

La plongée en eau froide

Claudio PASCUAL

IR CTR centre

Colloque du 22 11 08

Le froid cet inconnu

"All the News That's Fit to Print."

The New York Times.

THE WEATHER.

NEW YORK, THURSDAY, APRIL 15, 1912. PRICE FIVE CENTS.

TITANIC SINKS FOUR HOURS AFTER HITTING ICEBERG; 866 RESCUED BY CARPATHIA, PROBABLY 1250 PERISH; ISMAY SAFE, MRS. ASTOR MAYBE, NOTED NAMES MISSING

Col. Astor and Bride, Isidor Straus and Wife, and Maj. Butt Aboard.

"BIBLE OF SEAS" FOLLOWED

Women and Children Put Overboard and Are Supposed to Be Safe on Carpathia.

FOUND UP AFTER 8 HOURS

Survivor After Days at Water Still Clings for Hours to His Father and Leaves Wailing.

FRANKLIN HOPEFUL ALL DAY

Master of the Life Boated Through Wave Swells and Storm After the Mail Boat Sinks.

HEAD OF THE LINE ANKLED

A Ship Was Being Towed to Rescue Ship That Was to Rescue All Others.

THE SHIP'S HEAD WAS SEEN BY THE CARPATHIA AT 10:30 A. M.

Biggest Liner Plunges to the Bottom at 2:20 A. M.

RESCUES THERE TOO LATE

Decept to Pick Up the Few Who Would Have Tied to the Unsinkable.

WOMEN AND CHILDREN FIRST

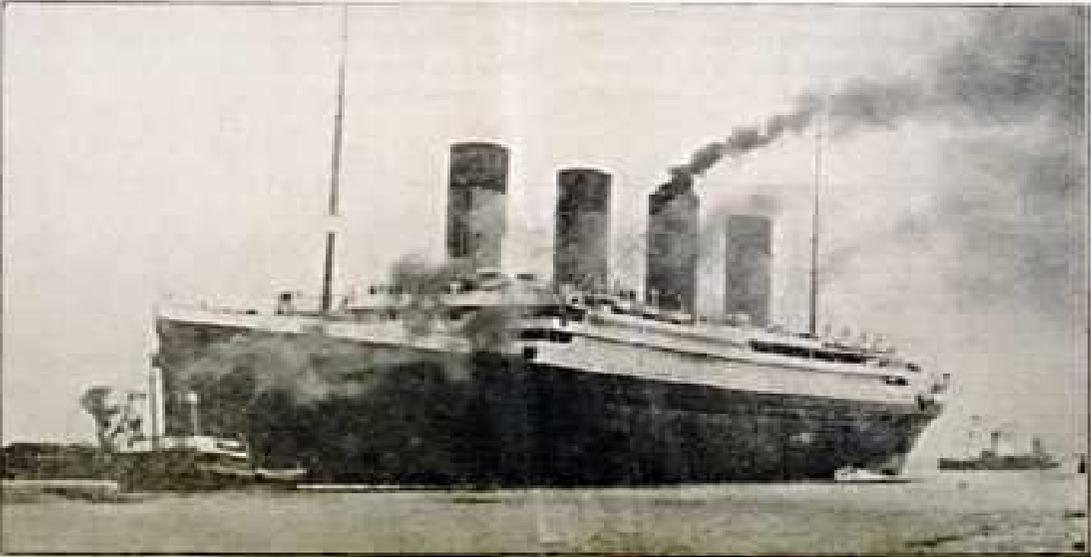
Survivor's Story Being to New York with the Bark.

SEX SEARCH FOR OTHERS

The Survivors Struck by the Shock of Picking Up Their Work at Sea.

CLYBURN DENIES THE NEWS

THE SHIP IS SAID TO HAVE SUNK IN THE NORTH OCEAN.



Archive Photos

La campagne de Russie avait pourtant permis d'étudier les effets du froid

- Le Baron De Larrey médecin des troupes napoléoniennes les décrit très bien,
- Il faut cependant attendre 14-18 pour que l'on fasse une relation entre le

FROID et l'HUMIDITE

Les « pieds de tranchée » des soldats des deux camps, deviennent insensibles à force de tremper dans l'eau.

Même dans de l'eau à 18° :

- Trois heures ont suffi, pendant le naufrage du Lakonia en 1963 pour provoquer 113 morts sur 200 passagers, alors que la mer était calme et que la température de l'eau avoisinait les 18 °C.
- *« S'il n'est pas protégé, un homme ne survit pas plus de quelques heures en cas d'immersion accidentelle dans la majorité des eaux du Globe dont la température est inférieure à 20°C. »*

Bien sur, en plongée nous ne sommes pas
dans les mêmes conditions

Mais si on regarde de plus près :

Résumons sous forme de tableau ce que devient notre plongeur une fois soumis à l'eau froide :

