



LES MELANGES

Introduction.

Justification des mélanges.

Principal intérêt des mélanges.

Les différents gaz utilisés.

Les différents mélanges.

Qu'est ce que le Nitrox.

Les avantages et les inconvénients du Nitrox.

L'hyperoxie (effet Paul BERT)

La toxicité pulmonaire à l'oxygène (effet LORAINN SMITH)

La Pression Equivalente à l'Air : P.E A.

Les ordinateurs Nitrox.

Analyse du Nitrox.

Marquage des bouteilles, matériel utilisé.

Les mélanges ternaires : TRIMIX

INTRODUCTION

Le plongeur de niveau 4 est l'encadrant de la palanquée, il est responsable en plongée d'une palanquée de plongeurs de différents niveaux, de l'espace proche à l'espace lointain.

Il doit suivre une formation nitrox pour répondre aux encadrements suivants :

- avec la qualification nitrox confirmé il peut encadrer une palanquée nitrox
- dans une palanquée « air » il peut respirer un mélange nitrox ou oxygène (article 24 de l'arrêter), sur fond respectant la profondeur du mélange sans se mettre en danger en cas de dépassement de profondeur.

JUSTIFICATION DES MELANGES

La respiration des mélanges en plongée sportive n'est pas nouvelle, car déjà utilisés par les professionnels et les militaires, les passionnés de plongées spéléologie, archéologie et les photographes sous marins se sont mis aux mélanges pour la sécurité qu'ils apportent.

Aux Etats Unis, où l'utilisation des mélanges par des amateurs éclairés, en particulier. Le nitrox se généralise et ce phénomène nous gagne rapidement.

PRINCIPAL INTERET DES MELANGES

Si la concentration en azote dans un mélange est diminuée par l'adjonction d'un autre gaz en général sans action neurologique, il y a diminution de la *narcose*.

De plus certains gaz diffusent mieux et plus vite à travers les tissus, comme l'hélium et l'hydrogène donc saturation et désaturation rapidement ainsi pour les plongées avec ces gaz les **temps de décompressions sont plus courts qu'à l'air.**

LES DIFFERENTS GAZ UTILISES

A quoi servent ces différents gaz (définitions complètes en annexe)

L'Azote (N₂)

L'azote gaz inodore et incolore très soluble dans les tissus, a un pouvoir narcotique et provoque les accidents de décompression, sa fonction principale est de tempérer les effets de l'oxygène : *on en inspire autant que l'on expire.*

L'Oxygène (O₂)

Il est transporté : sous forme combinée à l'hémoglobine

Sous forme dissoute dans le plasma sanguin

Il joue un rôle fondamental dans le métabolisme : il fournit l'énergie aux muscles et organes et produit des déchets tels que le gaz carbonique CO₂.

Il peut devenir dangereux respiré sous une pression partielle supérieure à 1,6 b

Le Gaz Carbonique (CO₂)

Déchet provoqué par le métabolisme cellulaire, il est le principale stimulant de la respiration et provoque l'essoufflement.

L'Hélium (He), l'Hydrogène (H₂)

Nous trouvons d'autres gaz tel que l'hélium (He), l'hydrogène (H₂) qui sont des diluants de l'oxygène dans les mélanges ternaires , et dont l'effet narcotique n'apparaît qu'à des pressions partielles supérieures à celle de l'azote dans sa phase narcotique.

LES DIFFERENTS MELANGES UTILISES

Quelques exemples de mélanges:

Mélanges binaires : O₂ N₂ Nitrox en plongée loisir
O₂ He Heliox en plongée professionnelle
O₂ H₂ Hydrox

Mélanges ternaires : O₂ N₂ He Trimix en plongée loisir
O₂ H₂ He Hydreliox en plongée professionnelle

LE NITROX

Qu'est ce que le Nitrox

NITROX est la contraction du mot Nitrogen (Azote en anglais) et de Oxygen , c'est un mélange respiratoire binaire au pourcentage de ses composants différents de ceux de l'air (21% O₂, 79% N₂)

En plongée loisir ne sont utilisés que les nitrox « sur - oxygéné » dont le pourcentage d'O₂ est compris entre 22% et 40% d'oxygène

Par convention nous désignons les nitrox et autres mélanges par une succession de deux nombres

Le premier représente le % d'O2

Le deuxième représente le % d'N2

Exemple : un nitrox 32/68 est composé de 32% d'O2 et de 68 %d'N2

Vous pouvez trouver d'autres libellés comme A.E.N. 32 » Enriched Air Nitrox » à 32 % d'O2

Vous trouverez aussi le nitrox I composé de 32% d'O2 (32/66)

Le nitrox II composé de 36% d'O2 (36/64)

Le nitrox III composé de 40% d'O2 (40/60)

L'azote étant le gaz le plus contraignant dans la plongée à l'air, car exigeant une décompression minutieuse et longue, si son % est moindre lors d'une plongée au mélange à profondeur et à temps équivalent à une plongée à l'air. La quantité d'N2 dissoute est diminuée et les procédures de décompressions écourtées

Les avantages du Nitrox

- Augmentation de la courbe de sécurité
- Diminution et amélioration des conditions pour les plongées avec paliers
- Réduction de l'intervalle de temps passé en surface avant d'effectuer une plongée successive
- Amélioration des conditions physiologiques de la décompression et notamment pour les plongées à risques tel que les « yoyo » du moniteur
- Diminution de la fatigue après la plongée
- « impression » d'une meilleure clarté d'esprit en profondeur
- Optimisation de la sécurité pour les personnes présentant des facteurs de risques si celles-ci respirent du nitrox tout en suivant une décompression des tables à l'air
- Responsabilisation du plongeur due à la planification de la plongée nécessaire

Inconvénients du Nitrox

- Le nitrox limite les profondeurs de plongée par rapport à l'air car l'oxygène respiré à une pression partielle de 1,6 b est toxique et provoque une hyperoxie : effet Paul BERT.
- Le risque d'intoxication chronique est lié à une durée d'exposition permise maximale pour une pression partielle pendant une période donnée : effet LORAINN SMITH
- Il faut utiliser un matériel spécifique Nitrox, répondant aux normes Nitrox
- L'emploi des mélanges nécessite une logistique spécifique : compresseur, station de gonflage et personnels ayant expérience et faisant part de prudence dans le maniement de l'O2

La plongée Mélange est régie par l'arrêté du 9 juillet 2004 relatif aux règles techniques et de sécurité dans les établissements organisant la pratique et l'enseignement des activités sportives et de loisir en plongée autonome aux mélanges autres que l'air.

