

NIVEAU 2 - THEORIE



SATURATION / DESATURATION

EPISODE 1/3 : principes, l'ADD et ses facteurs favorisants, prévention

29/01/2024

Laetitia FUENTES

FFESSM E3 #25823

Moniteur Nitrox #9737

CMAS Instructor**

Advanced Nitrox Instructor

Stéphane NGUYEN

E2

Objectif de ce cours

En tant que plongeurs PE40/PA20 vous devrez :

- *Comprendre le phénomène de saturation et de désaturation en Azote*
- *Connaitre les causes et mécanisme de l'accident de désaturation et les facteurs qui le favorisent*
- *Connaitre les procédures de décompression en plongée et les outils qui permettent de les gérer*
- *Savoir utiliser ces outils*
- *Pour enfin plongée en sécurité et prévenir pour vous-même l'accident de désaturation (ADD)*

Ce cours et les suivants vous apportent les éléments théoriques de compréhension pour la mise en œuvre pratique de ces éléments : mettre en place les comportements et la communication adaptée pour vos plongées

Agenda

1 Rappels et notions physiques complémentaires

- Rappels des cours précédents
- Notions Physiques de saturation

2 Désaturation et ADD

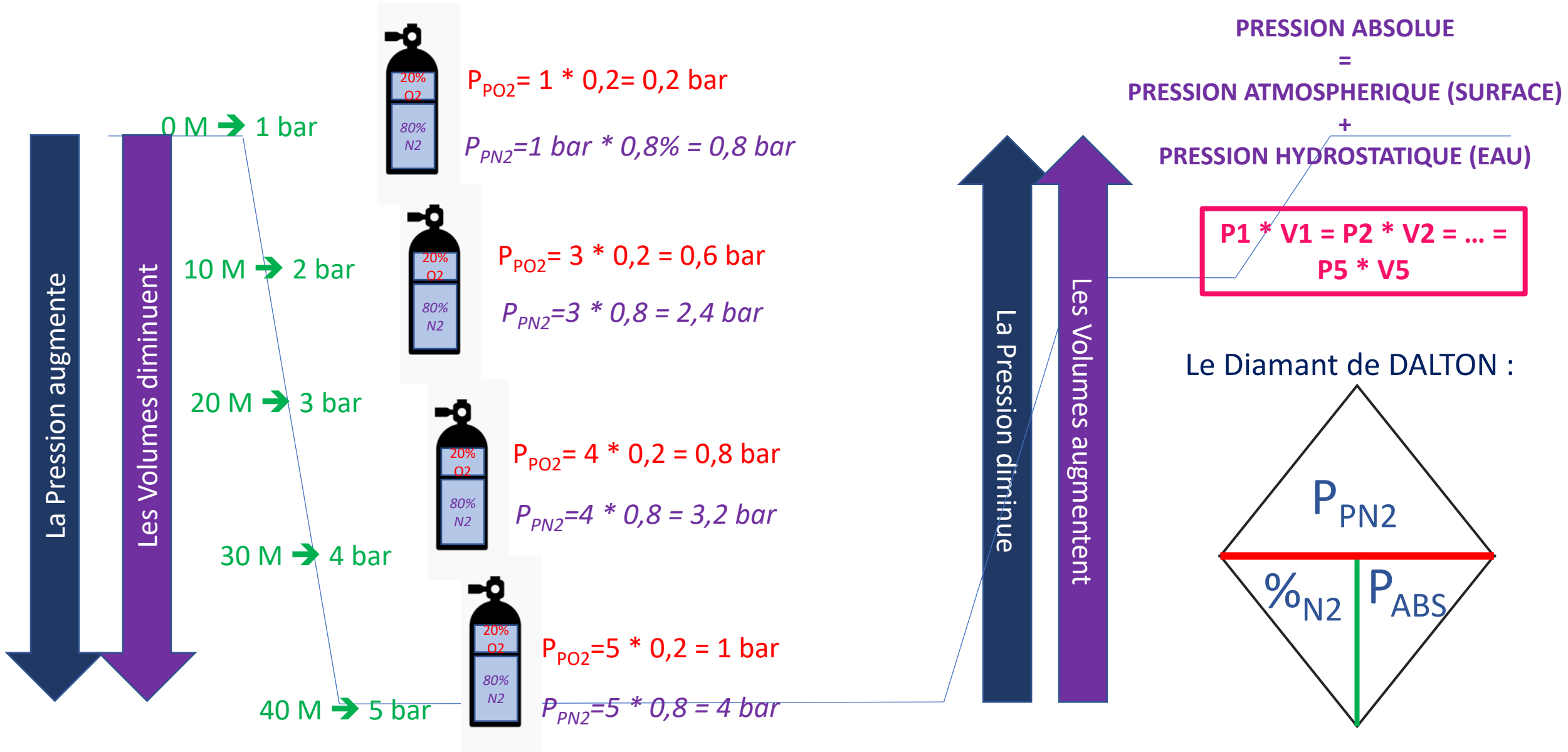
- Le phénomène de désaturation
- L'accident de Désaturation
- Facteurs favorisants
- Prévention de l'ADD