	Gains	Pertes
Surface corporelle immergée	0	Perte 100 watts /m ²
Eau < 30°C	0	Perte X 25
Évaporation respiratoire	0	Perte : saturation en vapeur d'eau de l'air sec et froid respiré sur le scaphandre
Évaporation de la combinaison après la plongée	0	Évaporation de l'eau sur la combinaison pendant le transport
Nage dans un fluide	réchauffement faible et transitoire de l'eau de la combinaison produit par l'activité musculaire	Perte : 20 000 calories heure par circulation de liquide environnant, pour une nage de 1m/seconde en plongée
Irradiation solaire nulle Perte d'infrarouges		Limités par les vêtements iso thermiques ou revêtements internes réfléchissants

En conclusion :

Le bilan des pertes est plus important d'où le risque d'hypothermie pour le plongeur

Si le bilan :

$$\text{production} / \text{déperdition} < 1$$

=> la correction consiste à maintenir le métabolisme de production et à limiter les déperditions .

C'est l'ennemi discret du plongeur

- On le connaît
- On le ressent, on l'identifie,
- Mais on ne le combat pas toujours efficacement car il agit insidieusement, même avant la plongée

On le connaît



On le ressent, on l'identifie



La notion de confort thermique

- Les physiologistes définissent la neutralité thermique idéale comme :
 - « un ensemble de conditions tant organiques qu'ambientales pour lesquelles, en régime permanent, l'organisme est en équilibre thermique passif avec l'ambiance, c'est à dire n'a à mettre en œuvre de mécanisme régulateurs, ni contre le chaud, ni contre le froid »

Dans l'air et dans l'eau, quelle température idéale ?

- Dans le milieu aérien, avec un déplacement d'air et une humidité faibles, il faut une température de 30°C pour remplir ces conditions.
- En revanche, dans l'eau, la température nécessaire pour préserver son homéothermie doit être de 34 °C.

Yvon HOUDAS et JD GUIEU : Université de Lille

Mais on ne le combat pas toujours efficacement
car il agit insidieusement,
même avant la plongée.