Le NITROX s'adresse à tout le monde

L'oxygène est indispensable à la vie, mais doit être respiré à une PPO2 précise sinon cela peut entraîner des troubles pulmonaires et neurologiques, décrits par Paul BERT et mis en évidence par la marine Britannique en 1943

L'HYPEROXIE OU EFFET PAUL BERT

C'est une crise convulsive généralisée semblable à une crise d'épilepsie lorsqu'on dépasse la PP O₂ de 1,6 b,

Il existe des tolérances variables entre plongeurs et entre deux plongées

Facteurs favorisants

- L'effort
- L'essoufflement
- L'anxiété
- La fatigue
- L'eau froide (9°)
- L'hypercapnie (taux de CO₂ dans le sang)

Mécanisme

Cette forme de toxicité touche le **Système Nerveux Central (SNC)** l'oxygène est à l'origine de production de substances toxiques que sont les radicaux libres qui provoquent cette crise d'épilepsie. En temps normal le système physiologiquement régularise automatiquement cette production

Symptômes

Crise généralement sans signes annonciateurs, Avec de « la chance » le plongeur peut ressentir :

- une accélération de la fréquence cardiaque et respiratoire sans effort particulier.
- sensation de malaise général.
- vertiges, nausées, troubles du comportement, (hallucination, euphorie, désorientation....)
- Crampes musculaires

Et surtout

- troubles visuels : réduction du champ visuel, points lumineux, déformations
- trouble auditif : bourdonnements, sifflement
- contractions involontaires des muscles de la face, principalement les lèvres et les paupières
- nystagmus : va et vient rapide des yeux

Conduite à tenir en plongée

- **AVERTIR** rapidement l'équipier et le reste de la palanquée
- **REMONTER** en respectant les procédures de sécurité et sous étroite surveillance

Si la crise survient

Elle se présentera en trois phases

PHASE TONIQUE : DUREE 1 MINUTE ENVIRON

Symptômes :

- Contraction généralisée des muscles du corps
- Extension en apnée
- Blocage de la glotte



Conduite à tenir en plongée

- Maintien de la victime au même niveau en maintenant son embout en bouche fermement
- Ne pas descendre

PHASE CLONIQUE : DUREE 2 A 3 MINUTES

Symptômes :

- Convulsions
- Morsure de la langue
- Emission d'urine

Conduite à tenir :

- Remonter à vitesse contrôlée, la tête en hyper extension



PHASE RESOLUTIVE : DUREE ENVIRON 10 MINUTES

Symptômes :

- Relâchement musculaire
- Reprise progressive de la conscience
- Etat confus et agité
- Amnésie de la crise après récupération de plusieurs heures

Conduite à tenir

- Remontée contrôlée avec maintien de l'embout en bouche



LA TOXICITE PULMONAIRE A L'OXYGENE OU EFFET LORRAIN SMITH

Cette toxicité pulmonaire se traduit par une irritation pulmonaire entraînant un oedème aigu des poumons avec éventuellement une défaillance respiratoire.

Elle apparaît tardivement après la plongée, elle touche le système nerveux central.

Cette toxicité est la conséquence d'une exposition à l'O₂ maximale à des pressions partielles supérieures à 0,5 b elle implique des plongées répétées au nitrox et des paliers prolongés à l'oxygène

Conduite à tenir

- diminution de la PP O₂ respiration à l'air, donc (espacement des plongées mélanges)
- Alerte des secours ou consultation médicale selon gravité

Prévention

- Contrôle de cette limite d'exposition à l'O₂
- Ne pas dépasser 2h de plongée avec un mélange suroxygéné

| PPO ₂ (en bars) | Durée maxi autorisée pour une plongée | Cumul journalier autorisé |
|-------------------------------|--|------------------------------|
| 1.6 | 45 min | 150 min |
| 1.5 | 120 min | 180 min |
| 1.4 | 150 min | 180 min |
| 1.3 | 180 min | 210 min |
| 1.2 | 210 min | 240 min |
| 1.1 | 240 min | 270 min |
| 1 | 300 min | 300 min |
| 0.9 | 360 min | 360 min |
| 0.8 | 450 min | 450 min |
| 0.7 | 570 min | 570 min |
| 0.6 | 720 min | 720 min |

LA PROFONDEUR EQUIVALENTE A L'AIR OU PRESSION ABSOLUE EQUIVALENTE : P.E A

En plongée à L'air, nous respirons un mélange de

79% d'Azote et de 21% d'Oxygène

Rappel :

Loi de HENRY

A température constante et à saturation, la quantité de gaz dissout dans un liquide est proportionnelle à la pression partielle qu'exerce ce gaz sur le liquide.

La concentration maximale d'un gaz en solution, en équilibre avec une atmosphère contenant ce gaz, est proportionnelle à la pression partielle de ce gaz en ce point

Selon la Loi de DALTON, la quantité de N2 dissoute dans l'organisme induisant notre temps décompression dépend de la PP N2

$$PP\ N2 = P\ absolue \times 0.79$$

Si nous plongeons au Nitrox à profondeur égale à celle d'une plongée à l'air (même pression absolue) la quantité de N2 dissoute pour la même durée de plongée sera moindre (% de N2 plus faible)

Exemple

On plonge à 20 m (pression absolue = 3bar) avec un nitrox 40/60

La PP N2 est de : $3 \times 0,6 = 1,8\ b$

On plonge à la même profondeur avec de l'air

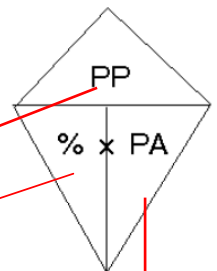
La PP N2 est de : $3 \times 0,79 = 2,37\ b$

$$PPO2 = \frac{40\% \times 3}{100} = 1,2b$$

$$\%O2 = \frac{1,2 \times 100}{3} = 40\%$$

$$PA = \frac{1,2 \times 100}{40} = 3b = 20m$$

*pour trouver
Utiliser le diamant
DALTON*



Donc la quantité de N2 dissoute est moindre en plongeant au Nitrox

Ce qui nous permet de définir la **P.E A** par la pression absolue (c'est-à-dire la profondeur) à laquelle doit être soumis le plongeur respirant à l'air pour que la **PP N2 soit exactement égale à celle que le plongeur respire avec un nitrox déterminé**

$$P.E.A = \frac{P\ absolue\ (profondeur\ réelle\ plongée) \times \% \ N2\ (du\ Nitrox)}{0,79\ (\% \ du \ N2 \ dans \ l'air)}$$