3 Introduction aux tables MN90

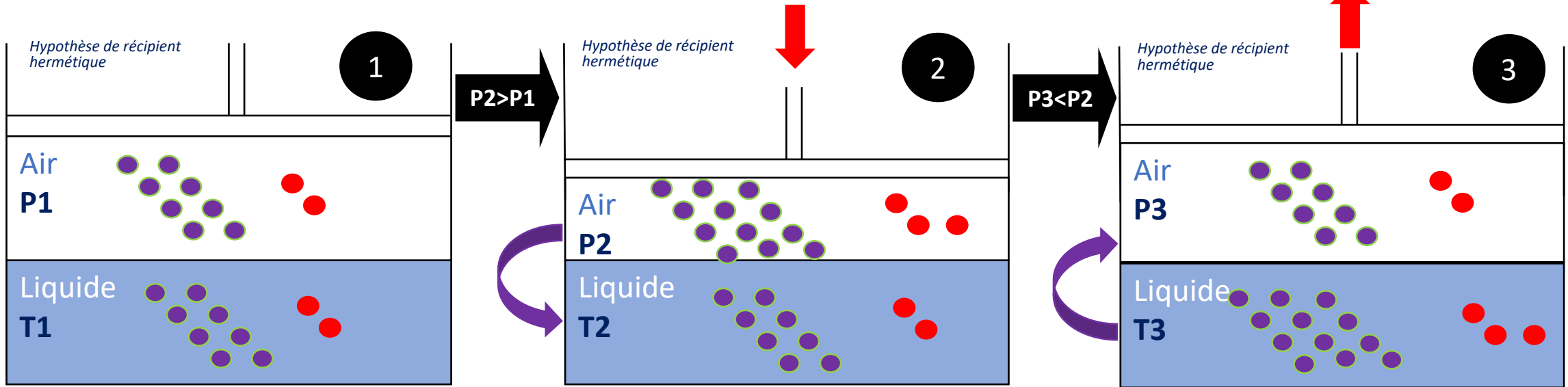
- Présentation de l'outil
- Utilisation sur une plongée simple

4 En résumé

Rappels - Pressions et Volumes / Pressions Partielles



La dissolution des gaz



A **équilibre des pressions partielles ($P_1 = T_1$)**, la quantité de gaz dissoute dans le liquide est égale à la quantité de gaz dans l'air. On dit que **le liquide est « à saturation » en gaz**.

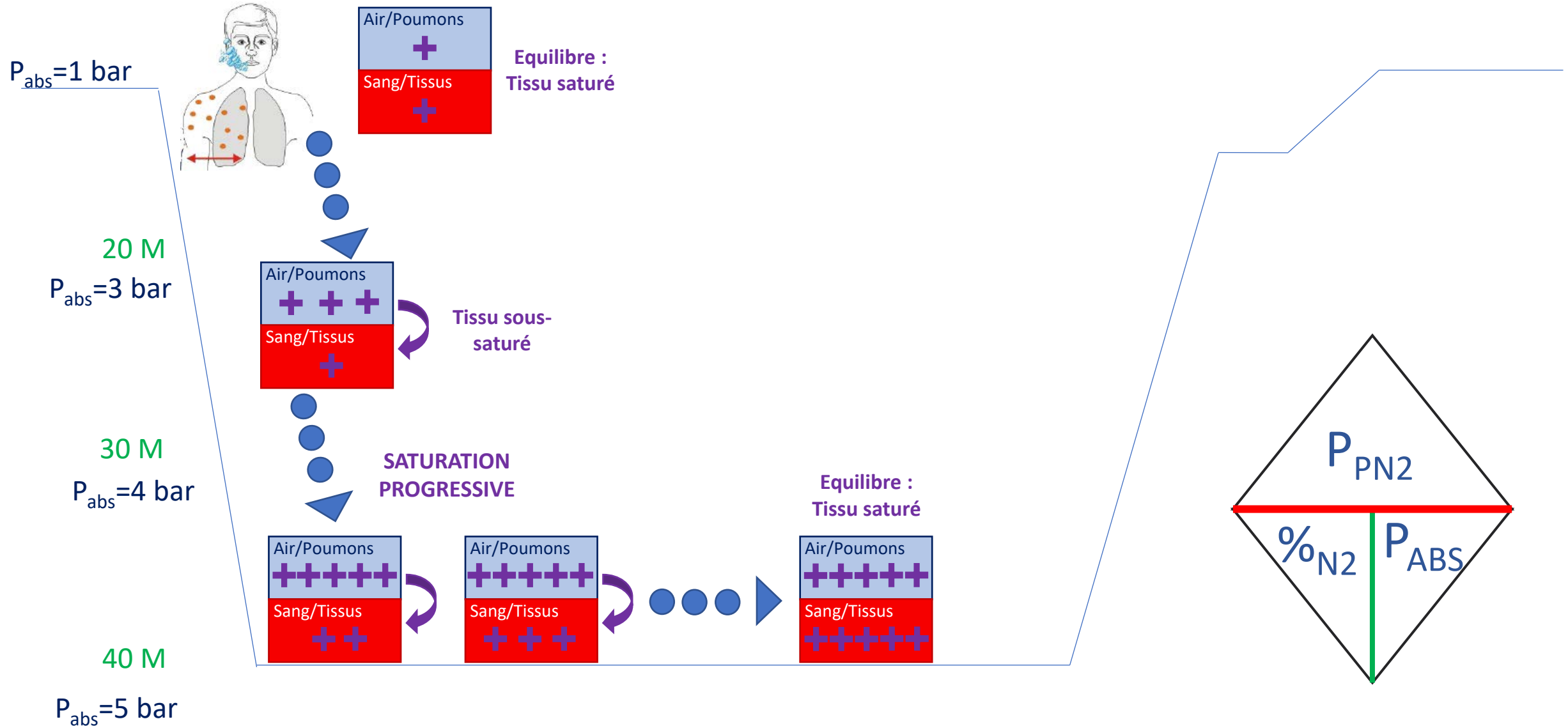
$P_2 > T_2$: la pression partielle de chaque gaz dans l'air augmente et donc la quantité de gaz dissoute dans le liquide se retrouve inférieure à la quantité de gaz dans l'air. On dit que **le liquide est « en sous-saturation » en gaz**.