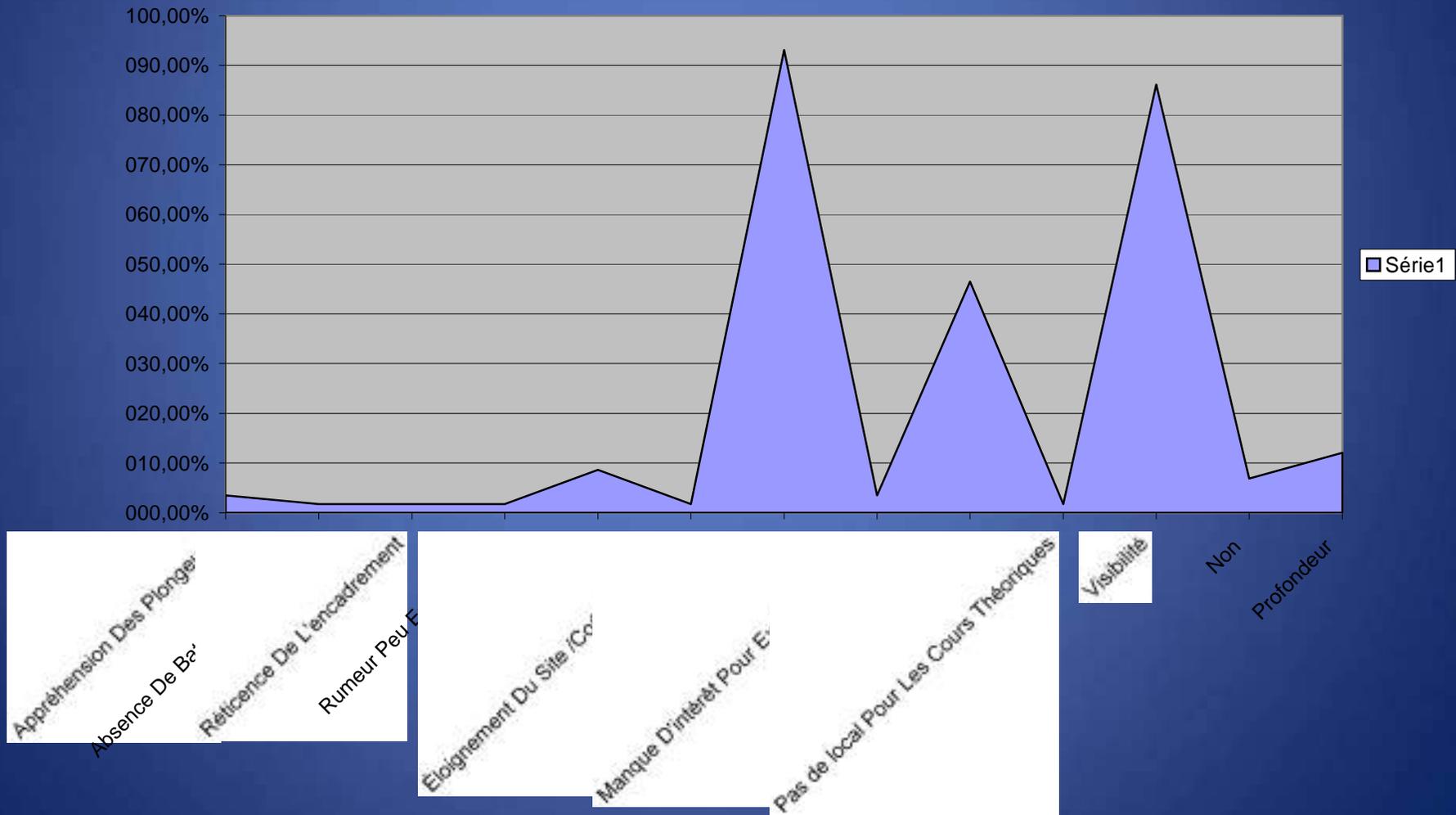
D'après une étude régionale en 2002

Dans une enquête régionale (2002 -2004) pour un travail sur la sécurité en eaux intérieures, il ressortait déjà qu'un lien important existait entre le froid et les incidents et accidents de plongée .

Ce qui semble une évidence.

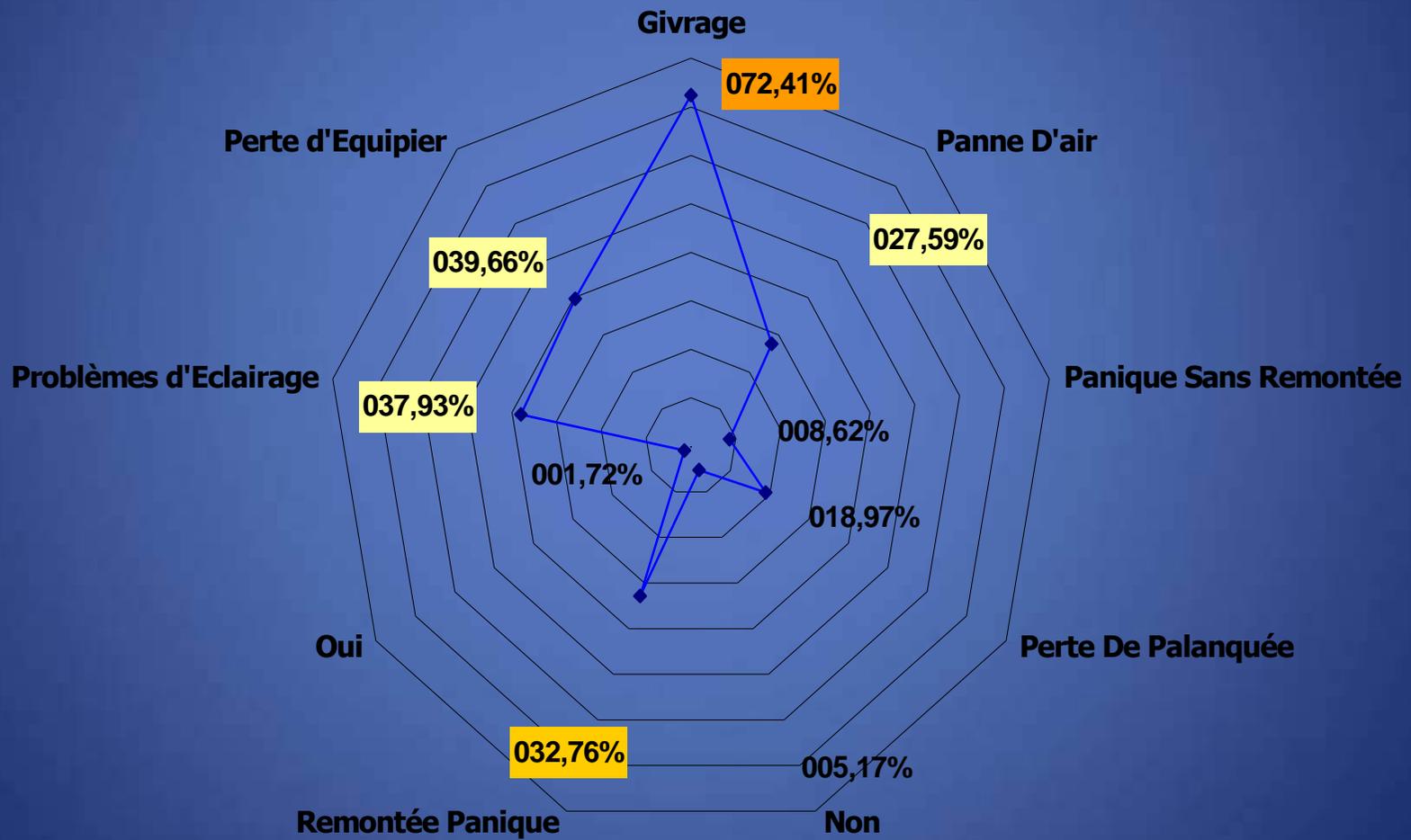
Les moniteurs ont identifié les difficultés : le froid et le manque de visibilité sont remarqués