La P.E.A est toujours inférieure à la profondeur réelle et ne sert qu'aux calculs de la décompression à l'aide de table air

Procédure d'utilisation de la **P.E.A** pour calculer sa décompression avec des tables air

- Profondeur à prendre en compte pour le calcul de la décompression est la **P.E.A** (**attention : la P.E.A est une profondeur fictive servant à calculer la décompression , mais n'est pas la profondeur réelle de la plongée**)

- Prendre la durée de remontée de la profondeur réelle (et non de la P.E.A)
- Les temps de plongée se prennent selon les normes d'utilisation de la table à l'air
- La vitesse de remontée et les procédures sont identiques à celle de la table à l'air
- Les profondeurs des paliers éventuels sont identiques à ceux de la table à l'air
- Si la P.E.A n'existe pas dans la table à l'air, choisir la profondeur immédiatement supérieure

Exemple

On plonge au nitrox 40/60 combien de temps peut on rester à 30 m (profondeur réelle avant d'avoir à faire un palier de décompression ?

Calcul de la P.E.A : $P.E.A = \frac{4 \text{ (pression absolue)} \times 0.6}{0.79} = 21m$

Si on plonge avec un Nitrox 40 /60 à 30 m la PP N2 est la même qu'en plongeant à 21 à l'air

On se reporte à la table à l'air en utilisant que la P.E.A, 21 m est inexistante, on prend 22m, on peut rester 35 minutes sans paliers alors qu'à l'air l'on ne peut que rester 10 minutes à 30 m

Les tables Nitrox ne nécessitent pas le calcul de la P.E.A

| Profondeur | PPN2 | AIR (21 % O ₂ /79 % N ₂) | PPN2 | NITROX 40 (40 % O ₂ /60 % N ₂) |
|------------|------------|---|-----------|---|
| 0 m | 1 x 0,79 | 0,79 bar | 1 x 0,6 | 0,6 bar |
| 10 m | 2 x 0,79 | 1,58 bar | 2 x 0,6 | 1,2 bar |
| 21 m | 3,1 x 0,79 | 2,4 bars | 3,1 x 0,6 | 1,86 bar |
| 30 m | 4 x 0,79 | 3,16 bars | 4 x 0,6 | 2,4 bars |

| | | |
|------|---|---|
| 5 | 2 | B |
| 10 | 2 | C |
| 15 | 2 | D |
| 20 | 2 | E |
| 25 | 2 | F |
| 30 | 2 | G |
| 35 | 2 | H |
| 40 | 2 | I |
| 22 m | 4 | |

Table à l'air

NOTION DE PROFONDEUR MAXIMALE OU PROFONDEUR PLANCHER

Elle détermine la **profondeur maximale** d'évolution en **fonction de la PP O2 maximale** admissible en tenant compte des risques hyperoxiques, la sagesse veut de ne pas plonger avec des PP O2 supérieures à 1,4 b et comprises entre 1,3 b et 1,4 b

Cette Profondeur maximale est aussi appelée **M.O.D (Maximum Operating Depth)**

Méthode de calcul

- Loi de dalton = $PP = \text{Pression absolue} \times \% \text{ du gaz}$
- On remplace la PP par la PP O2 maximale que l'on s'est fixée, 1,6b, 1,5b ou 1,4b
- On remplace le % par le % O2 du mélange nitrox concerné
- On cherche la pression absolue (celle-ci correspond à la profondeur maximale d'évolution)

$$P \text{ Absolue} = \frac{PPO2 \text{ (1,6 ou 1,5 ou 1,4)}}{\% \text{ O2 du mélange}} = \text{profondeur en mètres}$$

Exemple

En prenant une PPO2 admissible de 1,6 b, à quelle profondeur maximale peut on plonger avec un nitrox 36/64 ?

$$P \text{ Absolue} = \frac{PPO_2}{\%}$$

$$P \text{ Absolue} = \frac{PPO_2}{0,36} = \frac{1,6}{0,36} = 4,44 = 34 \text{ m} \quad \dots\dots\dots \text{SIMPLE !!!}$$

Pressions Partielles limites d'oxygène pour effectuer vos calculs

- 1,4 b : valeur pour plongée loisir

- 1,5 b valeur à prendre en compte pour une plongée normale

- 1,6 b valeur maximale à éviter et ne prendre que pour la décompression

Tableau des profondeurs maximales suivant le % d'O₂ et la PPO₂ désirée

| NITROX (%O ₂) | PPO ₂ = 1,4 bar | PPO ₂ = 1,5 bar | PPO ₂ = 1,6 bar |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 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 |
| 32 | 33 m | 36 m | 40 m |
| 33 | 32 m | 35 m | 38 m |
| 34 | 31 m | 34 m | 37 m |
| 35 | 30 m | 32 m | 35 m |
| 36 | 28 m | 31 m | 34 m |
| 37 | 27 m | 30 m | 33 m |
| 38 | 26 m | 29 m | 32 m |
| 39 | 25 m | 28 m | 31 m |
| 40 | 25 m | 27 m | 30 m |
| 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 | 22 m | 24 m |
| 47 | 19 m | 21 m | 24 m |
| 48 | 19 m | 21 m | 23 m |
| 49 | 18 m | 20 m | 22 m |
| 50 | 18 m | 20 m | 22 m |

Courbe de sécurité Nitrox

| Gaz respirés | AIR | NITROX 32 | NITROX 36 | NITROX 40 |
|-------------------------------|--|-----------|---------------|-----------|
| Profondeurs réelles en mètres | Temps maximum à ces profondeurs sans palier de décompression | | | |
| 15 m | 75 min | 135 min | 135 min | illimité |
| 20 m | 40 min | 50 min | 75 min | 75 min |
| 25 m | 20 min | 35 min | 40 min | 50 min |
| 30 m | 10 min | 20 min | 20 min | 35 min |
| 35 m | 10 min | 10 min | DANGER | |
| 40 m | 5 min | 10 min | | |

