l'air courante (0-40 m.), la plongée autonome profonde à l'air (40-60 m.) puis la plongée TRIMIX, nécessite du matériel, une organisation, une aptitude individuelle et un entraînement très spécifique ; ce qui en fait une plongée technique (plongée TEK) plus près de la plongée professionnelle (1, 3) que de la plongée loisirs (2, 4). Le principal danger reste l'autonomie du plongeur. Il doit gérer seul (même s'il plonge en binôme) l'ensemble des décisions qu'il aura à prendre au cours de sa plongée et ceci jusqu'à 80 m. de profondeur ! Au-delà, seule la plongée par système (tourelle de plongée et caisson de décompression) est concevable en toute sécurité (1, 3).

2. LA PLONGEE NITROX

La plongée au NITROX est définie ici comme une méthode où le plongeur respire durant sa plongée un air enrichi en oxygène. L'avantage de cette méthode est de réduire la pression partielle d'azote dans le mélange respiratoire et donc la quantité d'azote dissoute dans l'organisme pour un temps de plongée donné. Les temps de décompression après plongée NITROX seront plus courts que lors d'une plongée à l'Air. De même, pour des plongées sans palier de décompression, les temps d'intervention au fond seront augmentés. Plus la pression d'oxygène (ou le pourcentage) sera importante, plus le temps de décompression sera écourté. Cependant, l'utilisation du NITROX est limitée par la toxicité de l'oxygène.

La pression partielle maximale d'O₂ admissible dans l'eau est de 1,6 bar (1,6 ATA, 160 kPa). Le pourcentage d'oxygène doit donc être réduit avec l'augmentation de la profondeur. Ainsi, le NITROX est surtout intéressant pour les plongées à faible profondeur et peu utilisable au-delà de 40 m.

Trois mélanges NITROX sont fréquemment employés :

- NITROX 50/50 0-22 m
- NITROX 40/60 0-30 m
- NITROX 30/70 0-43 m.

Mais d'autres mélanges intermédiaires entre 25 % et 50 % d'oxygène peuvent également l'être, comme les 36 % d'O₂ jusqu'à 34 m. ou les 32 % jusqu'à 40 m. (NOAA).

Le même NITROX, respiré lors du séjour au fond, le sera au cours de la décompression. Le plongeur pourra également utiliser au palier de 6 m. 100 % d'O₂ (ou 70 % à partir de 9 m.). Cependant, les durées journalières d'utilisation des NITROX en plongée sont limitées afin d'éviter les effets toxiques pulmonaires de l'oxygène.

Il n'existe pas de table de décompression spécifique NITROX. La décompression est donnée par les tables à l'air aux profondeurs équivalentes (MN 90, MT 92). Le calcul est fonction de la pression partielle d'azote dans le mélange respiré, pour une durée sous pression donnée. Une correction des décompressions NITROX doit également être faite en fonction de l'altitude du lieu de plongée. En cas d'accident de décompression, on utilisera les mêmes procédures qu'en plongée à l'air.

Le plongeur NITROX peut utiliser pour gérer sa décompression un ordinateur de plongée NITROX dérivé des ordinateurs « Air » (voir chapitre « l'ordinateur de plongée »).

La fabrication du NITROX dû au risque d'inflammation dans la manipulation de l'OXYGENE pur doit être laissée aux professionnels. De plus, avant chaque plongée NITROX, le plongeur vérifiera la teneur exacte en O₂ de son mélange gazeux.