graph des difficultés rencontrées



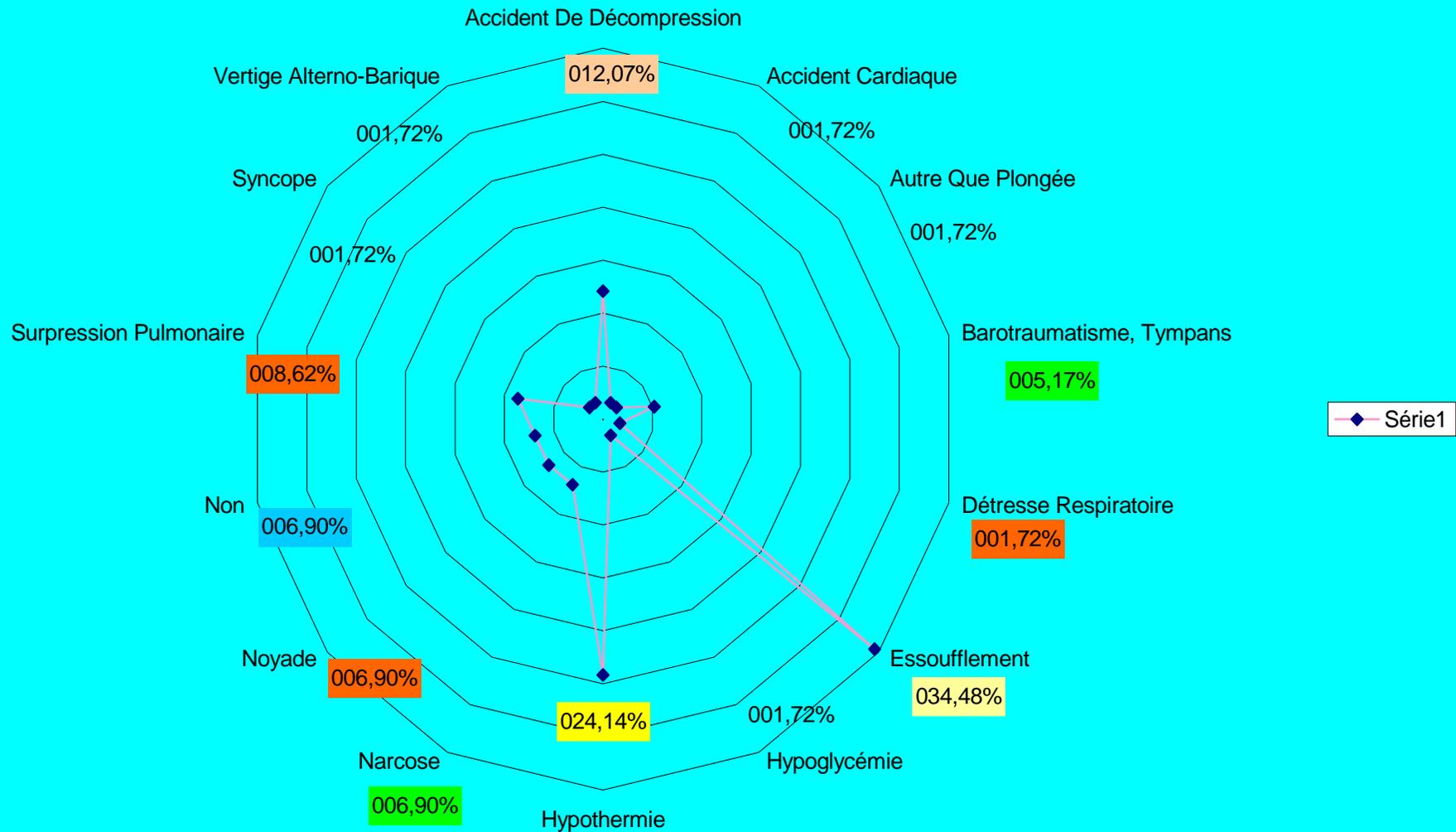
Les incidents rencontrés :