Le choix d'un mélange va dépendre :

- Du degré de narcose accepté (profondeur équivalent narcose : END)
- Du risque hypéroxygène PpO2 accepté
- Du risque hypoxique accepté
- Du coût
- Des difficultés de conception
-

Confection d'un Nitrox (pour infos)

Quatre méthodes sont principalement utilisées :

- Le mélange par pression partielle (le plus courant, attente de 24 h d'homogénéisation)
- Le mélange par flux continu (pas besoin d'attendre 24 heures d'homogénéisation)
- Le mélange par le volume (peu utilisée mais grande précision)
- Le mélange par poids (complexe pour la plongée sportive)

La production de mélanges nécessite un matériel :

- Coûteux
- Spécifique
- Manipuler par un technicien spécialement formé

LES ORDINATEURS NITROX

Les ordinateurs nitrox sont nombreux, ils ont les mêmes avantages et les mêmes limites, leurs logiciels permettent d'être préconfigurés en fonction de la PPO2 de votre mélange.

Le calcul de la décompression est donc adapté pour chaque plongée en fonction du mélange respiré

La majorité des ordinateurs sont multi gaz et permettent de plonger indifféremment à l'air et faire ses décompressions aux mélanges en ayant au préalable configuré ceux-ci avec le % d'O2 du mélange

On peut également intégrer :

- La PPO2 maximale en fonction des facteurs de risques hyperoxiques
- La profondeur maximale à ne pas dépasser
- L'adaptation de la décompression en fonction de l'altitude

De plus, les ordinateurs nouvelle génération quantifient les différentes toxicités et intègrent des concepts comme le % SNC, les OTU et d'autres méthodes :

- **SNC: CNS Clock** sont les compteurs SNC ou horloge à oxygène, une méthode de calcul de la toxicité de l'O2
- **OTU: Oxygen unit toxic** correspond à la dose toxique produite par une respiration d'O2 à 100%, à 1 b de pression et pendant 1 minute

Pour cela ne perdez pas de vue que :

- l'analyse d'O2 doit être faite avec sérieux
- **le plongeur commande l'ordinateur et pas le contraire**
- restez vigilant pendant la programmation de l'ordinateur
- avant chaque plongée, calculez votre profondeur plancher votre P.E.A et votre consommation
- ayez une table de plongée air ou nitrox
- ne changez pas de méthode de décompression au cours de la journée.

N'oubliez pas que votre ordinateur vous indique :

- la profondeur réelle de la plongée et non la P.E.A.
- La profondeur et le temps de palier à effectuer.
- Le temps restant sans palier en extrapolant une courbe de sécurité en fonction du nitrox respiré.

L'ANALYSE DU NITROX

C'est une phase primordiale de la plongée Nitrox :

- Purger la robinetterie de trace d'eau et autres.
- Brancher l'analyseur d'O₂.
- Etalonner l'appareil à l'air ambiant ou il affichera une PPO₂ entre 20,9 et 21 %.
- Injecter doucement le mélange à travers l'analyseur, attendre la stabilité de la mesure et lire.
- Vérifier que l'analyseur retrouve la valeur de l'O₂ dans l'air après la mesure de votre bloc Nitrox.



MARQUAGE DES BOUTEILLES

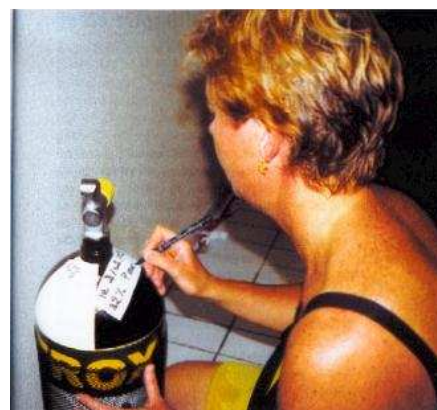
Après la mesure, la bouteille doit être obligatoirement marquée sur une bande adhésive avec un feutre résistant à l'eau.

Il doit obligatoirement mentionner

- le type de mélange.
- une 1^o analyse d'O₂ faite par le préparateur avec % d'O₂, date et initiales de l'analyseur.
- une 2^o analyse faite par le plongeur (et lui seul) avec % d'O₂, date et nom de l'utilisateur.
- profondeur maximale d'utilisation (M.O.D en anglais).

Impératifs majeurs

- Tout plongeur doit pouvoir identifier le contenu du bloc en surface et en plongée.
- Les marquages sont présents sur le bloc tant qu'il contient du gaz.
- Après l'analyse, ne pas oublier de remplir et signer le registre.



LE MATERIEL

Le matériel doit être compatible oxygène pur si le mélange gazeux respiré ou la manipulation du gaz en teneur d'oxygène supérieure à 40%.

La Bouteille Nitrox

la bouteille Nitrox doit être réservée qu'à cet usage , la comptabilité O2 pur doit être maintenue. Plus de bouteille marquée air compatible Nitrox à partir de 2008.

Codage des couleurs des bouteilles Nitrox

L'ogive doit être peinte en quartiers noir et blanc (norme industriel actuel).
Porter l'inscription du groupe de gaz gravé sur l'ogive.
Le corps portera la marque NITROX ou EAN visible en jaune sur fond vert.
Porter l'autocollant de T.I.V selon le règlement d'inspection Visuelle.

La robinetterie

Les robinet doivent respecter la norme OXYGENE (26X 200) et le volant de conservation sera de couleur verte ou jaune, le joint d'insert sera vert et compatible O2.
Le diamètre de L'insert sera aux normes O2 obligatoire depuis 2008. sans dérogation possible et n'acceptant pas le montage de détendeur air.

Les détendeurs Nitrox

Sont compatibles O2 pour les mélanges supérieurs à 40% O2.
Ne peuvent que se monter sur robinetterie Nitrox, car ne pas se monter sur robinetterie air.
Couleur de capot verte Nitrox.