Le gaz va chercher à se dissoudre dans le liquide pour revenir à l'état d'équilibre.

$P_3 < T_3$: la pression partielle de chaque gaz dans l'air diminue et donc la quantité de gaz dissoute dans le liquide se retrouve supérieure à la quantité de gaz dans l'air. On dit que **le liquide est « en sur-saturation » en gaz**.

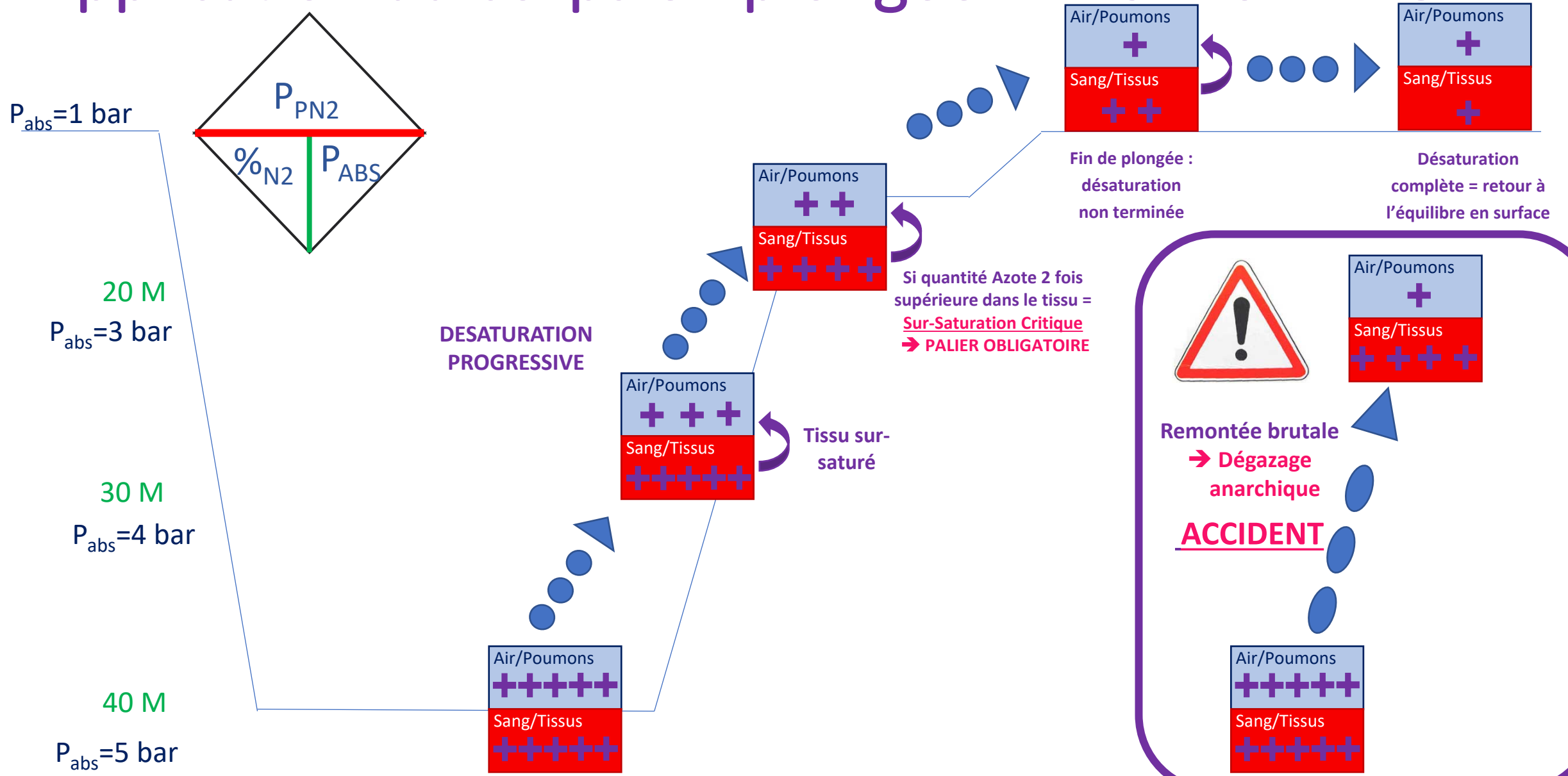
Le gaz va chercher à se s'échapper du liquide pour revenir à l'état d'équilibre.