graph des incidents

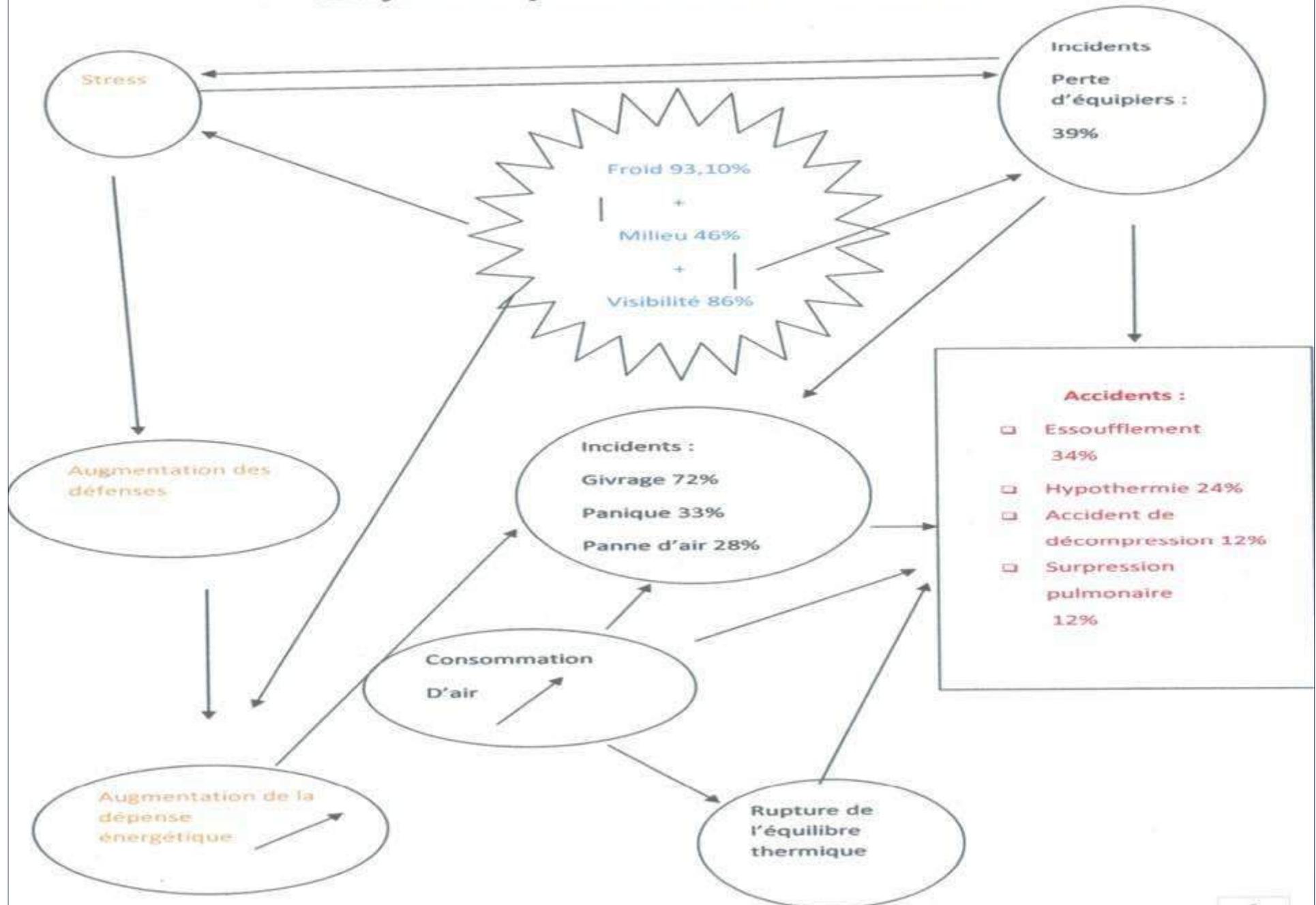


Ce qui débouche sur :