Le manomètre vérificateur de pression

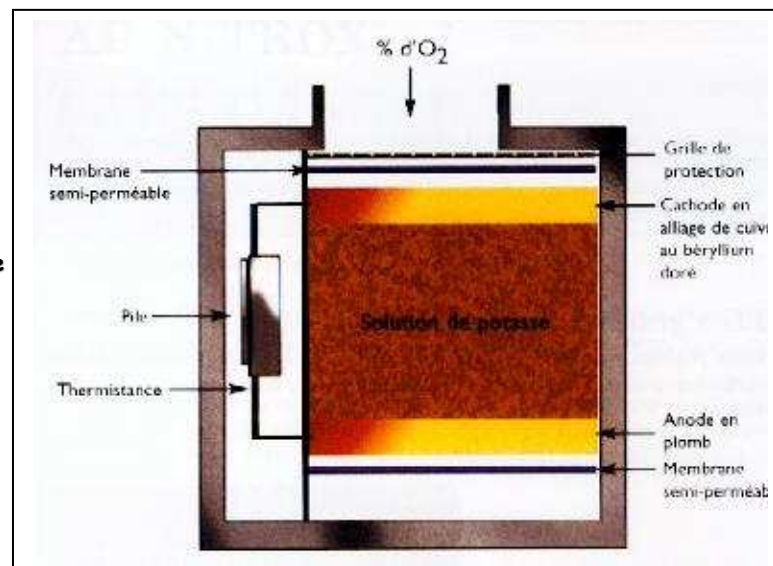
Compatible Nitrox, portant cette inscription, pour mélange supérieur à 40% O2
Joint compatible Nitrox

L' inflateur stab

Dégraissé pour être le plus compatible avec le Nitrox pour un mélange supérieur a 40% O2

L'analyseur d'O2

Elément clef de l'équipement et de l'analyse du mélange
Il doit être précis et ne pas dériver dans sa lecture
La sonde doit être protégée pour rester en état
La sonde doit être vérifiée avec mélange testé



PLANIFICATION DE LA PLONGEE

Pas de difficultés pratiques particulières.

Il faut impérativement respecter une procédure.

- 1 - Utiliser du matériel spécifique nitrox.
- 2 - Manipuler ce matériel avec des mains propres (attention aux graisses), et avec précaution.
- 3 - Vérifier **PERSONNELLEMENT** la pression et faire **PERSONNELLEMENT** l'analyse de son mélange.
- 4 - Avant la plongée, définir:

- * La profondeur maximale permise avec ce nitrox
- * La profondeur réelle prévue pour la plongée
- * La profondeur équivalente
- * La durée des paliers éventuels
- * La courbe de sécurité du nitrox utilisé

5 - Ne pas dépasser la profondeur maximale permise en fonction du nitrox choisi

6 - Préparer une fiche de plongée spécifique

7 - Tables pour la plongée Nitrox

- Plongée simple : on vérifie la limite dans la table
- Plongée successive : on vérifie la limite dans la table
- Si dépassement on respire obligatoirement de l'O₂ normoxique dans l'intervalle
- On s'interdit donc de respirer de L'O₂ pur en surface

8 -Les tables de plongée NITROX FFESSM :

Une table pour le Nitrox 40/60

Une table pour le Nitrox 36/64

Une table pour le Nitrox 32/68

Un tableau pour le calcul de l'azote résiduel et de la majoration

9 -Remarques importantes :

- Extrapolation des tables a l'air sans modification du modèle
- Maintenance des paliers au Nitrox comme ceux a l'air
- Maintenance de la vitesse de remontée comme a celle a l'air
- Paliers a l'O₂ pur, règle du tiers avec un minimum de 5minutes
- Si moins de 5 minutes, durée identique a celle de l'air
- Pas de paliers a l'O₂ a 6 mètres (peut de gain pour un risque supplémentaire)
- Durée maximale 120 minutes (recommandations fédérales)

QUI A ACCES A LA QUALIFICATION NITROX

Trois types de qualifications, Nitrox , Nitrox confirmé et moniteur Nitrox

Conditions de candidature Nitrox

- être titulaire de la licence F.F.E.S.S.M. en cours de validité.
- être âgé d'au moins 14 ans à la date de délivrance
- être titulaire du niveau 1 de la F.F.E.S.S.M ou d'un brevet admis en équivalence
- présenter le carnet de plongée
- avoir effectué un minimum de 10 plongées dans la zone des 20 mètres attestées sur le carnet de plongée ou par mention sur le passeport ou par fiche justificative dûment remplie.
- être en possession d'un certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée subaquatique établi depuis moins d'un an à la date d'exécution des épreuves.

Conditions de candidature Nitrox confirmé

- être titulaire de la licence F.F.E.S.S.M. en cours de validité
- être âgé d'au moins 16 ans à la date de la délivrance
- être titulaire du niveau 2 de la F.F.E.S.S.M ou d'un brevet admis en équivalence
- être titulaire de la qualification de PLONGEUR NITROX de la F.F.E.S.S.M ou d'un brevet admis en équivalence- présenter le carnet de plongée
- avoir effectué un minimum de 10 plongées à l'air dans la zone des 30 à 40 mètres attestées sur le carnet de plongée ou par mention sur le passeport ou par fiche justificative dûment remplie.
- avoir effectué un minimum de 6 plongées nitrox, dont 4 au moins pendant la formation, attestées par un Moniteur nitrox FFESSM.
- être en possession d'un certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée subaquatique établi depuis moins d'un an à la date d'exécution des épreuves.

PREROGATIVES NITROX EN EXPLORATION

Plongeurs Nitrox :

Les plongeurs titulaires de la qualification PLONGEUR NITROX pourront utiliser le mélange nitrox le plus approprié avec au maximum 40% d'oxygène.

Les plongeurs nitrox ont les mêmes prérogatives que celles définies dans l'arrêté du 9 juillet 2004, correspondantes à leur niveau de plongée.

Plongeurs Nitrox confirmés :

Les plongeurs titulaires de la qualification PLONGEUR NITROX CONFIRME pourront utiliser tous les mélanges nitrox couramment utilisés ainsi que l'oxygène pur en décompression.

Les plongeurs nitrox confirmés ont les mêmes prérogatives que celles définies dans l'arrêté du 9 juillet 2004, correspondantes à leur niveau de plongée.