3. LA PLONGEE TRIMIX

La plongée aux mélanges gazeux TRIMIX (encore appelée TERNAIRE) se caractérise par le remplacement d'une partie de l'azote par de l'hélium pour aboutir à un mélange gazeux à trois composants : oxygène, hélium, azote (O₂ / He / Ne). Le but essentiel est de diminuer les effets de la « Narcose à l'azote » au-delà de 50 m. de profondeur. La proportion d'hélium dans le mélange respiratoire TRIMIX sera augmentée en fonction de la profondeur atteinte, de façon à avoir une PN₂ comprise entre 3 et 5b (correspondant à une profondeur de 30 et 50 m. à l'air) ce qui donne 30 % à 50 % d'hélium pour des profondeurs comprises entre 60 et 80 m. (PHe de 2 à 5 b). Certains plongeurs utilisent des TRIMIX faiblement dosés en He (15 % à 30 %) comme les corailleurs par souci d'économie, au risque d'être narcosés au fond. Le remplacement de l'azote par de l'hélium, en plus du surcoût financier, va aussi augmenter le stress thermique du plongeur dû à une déperdition calorifique respiratoire accrue. De plus, la plongée TRIMIX nécessite l'utilisation de matériel et procédures spécifiques.

3.1. ASPECTS TECHNIQUES

Il ne sera fait ici que la liste des points techniques importants en plongée TRIMIX ; il est recommandé au plongeur de prendre contact avec des organismes spécifiques qui gèrent l'enseignement de ce type de plongée en France comme la FFESSM, CMAS, IANTD et TDI (4).

3.1.1. LA FABRICATION DES MELANGES GAZEUX

Il est conseillé à l'utilisateur d'acheter les mélanges fabriqués et garantis par un fabricant professionnel spécialisé. Celui-ci prendra en compte la pureté des gaz constitutifs du mélange (qualité plongée) et d'éventuels problèmes liés à la stratification du mélange. Le contrôle de la composition exacte du TRIMIX devra cependant être refait avant utilisation.

3.1.2. L'ORGANISATION DE LA PLONGEE

C'est un point capital de la sécurité en plongée profonde :

- organisation des palanquées par équipe de deux plongeurs de même niveau ayant les certificats requis pour ce type de plongée (y compris l'aptitude médicale)
- disposition d'un pendeur, indispensable pour les longs paliers de décompression où sont fixées les réserves de gaz nécessaires à la décompression (NITROX et OXYGENE, voir tables de décompression)
- définition d'un planning très précis du déroulement de la plongée afin d'éviter toute improvisation
- mise en place d'une équipe de plongeurs secours et d'une procédure d'évacuation rapide vers le caisson hyperbare de recompression thérapeutique le plus proche.

3.2. LES PROCEDURES DE DECOMPRESSION

Pour la plongée TRIMIX profonde, les plongeurs disposent d'un choix très important de tables de décompression. Ils peuvent utiliser, soit les tables dont la provenance est bien identifiée et la sécurité vérifiée : Marine Nationale (MN 78), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Ministère des Pêches (Corailleurs 95) et COMEX (CX 04), soit les tables disponibles sur internet sans aucune garantie de sécurité : Decoplanner, ABYSS 150, ABYSS RGBM, ZHL-16, VPM, RGBM « full ».

Une étude comparative des profils de décompression donnés par ces différentes tables (tableaux I, II, III et IV) permet d'en tirer les commentaires suivants :

3.2.1. DUREE TOTALE DE LA DECOMPRESSION

Les décompressions les plus courtes sont celles données par les logiciels VPM, RGBM « full » et dans une moindre mesure par ZHL-16 et ABYSS RGBM (tableaux III et IV). Des durées moyennes sont indiquées par les tables MN 78, NOAA, CX 04, Decoplanner et ABYSS 150 (tableaux I, II, III et IV). Ces sont les tables Corailleurs / Doris qui sont les plus longues (tableaux I et II).

3.2.2. PROFIL DE LA DECOMPRESSION

Les vitesses de décompression les plus lentes jusqu'au premier palier (5 à 6 m/min) et/ou les paliers les plus profonds sont donnés par les tables VPM, ABYSS RGBM et RGBM « full » (tableaux III et IV). Or, ce sont aussi les décompressions les plus courtes. Ce type de profil « extrême » présente le risque d'une surcharge des « tissus » lents de l'organisme lors de la phase profonde de la décompression et ainsi d'augmenter fortement la production d'embolies gazeuses d'azote dans les heures qui suivent le retour en surface (contrat DGA 98.383). Une vitesse comprise entre 8 et 12 m/min semble plus appropriée (ou une vitesse plus rapide avec paliers profonds).