accidents signalés



Analyse des réponses au travers d'un schéma



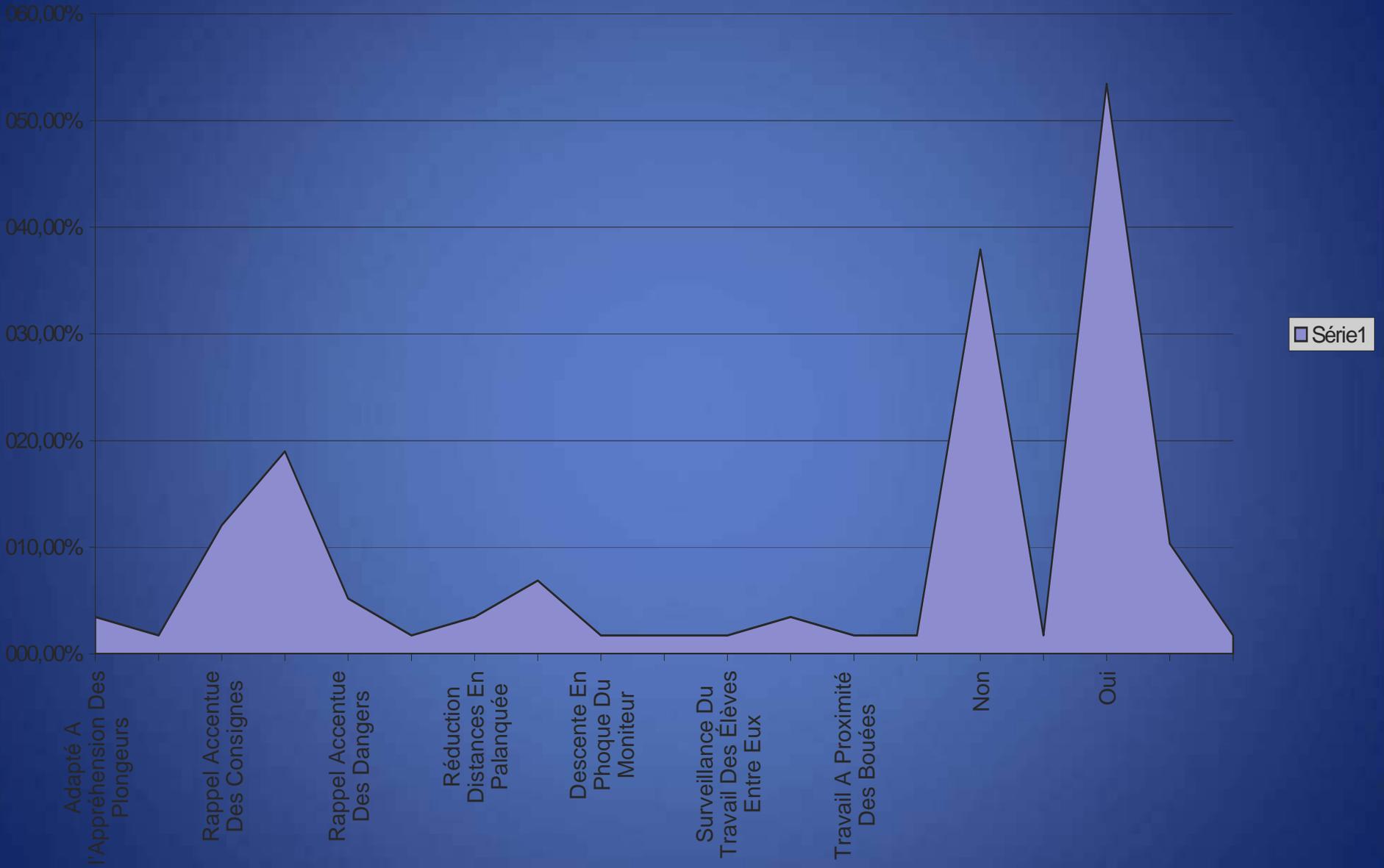
Les moniteurs pensent-ils avoir une démarche pédagogique différente dans ce milieu ?

- Ressentie comme différente pour 50% des enseignants
- Non différente pour 37%, alors que paradoxalement la plupart mettent en place des aménagements, l'enseignement en carrière se banalise
- Le rappel accentué des consignes : 12%
- La pédagogie tient plus compte de la sécurité qu'en mer : 18%
- Les plongées sont écourtées : 10%

Cependant un certain nombre d'éléments étaient peu cités ou absents :

- Les tests de vidage de masque à faible profondeur : 1,72%
- La vérification de l'équipement/au milieu : 1,72%
- L'attente écourtée en surface des élèves : 1,72%
- Travail à proximité des bouées : 1,72%
- Conseils sur le froid : 6%
- Utilisation de combinaison étanche : 1,72%
- Surveillance accrue : 6%
- Réduction des distances en palanquée : 3%

GRAPH pédagogiedifférente



Dans les solutions mises en œuvre par les moniteurs et les initiateurs, nous pouvons constater l'absence de quelques éléments :

Ne figuraient pas :

- La répartition des détendeurs sur les sorties sur les bouteilles
- Les mises en situation de détendeurs en débit continu à faible profondeur
- Les consignes en cas de perte de palanquée
- La prise en compte des activités avant et après la plongée pouvant déjà entamer les réserves caloriques, car l'hypothermie se cumule dans la journée au même titre que la quantité d'azote résiduel.

Manquaient également :

- **Les mises en garde après la plongée concernant certaines pratiques** fréquemment observées de passage d'un plongeur hypotherme sous une douche chaude
- **Les mécanismes du froid et leurs conséquences sur la physiologie**
- **Les conseils diététiques** sur l'absorption de boissons chaudes, et d'hydratation
- Les conseils et les vérifications de matériel en début de plongée (combinaisons, gants, chaussons, détendeurs)

Mais au fait, comment nous adaptons nous à l'eau froide ?



Rappels physiologiques sur le froid

Comment percevons nous cette hypothermie et comment nous défendons nous ?

La sensation d'inconfort augmente lorsque la température cutanée moyenne s'écarte de $33,5^{\circ}\text{C}$

Cette sensation d'inconfort intervient également pour :

- une différence thermique entre deux points du corps,
- le fait de passer d'un milieu froid à un milieu moins froid ou l'inverse ce phénomène reste cependant transitoire.

La tolérance au froid

Elle est résumée par l'échelle suivante au niveau de la température cutanée :

- **31°C** : le sujet ressent une impression de froid
- **30°C** : sensation de froid avec frissons
- **29°C** : il a très froid
- **25°C** : apparition de la douleur
- écart entre la température interne et externe de **2°** le sujet s'engourdit
- Lorsqu'il y a **vasoconstriction intense**, une **vasodilatation paradoxale** apparaît, par décharge d'histamine pour préserver la perfusion sanguine des membres, ces épisodes se succèdent provoquant parfois une douleur intense sur les extrémités digitales .