Moniteur Nitrox :

Ce n'est pas un brevet mais une qualification
Validation des plongées Nitrox

LES MELANGES TERNAIRES : TRIMIX

Cette information au mélanges ternaires vous propose de découvrir comment plonger au delà de 60 à l'air en sécurité et en respectant la législation de l'utilisation des gaz composants le mélange de plongé et les profondeurs en rapport

C'est aussi une ouverture sur les recycleurs qui utilisent des mélanges trimix, afin que vous sachiez ouvrir l'esprit des plongeurs de vos palanquées à la sécurité dans la pénétration du monde aquatique avec des techniques nouvelles pour explorer des zones encore vierges

En se limitant à une PpO₂ de 1.6, la profondeur limite d'utilisation de l'air est de 66 mètres. A cette profondeur, la narcose est très importante et ne permet pas de plonger en toute sécurité puisque le plongeur sera handicapé par :

- Des difficultés de raisonnement.
- Des réflexes ralentis.
- Une diminution des capacités de réflexion.
- Perte de mémoire, inattention
- Dialogue intérieur

On s'accorde généralement à dire qu'un plongeur est sérieusement handicapé par la narcose entre 30 et 40 mètres à l'air.

Afin de plonger plus profond, les plongeurs militaires et professionnels ont utilisés des mélanges ternaires ou Trimix à base d'Oxygène, d'Hélium et d'Azote. Diminuer le pourcentage d'Azote et ainsi de diminuer la profondeur équivalente du mélange.

Le mot « trimix » est une contraction qui signifie un mélange (mix) de trois (tri) gaz, dit aussi mélange ternaire

• En plongée sportive, il est toujours constitué d'oxygène, d'azote et d'hélium selon des pourcentages que le plongeur aura précédemment calculés en fonction de la profondeur à atteindre.

Un trimix 20/25 sera ainsi composé de 20% d'O₂ et de 25% d'hélium.

L'Hélium permet de diminuer le pourcentage d'Oxygène dans le mélange et ainsi d'augmenter la profondeur limite d'utilisation du mélange, il permet également de diminuer le pourcentage d'Azote et ainsi de diminuer la profondeur équivalente du mélange.

Le défaut de l'Hélium, c'est son poids moléculaire très faible qui lui permet de se dissoudre dans l'organisme humain beaucoup plus vite que l'Azote. Les paliers de décompression sont donc augmentés. Afin de diminuer ces paliers de décompression, il faut lors de la remontée, utiliser des mélanges nitrox de décompression qui sont enrichis en Oxygène par rapport au mélange "Fond".

Il n'est pas rare d'utiliser deux ou trois mélanges différents en fonction du temps et de la profondeur de la plongée.

Nous avons vu que l'organisme humain supportait mal une PpO₂ importante (au delà de 1.6), on parle alors d'Hyperoxie. Il supporte également mal une faible PpO₂, on parle alors d'Hypoxie. On considère qu'à partir d'une exposition à une PpO₂ inférieure à 0.16, l'homme ne peut survivre.

Trimix: mélange d'oxygène, d'azote et d'hélium (air + Hélium + O₂)

Héliair: mélange trimix obtenu sans rajout d'O₂ (Air + Hélium)

On appellera **Trimix Normoxique**, un Trimix avec **18 à 21% d'O₂**, (utilisable en surface)
On appellera **Trimix Hyperoxique**, un Trimix avec plus de **21% d'O₂**. (A ne pas utiliser à une PpO₂ > 1.6, utilisable en déco hypoxique.)
On appellera **Trimix Hypoxique**, un Trimix avec moins de 21% d'O₂. (A ne pas utiliser à une PpO₂ < 0.16, utilisable en mélange de fond.)

NOTATION DU TRIMIX

La manière la plus courante de noter un trimix consiste à donner sa fraction d'oxygène suivi de sa fraction d'hélium. La fraction d'azote n'est pas donnée car elle est facilement déduite des deux autres.

Exemple : Tx20/35 désigne un trimix constitué de 20% d'oxygène, de 35% d'hélium, et donc de 45% d'azote.

Le rajout d'hélium dans le mélange permet de diminuer la quantité d'azote et d'oxygène, ce qui permet au plongeur de réduire les problèmes de toxicité dont tolérance à l'exposition à l'O₂ pour éviter une atteinte du système central nerveux, la narcose ou l'hyperoxie, les ADD, l'essoufflement

Tolérance à l'exposition d'O₂ : toxicité SNC(Système Nerveux Central). La limite communément admise pour la pression partielle d'oxygène est de 1,6 bars. Selon les tables publiées par NOAA le temps maximum pour une exposition continue à l'oxygène dépend de la PpO₂ et vaut :

| PpO ₂ | Temps maximum |
|------------------|---------------|
| 1,6 | 45' |
| 1,5 | 120' |
| 1,4 | 150' |
| 1,3 | 180' |

Se manifeste par des douleurs à l'expiration

Le problème des Trimix hypoxique, c'est qu'en dessous de 16% d'O₂, ils ne sont pas respirables à la surface, posant des problèmes d'équipement ou de maintien à la surface et de déplacement vers le fond. En effet, il ne faut pas respirer ce mélange sous peine d'évanouissement et par conséquent de noyade.

C'est pourquoi, on utilise une bouteille de mélange intermédiaire qui permet de descendre et d'atteindre une profondeur à laquelle le Trimix devient respirable, et à ce moment passer au Trimix en changeant de bouteille (donc de détendeur). Certains plongeurs, considérant que leur mélange hypoxique est souvent respirable à partir de 6, 8 ou 10 mètres se contentent de descendre très vite à ces profondeurs et ne se donnent pas la peine d'utiliser un mélange intermédiaire mais prennent un risque important.

En plongée Trimix, la quantité de mélange respiré peut devenir très importante et sans commune mesure avec une plongée de loisir à l'air.

En effet, on admet généralement qu'un plongeur respire un volume constant quelque soit la profondeur. Ce volume varie en moyenne de 15 à 25 litres par plongeur, (la plupart des calculs de consommation considère une consommation en plongée et une consommation inférieure au palier), or **25 litres à 100 mètres représentent 275 litres à la surface (25 l * 11 bars) !**

A comparer à une plongée à 20 mètres, où le même volume de 25 litres représente 75 litres à la surface. Les bouteilles se vident donc très vite, d'autant plus que l'Hélium étant un gaz très léger, le Trimix est plus facile à inspirer à travers un détendeur que ne l'est l'air.

Il n'est donc pas rare pour une plongée à 80 mètres au Trimix de devoir s'équiper d'une bi-bouteille sur le dos et de deux bouteilles de décompression sur les cotés.