3.2.3. OXYGENE

L'oxygène utilisé au fond sera adapté en fonction de la profondeur maximale atteinte en limitant la PO_2 à 1,4 b (soit 16 % à 80 m.). La prise d'oxygène pur se fera au maximum à 6 m. de profondeur ($PO_2 = 1,6$ b) et non à 12 m. ($PO_2 = 2,2$ b) comme c'est le cas dans les tables MN 78 et Corailleurs (tableaux I, II et III). Pour optimiser le temps de décompression, on utilisera un mélange NITROX suroxygéné (36/64 NOAA, 40/60 Decoplanner, CX 04... Tableaux I, II et IV).

3.2.4. CONCLUSIONS

Il existe une très grande dispersion dans les tables de décompression TRIMIX (plus de 100 % du temps). Il est donc nécessaire d'observer une très grande prudence vis-à-vis de l'utilisation des tables les plus courtes (VPM, RGBM « full » et ABYSS RGBM) surtout que celles-ci ne présentent pas le meilleur profil (trop lent au départ de la remontée et trop rapide près de la surface).

Les tables de décompression qui semblent présenter le meilleur compromis entre la sécurité et la durée sont à recommander dans le cas d'un travail modéré au fond (MN 78, NOAA, CX 04, Decoplanner, ZHL-16).

Dans le cas d'un travail pénible, les tables les plus longues (ABYSS 150, Corailleurs) sont à conseiller (avec cependant une prise d' O_2 pur à partir de 6 m., tables JC. LEPECHON 1997). Dans tous les cas, on limitera la plongée loisirs TRIMIX à 70 m/20 min et 80 m/15 min (les tables des tableaux I, III et IV ne sont données ici qu'à titre indicatif).

Au-delà, on sort de la plongée TRIMIX loisirs, pratiquée par des amateurs, pour rentrer dans la plongée HELIOX professionnelle soumise à la Réglementation du Travail de 1992 (1).

3.3. PREVENTION DES RISQUES INDIVIDUELS DES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION (ADD)

La plongée profonde à l'Air et au TRIMIX (40-80 m.) nécessite pour être pratiquée en toute sécurité, non seulement du bon matériel, une bonne organisation, de bonnes procédures de décompression, mais aussi l'application de règles simples de prévention du risque. En plongée, il existe plusieurs facteurs de risques liés à l'individu et aux conditions de plongée (environnement). Sur le tableau V, les facteurs de risques les mieux identifiés jusqu'à présent ont été listés (7 facteurs individuels et 6 facteurs environnementaux).

Il conviendra au plongeur d'identifier ses propres facteurs de risques et ceux liés à la plongée qu'il désire réaliser. On peut considérer que le plongeur loisirs restera en sécurité s'il n'en cumule pas plus de 6 au total. Si avant la plongée il cumule déjà 3 à 5 facteurs de risques individuels, il devra être d'autant plus prudent pour réaliser sa plongée. Cette présentation synthétique permet de faire prendre conscience au plongeur des risques d'ADD encourus avant d'aborder la plongée profonde Air ou Trimix. De plus, il peut agir sur sa condition physique et sur sa manière de plonger afin de limiter ces risques.

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Journal Officiel de la République Française. Travaux en milieu hyperbare. Mesures particulières de Prévention. Editions Direction des Journaux Officiels, Paris, juin 1992.
2. JUVENSPAN H, THOMAS C. Plonger aux mélanges. Editions « Eau noire », 1992.
3. NOAA Diving Manual. Diving for Science and Technology. US Department of Commerce. JT Joiner Editor, fourth Edition, 2001.
4. VETTIER J. Plongée technique, Nitrox, Trimix. Editions Eugen ULMER, 2004.