La défense de l'organisme :

L'organisme met en place des réactions physiologiques dont le but est :

- soit de produire plus d'énergie,
- soit de limiter la déperdition de façon à rétablir le bilan thermique,

Si on observe un sujet sans protection dans une ambiance de froid :

la production de chaleur métabolique tend à augmenter et les pertes de chaleur à diminuer.

L'augmentation de la thermogénèse :

- **Un premier mécanisme** qui est contrôlé par les hormones thyroïdiennes et surrénaliennes, ou effectué volontairement ou involontairement sous forme d'exercice physique. **C'est le frisson qui réchauffe, production 200watts /m²**
- **Une autre production de chaleur** se fait à partir des tissus adipeux, qui produisent de la chaleur, par « combustion », ce dispositif est négligeable par rapport au précédent.
- **Le frisson ne se produit pas tout de suite;** c'est une contraction involontaire dont le délai est variable d'une personne à l'autre, les accès de frissons sont de plus en plus rapprochés à mesure que le refroidissement s'intensifie et se stabilisent dès que la valeur maxi est atteinte ou que l'équilibre thermique est retrouvé.

La diminution de la déperdition

Le but est de limiter la convection et la radiation au niveau de la peau (couche externe)

La vasoconstriction périphérique :

- Les vaisseaux se contractent, les extrémités sont moins irriguées, il y a diminution de la perte due à la circulation de liquide chaud, et une limitation de la déperditions d'Infrarouges, et redistribution du sang vers les organes vitaux : le noyau central
- L'effet recherché est une isolation de la partie externe, afin de limiter les échanges. La conséquence est une surcharge liquidienne qui entraîne une diurèse réactionnelle. Celle-ci rétablit le volume sanguin circulant.
- Nous avons tous ressenti ces signes, mais les études prouvent que nous sommes inégaux devant la tolérance au froid.

La tolérance physiologique au froid

Deux systèmes de contrôle de la température corporelle selon J. BLIGHT (université de Cambridge) :

L'un situé dans l'Hypothalamus (base du cerveau) :

Il régule la défense immédiate

L'autre situé dans la moelle :

Il intervient lorsque la température corporelle s'écarte trop de la normale

- Les constats sont les suivants après exposition de sujets dévêtus à 10°C avec 20% d'humidité :
 - Un équilibre thermique s'établit au bout de deux heures,
 - Pour son maintien la déperdition calorique est plus importante chez l'enfant que chez l'adulte, toutes proportions gardées, à cause de la masse grasse corporelle, la température interne augmente avec cette masse,
 - Une consommation d'Oxygène maximale élevée est un facteur favorable, l'entraînement physique n'apporte pas d'amélioration, cela semble être une composante innée.

Les mécanismes de l'adaptation au froid

L'alimentation augmente la tolérance au froid

La privation de sommeil augmente la sensibilité au froid

Suite à des expériences récentes basées sur des expéditions comme celle de JL Etienne, **les scientifiques ont dénombré différentes possibilités physiologiques expliquant des résistances au froid paradoxales chez l'homme.**

Comment expliquer par exemple que les indiens, les professionnels, les pêcheurs, et parfois même chez des sujets exposés au froid artificiellement en laboratoire il existe une adaptation qui se traduit par meilleure prévention des gelures ?

Adaptation locale et adaptation générale sont souvent liées d'après ces mêmes scientifiques.

La régularité du contact avec l'eau froide
améliore la tolérance au froid.

De ce constat nous pouvons envisager d'améliorer la résistance
au froid chez nos plongeurs, sous forme d'entraînements en
milieu naturel pendant la saison hivernale.

Les différentes formes d'adaptation :

Chez les indiens **Alacalufs** par exemple, **une augmentation de la production de chaleur métabolique** dans le noyau central leur permet de vivre nus à des températures inférieures à 0°C, de nager et de pêcher dans des eaux froides.