Application au corps en plongée - SATURATION





Application au corps en plongée - DESATURATION



L'accident de Décompression ou de Désaturation

Les bulles d'azote non éliminées correctement circulent dans le corps. Dans les vaisseaux, les tissus, les organes. Elles peuvent se loger à plusieurs endroits et générer des lésions plus ou moins graves. **C'est l'accident de décompression.**

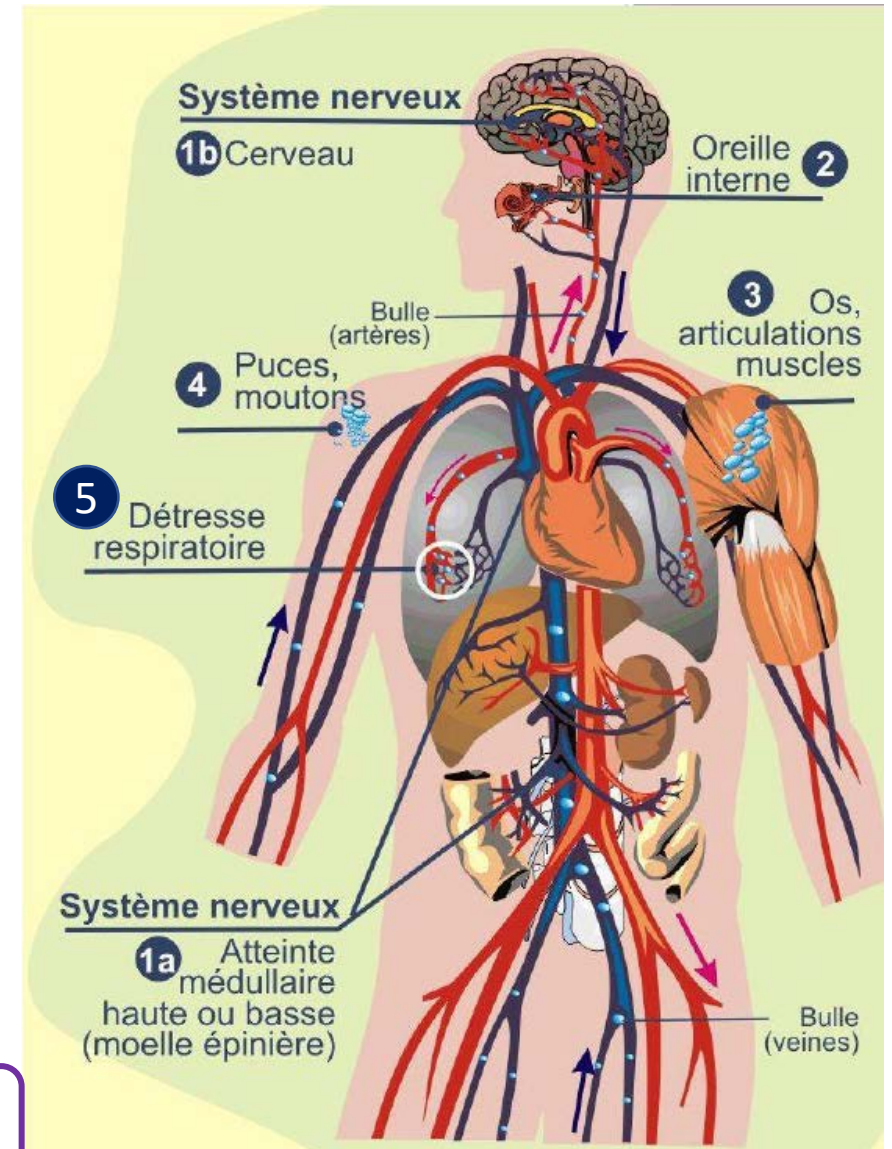
Accidents de type I

- 4 Atteintes cutanées : bulles sous la peau → puces (démangeaisons), moutons (éruptions cutanées)
- 3 Atteinte ostéo-arthro-musculaire (bends) → douleurs articulaires sévères, invalidantes