TRIMIX : 70 mètres / 25 min

Mélange Fond (MF) = % O₂ / % He / % N₂

	NOAA ⁽¹⁾ MF = 18/50/32	CX 04 ⁽²⁾ MF = 18/41/41	Corailleurs ⁽³⁾ MF = 18/15/67
Remontée (MF)	2 min (V = 18 m/min)	5 min (V = 10 m/min)	6 min (V = 8 m/min)
Paliers			
33 m	1 (nitrox 36/64)	-	-
30	2	-	-
27	2	-	-
24	2	2 (nitrox 40/60)	-
21	2	2	8 (MF/Air)
18	2	4	8
15	5	5	9
12	6	6	12 (O ₂)
9	16	12	12
6	13 (O ₂)	15 (O ₂)	21
3	25	33	34
Total décomp.	78 min (1 h 18)	84 min (1 h 24)	110 min (1 h 50)

TABLEAU I : COMPARAISON DES TABLES DE DECOMPRESSION

⁽¹⁾ National Oceanic and Atmospheric Administration – U.S. Department of Commerce (1998)

⁽²⁾ COMEX 2004 / Contrat DGA 98.383

⁽³⁾ Décret Ministère des Pêches et de l'Agriculture (22/12/1995) et Doris 1977

TRIMIX : 80 mètres / 10 min

Mélange Fond (MF) = % O₂ / % He / % N₂

	Decoplander MF = 18/38/44 ⁽¹⁾	MN 78 MF = 18/41/41 ⁽²⁾	CX 04 MF = 18/41/41 ⁽³⁾	Corailleurs MF = 15/30/55 ⁽⁴⁾
Remontée (MF)	5 min (V = 10 m/min)	5 min (V = 15 m/min)	6 min (V = 10 m/min)	7 min (V = 9 m/min)
Paliers				
33 m	1 min	-	-	-
30	1 (nitrox 40/60)	-	-	-
27	1	-	-	-
24	1	-	-	-
21	1	-	-	-
18	1	-	2 (nitrox 40/60)	4 (MF/Air)
15	1	-	2	5
12	2	4 min (O ₂)	3	8 (O ₂)
9	4	4	5	8
6	13 (O ₂)	4	6 (O ₂)	11
3	-	13	11	18
Total décomp.	31 min	30 min	35 min	61 min

TABLEAU II : COMPARAISON DES TABLES DE DECOMPRESSION

⁽¹⁾ Décompression planner (source internet)

⁽²⁾ Marine Nationale française MN78 (1978)

⁽³⁾ COMEX 2004 / Contrat DGA 98.383

⁽⁴⁾ Décret Ministère des Pêches et de l'Agriculture (22/12/1995) et Doris 1977.

TRIMIX : 85 mètres / 15 min

Mélange Fond (MF) = % O₂ / % He / % N₂

	RGBM « full » MF = 16/42/42 ⁽¹⁾	ZHL - 16 MF = 16/42/42 ⁽²⁾	CX 04 MF = 16/42/42 ⁽³⁾	ABYSS 150 MF = 16/42/42 ⁽⁴⁾	Corailleurs MF = 15/30/55 ⁽⁵⁾
Remontée (MF)	7,5 min V = 6 m/min	3 min V = 18 m/min	6 min V = 10 m/min	2 min V = 20 m/min	5 min V = 10 m/min
42 m	-	-	-	1	-
39	1 min (air)	- (air)	- (air)	1 (air)	-
36	0,5	-	-	1	1
33	0,5	-	-	1	1
30	1	1	-	2	4
27	1,5	2	1	2	6
24	1,5	1	2	3	6
21	2	3	3	4	7
18	2	4	4	6	12
15	3	5	5	7	18
12	4	8	9	12	12 (O ₂)
9	6	13	14	18	17
6	4,5 (O ₂)	13 (O ₂)	13 (O ₂)	18 (O ₂)	27
3	8	24	31	36	33
Total décomp.	43 min	77 min (1 h 17)	88 min (1 h 28)	114 min (1 h 54)	149 min (2 h 29)