DETERMINATION DES PROPORTIONS DU TRIMIX

Le trimix est constitué d'oxygène, d'hélium et d'azote, mais dans quelles proportions ?

Deux paramètres limitent la profondeur d'une plongée, la PpO2 responsable de l'hyperoxie et la PpN2 responsable de la narcose. Si nous fixons ces paramètres nous pourrions calculer les proportions d'oxygène et d'azote que doit présenter notre trimix. La proportion d'hélium sera déduite des deux autres et comblera l'espace laissé libre.

PpN2 Max

Fixer la pression partielle d'azote revient à fixer le niveau de narcose acceptable pour une plongée donnée et donc la **Profondeur Narcotique Équivalente (PNE)**. La limite généralement recommandée est entre 4 bars et 5 bars de pression absolue ce qui nous fait une PNE d'environ 30m à 40 m.

Sur notre épave la visibilité peut être mauvaise, il peut y avoir du courant, et en plus il faut se méfier des filets. En d'autres termes, il vaudrait mieux avoir l'esprit très clair.

Nous décidons donc d'adopter une PNE de 30m.

$PpN2 = \text{Pression absolue} \times FN2$

$PpN2 = 4 \times 0.79 = 3,16 \text{ bars}$

PpO2 Max

La PpO2 communément retenue pour un gaz fond est de 1,4 bars. Cette PpO2 permet de se ménager une marge opérationnelle et de faire ses paliers avec des mélanges suroxygénés sans trop s'approcher des limites. Dans le cas qui nous intéresse, notre épave repose sur un fond plat il n'y a donc pas de risque de «dérapiage» vers un fond plus important. Un petit calcul de la décompression montrerait que l'on pourrait sans problème opter pour une PpO2 de 1,5 bars sans atteindre les limites d'exposition de la table NOAA. Cela dit, ce choix ne devrait être fait qu'après une première itération avec une PpO2 de 1,4 bars, à la suite de quoi on pourra augmenter ou réduire la PpO2 selon les résultats obtenus.

Nous choisirons donc une PpO2 de 1,4 bars

CALCUL D'UN MELANGE TRIMIX

Le calcul de la composition d'un Trimix pour une plongée donnée est relativement simple :

- La profondeur visée devient le résultat de la profondeur limite d'utilisation du mélange, ainsi pour calculer le pourcentage d'O2 dans le mélange on effectuera le calcul suivant :

Pourcentage d'O2 = PpO2 limite/Pression absolue à la profondeur visée.

Ainsi, si on vise 90 mètres et une PpO2 max de 1.4, le pourcentage d'O2 sera :

$$1.4 / 10 = 0.14 = 14 \% \text{ d'Oxygène.}$$

- La profondeur équivalente limite conseillée est de 30 mètres, ainsi :

Pourcentage d'Azote = (Pression absolue à 30 mètres \times 0.79) / (Pression absolue à 90 mètres)

$$4 \times 0.79 / 10 = 0,31 = 31 \% \text{ d'Azote}$$

Nous obtenons 31% d'azote, 14% d'oxygène soit un total de 45 % du mélange l'espace disponible est de 55% du mélange, il sera occupé par de l'hélium

Ce qui nous donnera un trimix avec 14% d'O₂, 31% d'N₂, 55% d'He

Ce trimix sera noté 31 / 55

Le premier nombre représente l'oxygène / Le second nombre représente l'hélium

DEFINITIONS ET ABREVIATIONS, VOCABULAIRE TRIMIX

| | |
|------------------------|--|
| Trimix | : Le trimix est un mélange gazeux respirable constitué d'oxygène d'hélium et d'azote. |
| Héliair | : L'héliair est un trimix fabriqué avec de l'hélium et de l'air, sans ajout d'oxygène ; |
| Fraction | : Proportion, exprimée en % |
| PpO₂ | : Pression partielle d'oxygène, exprimée en bars |
| PpN₂ | : Pression partielle d'Azote, exprimée en bars |
| FO₂ | : Fraction d'oxygène, exprimée en % |
| FN₂ | : Fraction d'Azote, exprimée en % |
| FHe | : Fraction d'Hélium, exprimée en % |
| PNE | : Profondeur Narcotique Équivalente |
| SNC | : Système Nerveux Central |
| NOAA | : National Oceanic & Atmosphéric Administration. Organisme américain qui a publié des tables de limite d'exposition à l'oxygène. |
| MOD | : maximum operating depth (profondeur maximum autorisée) |
| TOD | : Target operating depth (Profondeur conseillée cible) |
| END | : équivalent narcotic depth (profondeur de narcose équivalente) |
| EAD | : équivalent air dépit (profondeur équivalente air) |
| What if | : que faire si(planification) |
| Run time | : Table de Décompression de plongée qui peuvent être aussi élaborée à l'aide d'un logiciel . |

DECOMPRESSION

La plongée trimix induit l'utilisation de tables de décompression spécifiques qui utilisent différents mélanges suroxygénés, majoritairement binaires comme les Nitrox (O₂ + azote) mais parfois également ternaires comme les Triox (O₂ + azote + hélium).

• La gestion des différents mélanges emportés en plongée requiert une formation technique et théorique spécifique.

Si on s'intéresse plus en détail au principe de la réduction des paliers à l'O₂ ou au nitrox 80%, il faut connaître à une notion importante de la décompression: le gradient de pression.

Le gradient de pression est la différence entre la pression intérieure et la pression extérieure, par exemple au niveau des poumons le gradient de pression sera la différence entre la Tension de N₂ dans le sang et la pression partielle d'azote inspiré, plus le gradient est grand plus la désaturation sera rapide.

Par exemple à 6m avec une tension de N₂ dans le sang de 2bar on aura en respirant de l'air:

Dans les poumons $PN_2 = P_{abs} \times \% = 1.6 \times 0.79 = 1.264$

le gradient sera donc $TN_2 - PN_2(\text{insp.}) = 2 - 1.264 = 0.736$

Avec du NX80: $PN_2 = P_{abs} \times \% = 1.6 \times 0.2 = 0.32$

le gradient sera donc $TN_2 - PN_2(\text{insp.}) = 2 - 0.32 = 1.68$ au lieu de 0.736 avec de l'air.

La décompression sera beaucoup plus rapide.