Accidents de type II

- 2 Atteinte vestibulaire : au niveau de l'oreille interne → trouble de l'équilibre, nausées, vertiges, grande fatigue
- Atteinte médullaire : compression de la moelle épinière → douleur intense dorso-lombaire, fourmillements dans les membres (parésie), faiblesse musculaire dans les membres, rétention d'urine, paraplégie ou tétraplégie
- 1a Atteinte cérébrale : étourdissement, évanouissement, coma, déficits sensitifs ou sensoriels, troubles du langage, déficits moteurs, paralysies (hémiparésie, tétraplégie)
- 1b Atteinte cérébrale : étourdissement, évanouissement, coma, déficits sensitifs ou sensoriels, troubles du langage, déficits moteurs, paralysies (hémiparésie, tétraplégie)
- 5 Atteinte pulmonaire (Choke – shunt pulmonaire ou cardiaque) → détresse respiratoire, altération de l'apport d'O₂ générant une cyanose, arrêt cardio-ventilatoire

**L'ADD survient dans les premières minutes/heure après la sortie de l'eau
Mais jusqu'à 24 heures après**



ADD – Facteurs Favorisants

Conduite à tenir : Il faut signaler la sensation au Guide de Palanquée ou au Directeur de Plongée! Il prendra la bonne décision et mettra en œuvre le déclenchement des secours ...

Facteurs Favorisants

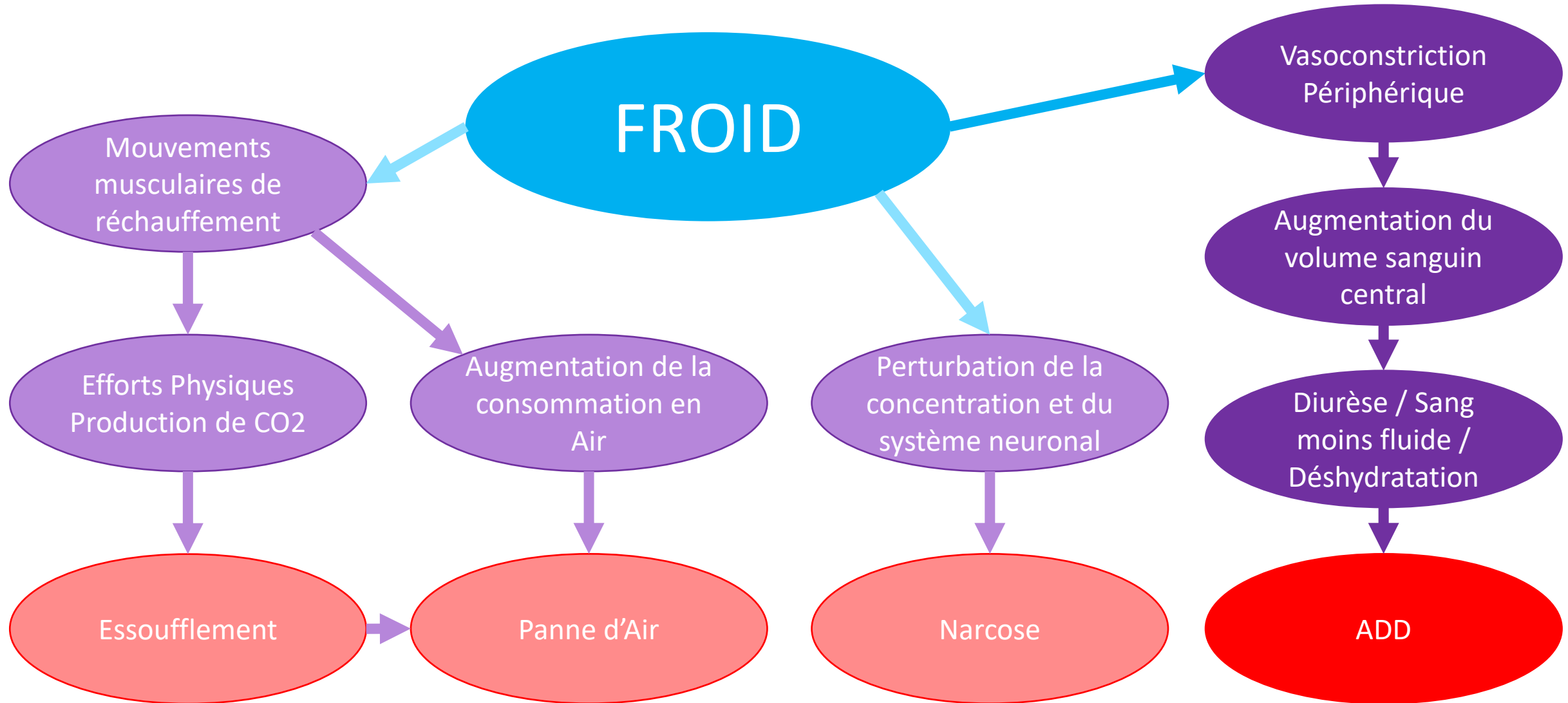
Facteurs liés à la plongée effectuée

- Le profil de la plongée (Yoyo, profils inversés)
- Profondeur et durée de la plongée : en dehors de la courbe de sécurité
- Efforts / essoufflement
- Froid : Vasoconstriction périphérique entraînant une hausse de la masse sanguine centrale et la diurèse → sang moins fluide
- Apnée / Vasalva à la remontée
- Vitesse de remontée non contrôlée / trop rapide
- Multiplication du nombre de plongées successives
- Procédure de décompression inadaptée (palier)