TABLEAU III : COMPARAISON DES TABLES DE DECOMPRESSION

⁽¹⁾ Reduce Gradient Bubble Model (RGBM – internet)

⁽²⁾ ZHL-16 (BUHLMAN)

⁽³⁾ COMEX 2004 / Contrat DGA 98.383

⁽⁴⁾ ABYSS 150 (internet)

⁽⁵⁾ Décret Ministère des Pêches et de l'Agriculture (22/12/1995) et Doris 1977

TRIMIX : 90 mètres / 20 min

Mélange Fond (MF) = % O₂ / % He / % N₂

	VPM MF=14/50/36 ⁽¹⁾	ABYSS RGBM MF=14/50/36 ⁽²⁾	ZHL-16 MF=14/50/36 ⁽³⁾	CX 04 MF=14/50/36 ⁽⁴⁾	ABYSS 150 MF=14/50/36 ⁽⁵⁾
Remontée (MF)	5 min V = 5 m/min	5 min V = 5 m/min	5 min V = 8 m/min	6 min V = 10 m/min	5 min V = 10 m/min
66 (MF)	1	0,5	-	-	-
63	1	0,5	-	-	-
60	1	0,5	-	-	-
57	1	1	-	-	-
54	1	1	-	-	-
51	1	1	-	-	-
48	2	1,5	2	-	-
45	2	2	2	-	-
42	2	2,5	2	-	1
39	3	3	2	-	2
36	3	3,5	2	-	3
33	4	3,5	2	1	4
30 (nitrox 40/60)	5	1,5	2	2	3
27	1	2,5	2	2	3
24	1	2,5	2	3	4
21	3	3	4	3	6
18	4	3	4	5	8
15	5	7,5	6	6	10
12	6	8,5	9	10	15
9	10	13	12	16	23
6 (O ₂)	22	35	44	67	76
3	-	-	-	-	-
Total Décomp.	84 min (1 h 24)	102 min (1 h 42)	102 min (1 h 42)	121 min (2 h 01)	160 min (2 h 40)

TABLEAU IV : COMPARAISON DES TABLES DE DECOMPRESSION

- (1) Varying Permeability Model VPM (internet)
 (2) ABYSS – Reduced Gradient Bubble Model (RGBM-internet)
 (3) ZHL-16 (BUHLMAN)
 (4) COMEX 2004 / contrat DGA 98.383
 (5) ABYSS 150 (internet)

FACTEURS DE RISQUES D'ACCIDENTS DE DECOMPRESSION (ADD)

FACTEURS INDIVIDUELS	FACTEURS LIES A LA PLONGEE
① Age (> 40 ans)	① Profondeur / durée trop importante (plongée saturante)
② Poids – masse grasse excessive	② Répétitivité excessive (+ de 2 plongées/jour), profil « yoyo », altitude
③ Mauvaise forme physique	③ Vitesse de remontée > 15 m/min (sans palier intermédiaire)
④ Antécédents de traumatismes, de maladie grave, ADD, présence d'un FOP	④ Fatigue avant la plongée (voyage, stress psy. déshydratation, hypoglycémie etc...)
⑤ Longue pratique de la plongée (+ de 10 ans)	⑤ Effort / froid / stress psy. pendant la plongée
⑥ Mauvaise hygiène de vie, prise de médicament, alcool, tabac, alimentation trop riche en protéines	⑥ Effort / fatigue après la plongée (apnée, déshydratation, hypoglycémie, choc thermique etc...)
⑦ Perte du conditionnement due à la non répétition des plongées (plongée précédente depuis plus de 3 jours)	

TABLEAU V