Exemple, plongées calculées avec Zplan :

| | Air aux paliers | NX75% à partir de 9m | NX80% à partir de 9m. | O2100% à partir de 6m |
|--------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 18min. à 45m. Total paliers | 23min. | 11min. | 10min. | 10min. |
| 15min. à 60m. Total paliers | 39min. | 20min. | 18min. | 20min. |

CONDITIONS DE PRATIQUE DE LA PLONGÉE AU TRIMIX OU A L'HELIOX "EN ENSEIGNEMENT"

| ESPACES DÉVOLUTION | NIVEAUX MINIMUM de pratique des plongeurs | COMPÉTENCE MINIMUM de l'encadrement de palanquée | EFFECTIF MAXIMUM de la palanquée, encadrant non compris |
|---|--|--|---|
| 0 - 40 mètres | Niveau P3 ou P4 + qualification nitrox confirmé en cours de formation mélange | E3 + qualification trimix | 4 |
| Au-delà de 40 mètres et dans la limite de 60 mètres (*) | Niveau P3 ou P4 + qualification nitrox confirmé en cours de formation mélange | E4 + qualification trimix | 4 |
| Au-delà de 60 mètres et dans la limite de 80 mètres (*) | Niveau P3 ou P4 + qualification trimix élémentaire en cours de formation mélange | E4 + qualification trimix | 4 |
| Un dépassement accidentel de cette profondeur est toléré dans la limite de 5 mètres | | | |

CONDITIONS DE PRATIQUE DE LA PLONGÉE AU TRIMIX OU A L'HELIOX "EN EXPLORATION"

| Espace d'évolution | Niveau de pratique des plongeurs | Compétence minimum de l'encadrant | Effectif maximum de la palanquée guide non compris |
|--|--|-----------------------------------|--|
| Dans la limite des 0 - 70 mètres | Niveau P3 ou P4 + qualification trimix élémentaire | Autonomie | 3 |
| Au-delà de 70 mètres et dans la limite de 120 mètres | Niveau P3 ou P4 + qualification trimix | Autonomie | 3 |

(*) Un dépassement accidentel de cette profondeur est toléré dans la limite de 5 mètres

ANNEXE

L'AZOTE

L'azote est un [élément chimique](#) de la famille des [pnictogènes](#), de [symbole](#) N et de [numéro atomique](#) 7.

L'azote est le 34^e élément constituant la [croûte terrestre](#) par ordre d'importance.

Les « minéraux » contenant de l'azote sont essentiellement les [nitrates](#) : [nitrate de potassium](#) KNO_3 (constituant du [salpêtre](#)) ou « nitre » qui servait autrefois à faire des poudres explosives; [nitrate de sodium](#) NaNO_3 (constituant du salpêtre du Chili).

Dans le langage courant, l'azote désigne le gaz diatomique [diazote](#) N_2 , constituant majoritaire de l'atmosphère terrestre, représentant presque les 4/5^e de l'air.

Le nom latin « nitrogenium » provient du grec nitron gennan, ce qui signifie « formateur de salpêtre » ([nitrate](#) de [potassium](#)). Le symbole chimique N provient de cette origine.

Le terme anglais pour désigner l'azote est nitrogen. Il existe aussi le nom nitrogène en français, mais l'appellation azote est la plus fréquente.

[Antoine Lavoisier](#) a choisi le nom azote, composé de a- (privatif) et du radical grec ζωτ-, « vivant » et signifie donc « privé de vie », du fait que contrairement à l'[oxygène](#), il n'entretient pas la vie des animaux.

L'azote a été isolé par [Daniel Rutherford](#) en [1772](#), cependant les composés azotés sont connus depuis l'antiquité. On le préparait en extrayant de l'air le dioxygène et le dioxyde de carbone.

Il a principalement été utilisé sous forme de nitrates, dans les engrais et explosifs pour les [munitions](#) de guerre et de chasse ou explosifs civils.

L'OXYGENE

L'oxygène est un [élément chimique](#) de la famille des [chalcogènes](#), de [symbole](#) O et de [numéro atomique](#) 8.

Nom masculin, formé du grec oxys (acide) et gennan (engendrer).

Dans des [conditions normales de température et de pression](#), l'oxygène est un [gaz](#) diatomique : le [dioxygène](#).

Dans l'[atmosphère](#), les [atomes](#) d'oxygène sont le plus souvent sous la forme de [molécules diatomiques](#) de [dioxygène](#), de formule chimique O_2 . La molécule d'[ozone](#) (trioxygène) est un gaz métastable qui se trouve principalement dans les hautes couches de l'atmosphère où il contribue à la filtration des [ultraviolets](#) qui frappent la Terre. Depuis quelques décennies, la concentration d'[ozone](#) dans l'air au niveau du sol augmente du fait des activités humaines. L'ozone est essentiellement produit par décomposition lors de journées chaudes des [oxydes d'azote](#) issus de la combustion des [carburants](#) fossiles sous l'effet des rayons solaires ultraviolets. L'ozone est très oxydant et [toxique](#).

Le dioxygène représente aujourd'hui 21% (20,946% plus précisément) de l'air (en volume). Au [Carbonifère](#), il a atteint 30%. L'augmentation de sa proportion dans l'atmosphère terrestre à cette époque est due à l'apparition de la [photosynthèse](#) par les [cyanobactéries](#).

Il est indispensable au [cycle de la vie](#) : les végétaux dégagent du dioxygène par [photosynthèse](#) alors que la [respiration](#) des [animaux](#) et des [plantes](#) en consomme. De plus, l'oxygène est un composant essentiel des [molécules](#) qui se retrouvent dans tout être vivant: [acides aminés](#), [sucres](#), etc.

L'oxygène fut découvert par le pharmacien [suédois Carl Wilhelm Scheele](#) en [1771](#), mais cette découverte ne fut pas reconnue immédiatement, et la découverte indépendante par [Joseph Priestley](#) est plus connue. [Antoine Laurent Lavoisier](#) l'a nommé en [1774](#).

L'oxygène représente environ 87% de la masse des [océans](#) (sous la forme d'[eau](#) H₂O), 59 % de la croûte terrestre et 21 % (en volume) de l'atmosphère (sous la forme d'O₂, [dioxygène](#), ou O₃, [ozone](#)).

INFORMATION SUR LES MELANGES TERNAIRES