Facteurs liés à l'Individu

- Fatigue
- Consommation d'alcool / Prise de médicaments
- Stress / mauvaise condition psychologique
- Age : plus on vieillit et plus le risque augmente
- Mauvaise condition physique
- Surpoids / Obésité du plongeur (les graissent fixent plus facilement l'azote)
- Déshydratation

Un facteur favorisant des accidents : le FROID





ADD – Prévention 1/2

Plonger avec une bonne condition physique

Entretenir sa condition physique par une activité régulière (même une simple balade chaque jour suffit)

Ne pas plonger :

En cas de traitement médical en cours (en cas de doute, poser la question)

En cas de mauvaise condition physique (malade, froid...) ou psychologique (fatigue, stress, dépression, ...)

En cas de mauvaise alimentation (jeûne, repas manqué ou insuffisant) ou de prise d'alcool

Apprendre les gestes techniques en formation

Savoir ventiler

Savoir s'équilibrer à toute profondeur, sans effort

Savoir remonter à vitesse contrôlée, en respectant la vitesse de son instrument

Lancer son parachute en restant stabilisé

Préparer sa plongée

Conserver une bonne hydratation

Avoir un matériel adapté aux conditions : prévenir l'essoufflement, prévenir le froid !

Planifier sa plongée : éléments théoriques dans un cours à venir ...



ADD – Prévention 2/2

Pendant la plongée : respecter ces quelques règles

Eviter les profils de plongée à risque : yoyos, profil inversé

Eviter les efforts, ventiler en insistant sur l'expiration : prévention de l'essoufflement et prévention de l'ADD en maintenant un rythme cardiaque et une ventilation correcte

Eviter les apnées, surtout en phase de remontée ou au palier

Ne pas faire de manœuvre de vasalva pendant la remontée ou le palier (éviter la surcharge cardiaque)

Respecter les procédures de son instrument : ne pas dépasser la vitesse de remontée préconisée, respecter les arrêts obligatoires (paliers)

Être équilibré à toute profondeur (prévention de l'essoufflement) et respecter la profondeur du palier donnée par son instrument

Après la plongée : la prévention continue

Ne pas faire d'effort en bloquant sa respiration : par exemple lors de la remontée à l'échelle, portage du bloc

Ne pas faire d'effort physique intense

Ne pas aller en altitude pendant 24 heures , ne pas prendre l'avion

Ne pas faire d'apnée après la plongée

Bien s'hydrater (boire de l'eau, ou une boisson chaude, pas d'alcool) : contribue à retrouver un niveau d'hydratation normale

Bien se couvrir pour lutter contre le froid

ADD – Prévention : synthèse

Avant la plongée

Condition Physique
Alimentation et hydratation correcte
Adapter son équipement pour le froid (vêtements, matériel).
Planifier

20 M

40 M

FROID

FROID

Limiter les efforts

Eviter les profils à risque

Être bien stabilisé

Insister sur l'expiration

Vitesse de remontée maîtrisée

Respect des paliers obligatoires

Pas d'apnée en remontée ou au palier

Pas de vasalva

Vitesse de remontée maîtrisée

Après la plongée:

Pas d'effort
Pas d'altitude/pas d'avion
Pas d'apnée
S'hydrater
Se déséquiper et se couvrir avec des vêtements secs pour se réchauffer

Désaturation - Notions de Modélisation

Un modèle c'est quoi ?

La plupart des instruments qui gèrent la décompression en plongée utilisent un modèle qui vise à

- Déterminer la quantité d'azote dissous dans les tissus : pendant la plongée, en tenant compte de la quantité initiale présente
- En déduire les phases de désaturation adéquates
- Afin de présenter une procédure de décompression au plongeur

Le premier modèle ... à l'origine de nos tables de plongée MN90

Les travaux d'un scientifique britannique John Scott Haldane (début du XX^e siècle) sont à l'origine de bien des modèles, que l'on appelle « haldaniens »

C'est le cas pour les tables fédérales MN90 qui datent de 1990.

Attention, ces tables sont optimisées pour un contexte bien spécifique :

Plongeur de 70kg, d'environ 1,76m de 32ans en excellente condition physique (militaire)

Plongée avec efforts physiques modérés

Vitesse de remontée définie : 15 à 17m/min depuis la profondeur jusqu'au 1^{er} palier (ou jusqu'à 6m si pas de palier) puis 6m/min

Deux plongées au maximum par tranche de 24h

Pour une plongée à l'air comprimé, au niveau de la mer



Chaque modèle doit être challengé par vos propres conditions d'utilisation

Rappels : la courbe de sécurité

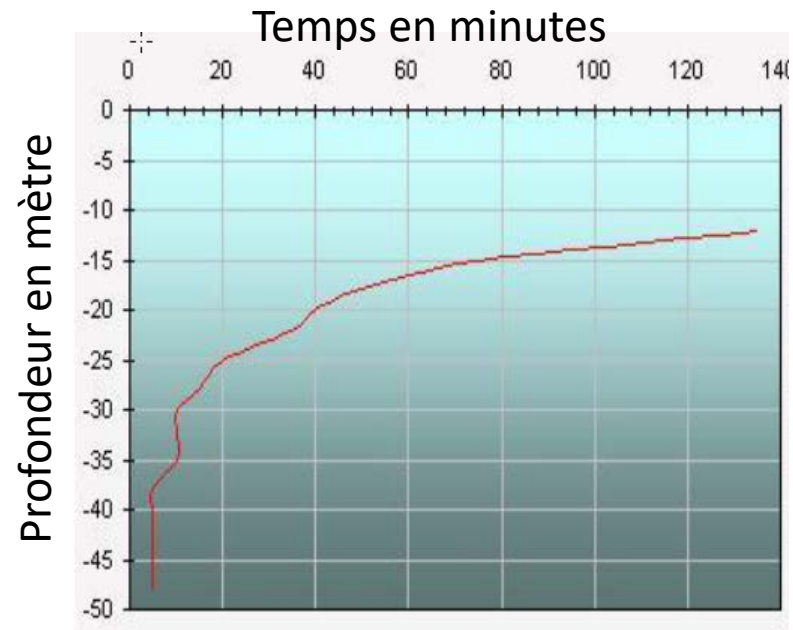
Qu'est-ce qu'elle représente ?

Elle définit les paramètres limites des plongées qui selon la table MN90 ne présentent pas une saturation en azote suffisante pour nécessiter un arrêt obligatoire avant la surface dit « palier de décompression »

Tous les instruments savent définir une plongée dans la courbe de sécurité, dite « plongée sans palier » ou plongée « nodeco » dans le langage du DP.



Cette courbe est une courbe théorique, qui donne des valeurs limites → attention au risque que représente une plongée à ces valeurs (risque ADD)



Profondeur en m	Durée en min
6	Infini
10	330
12	135
15	135
18	50
20	40
25	20
30	10
35	10
40	5

Utilisation des tables MN90 - Plongée Simple

Une plongée simple est une plongée effectuée après un intervalle de surface de minimum 12 heures suivant la plongée précédente

1 Lecture de la profondeur

Il s'agit de la profondeur maximale atteinte pendant la plongée, avant de remonter
Si la profondeur réelle n'existe pas dans la table, on prend la profondeur directement supérieure pour la lecture de la table (exemple : plongée à 14m → utilisation des valeurs 15m dans la table)

Prof.	Durée	3 m	DTR	GPS	Prof.	Durée	3 m	DTR	GPS
12m	1h20		1	H	18m	35 min		2	F
	1h25		1	I		40 min		2	G
	1h30		1	I		45 min		2	H
	1h35		1	J		50 min		2	H
	1h40		1			55 min	1		I
	1h45		1	J		60 min	5	7	I
	1h50		1	K		1h05	8	10	J
	1h55		1	K		1h10	11	13	K
2h00			1	K		1h15	14	16	K
2h10			1	L		1h20	17	19	L
2h15			1	L		1h25	20	23	L
2h20	2	4	L		1h30	23	25	M	
2h30	4	6	M		1h35	26	28	M	
2h40	6	8	M		1h40	28	30	M	
2h50	7	9	N		1h45	31	33	N	
3h00	9	11	N		1h50	34	36	N	
3h10	11	13	N		1h55	36	38	N	
3h20	13	15	O		2h00	38	40	O	
3h30	14	16	O						
3h40	15	17	O		20m	5 min		2	B
3h50	16	18	O			10 min		2	B
4h00	17	19	P			15 min		2	D
4h10	18	20	P			20 min		2	D
4h15	19	21	P			25 min		2	E
4h30	22	24	P			30 min		2	F
15m	5 min		1	A		35 min		2	G
	10 min		1	B		40 min		2	H
	15 min		1	C		45 min	1	3	I
	20 min		1	C		50 min	4	6	I
	25 min		1	D		55 min	9	11	J
	30 min		1	E		60 min	13	15	K
	35 min		1	E		1h05	16	18	K
	40 min		1	F		1h10	20	22	L
	45 min		1	G		1h15	24	26	L
	50 min		1	G		1h20	27	29	M
	55 min		1	H		1h25	30	32	M
	60 min		1	H		1h30	34	36	M
	1h05		1	I	22m	5 min		2	B
	1h10		1	I		10 min		2	C
	1h15		1	I		15 min		2	D

2 Lecture de la Durée

Il s'agit du temps écoulé depuis l'immersion, avant de remonter
Si le temps réel n'existe pas dans la table, on prend le temps directement supérieur pour la lecture de la table (exemple : plongée pendant 42 min → utilisation de 45 min dans la table)

3 Détermination de la décompression

En fonction de la profondeur et du temps lus dans la table, lecture directe :

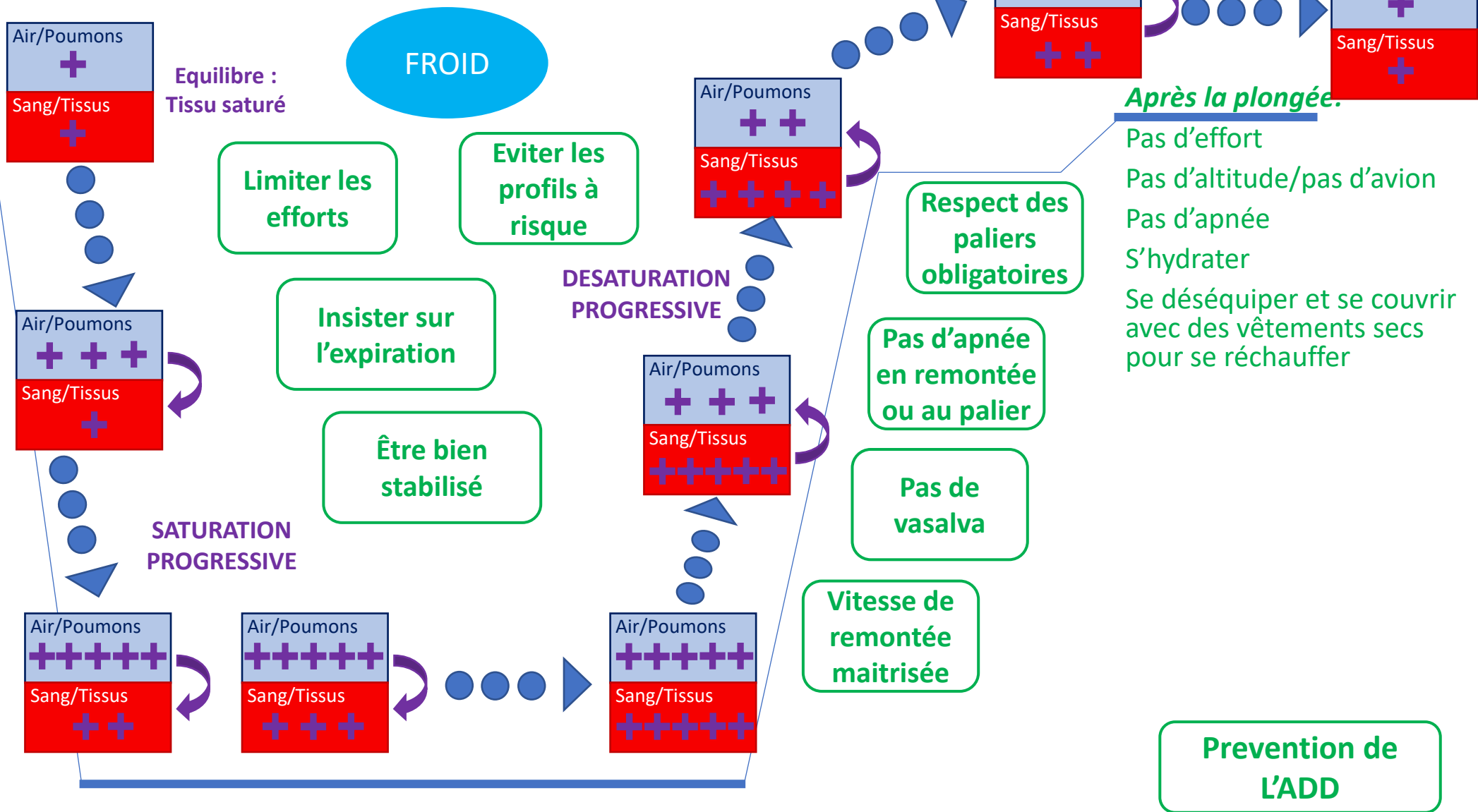
- De la durée et de la profondeur des paliers
- De la DTR : Durée Totale de Remontée. C'est, en minutes, le temps nécessaire pour aller de la profondeur de la plongée à la surface en ayant réalisé les paliers obligatoires éventuels et en respectant la vitesse de remontée préconisée par la table



En résumé

Avant la plongée

Condition Physique
Alimentation et hydratation correcte
Adapter son équipement pour le froid (vêtements, matériel).
Planifier



En résumé

En cas d'ADD: signaler la sensation au Guide de Palanquée ou au Directeur de Plongée !

Facteurs Favorisants de l'ADD



Profil de plongée (Yoyo, profils inversés)
Profondeur et durée : plongée à saturation
Efforts / essoufflement – Lutte contre le courant
Froid
Apnée / Vasalva à la remontée
Vitesse de remontée non contrôlée / trop rapide
Multiplication des plongées successives
Procédure de décompression inadaptée (palier)

Matériel inadapté aux conditions de température
Lestage
Matériel pas ou mal ajusté



Fatigue
Consommation d'alcool
Prise de médicaments
Mauvaise condition physique ou psychologique
Age
Surpoids / Obésité du plongeur
Déshydratation



Merci !

Prochain COURS le 12/02

*Thème : Tables MN90 – Plongées
successives/consécutives et autres
situations*