Le système isolatif

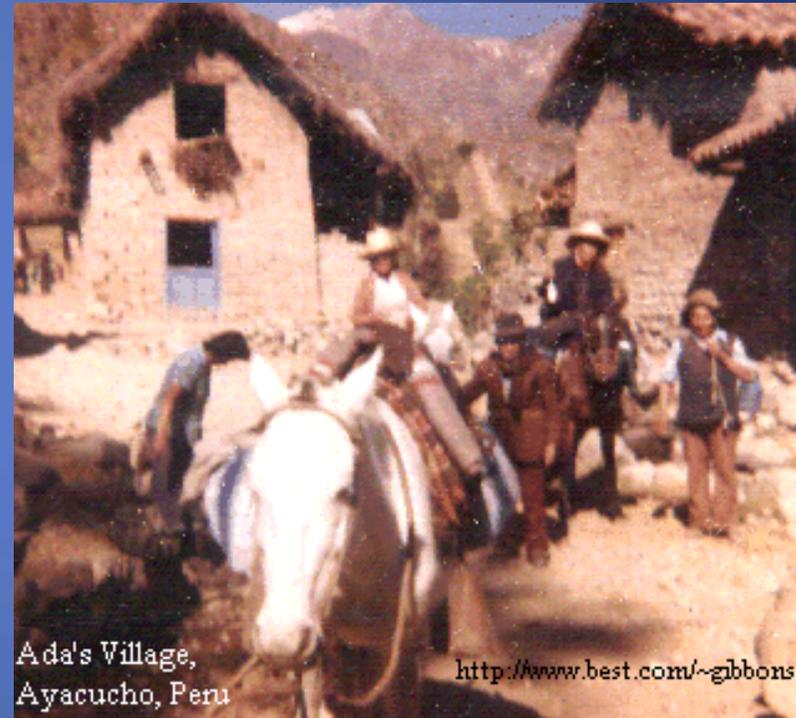
Chez les **Esquimaux**, et les **Aborigènes** il y a à la fois **isolation de l'enveloppe** et **maintien de la température interne**, la température cutanée est basse c'est le système « **isolatif** »

Les pertes de chaleurs sont donc diminuées par une isolation entre le noyau central et la peau.



Le modèle hypothermique

Chez les **Quechuas du Pérou**, mais aussi chez l'explorateur J-L Etienne, c'est la **température centrale et cutanée qui est baissée** physiologiquement, diminuant ainsi la différence avec le milieu externe et préservant les calories, c'est le **modèle hypothermique**



Isolatif et hypothermique

Enfin ce qui se rapproche plus de notre vécu de plongeur, celle des **plongeurs coréennes AMAS**, qui est à la fois du **type isolatif** et **hypothermique** comme décrit précédemment, la température centrale et cutanée est 2°C inférieure par **une baisse de la température centrale de 2°C**.



Comment lutter efficacement contre le froid :



Apport de calories (carburant) + comburant (O₂) =
énergie (chaleur)

Avant les plongées, en s'alimentant correctement :

Aliments conseillés	Aliments déconseillés	Commentaires	Besoins moyens
Eau		Compenser la déperdition hydrique : en plongée elle s'élève à plusieurs litres	3L par jour
	Alcools	Vasodilatation délétère à la lutte contre le froid, déperdition calorique, effets euphorisant, diminution des réflexes. Moins de perception du froid	
Boissons chaudes et caloriques		Restituer une chaleur au noyau central, approvisionner la restitution calorique en alimentant le métabolisme 70% de nos calories servent à conserver notre Température centrale	
Aliments énergétiques			

Attention aux surcharges en aliments riches en sucres, cela peut entraîner des troubles digestifs .

- Il est donc conseillé d'équilibrer ses repas :

55% de glucides

30% de lipides

15% de protides (protéines)

Favoriser les aliments représentant peu de volume de façon à ne pas entraver la respiration par un volume stomacal important favorisant les régurgitations lors des positions tête en bas ou pendant un effort physique .

D 'après JL Ducassé et Ph Izard, Vème Séminaire de Médecine de Plongée, Santa Eulalia, 25-28 Oct 1997

- L'apport nutritionnel quotidien pour une plongée par jour devrait se situer entre 2900 et 3200 kcal/jour.
- Une bonne alimentation doit être équilibrée selon la "règle du 421" :
 - - 4 portions de glucides (1 portion de crudités, 1 portion d'aliments cuits, 1 portion de farineux, 1 portion de sucré)
 - - 2 portions de protides (1 portion lactée apportant phosphore et calcium, 1 portion non lactée de viandes œufs et surtout de poisson intéressant pour prévenir les anomalies lipidiques).
 - - 1 portion lipidique moitié animale, moitié végétale.

En évitant de s'exposer au froid avant et pendant chaque plongée :

Avant chaque plongée :

- Pendant l'habillage :

En mettant sa combinaison de préférence au sec,

En choisissant une combinaison adaptée, étanche si possible, qui ne comprime pas la respiration ni la circulation,

Une cagoule qui recouvre le plus possible **la tête, source de déperdition calorique importante**, et protégeant le BULBE rachidien.

La cagoule a son importance



En choisissant du matériel fiable :

Qui ne complique pas la plongée

Une combinaison sans accrocs, avec des manchons si possible,



Des chaussons et des gants qui n'entravent pas, sans trous



Un détendeur principal et un détendeur de secours adaptés au froid.

Un détendeur adapté au froid :

Le débit d'air est facteur d'hypothermie par convection d'air froid.

Les mécanismes du givrage sont bien connus. Si nous nous référons à la bibliographie fédérales nous pouvons nous appuyer sur les ouvrages dossiers de CTN Info qui, dès 1994 dans une étude de C. THOMAS, décrivent en détail les mécanismes du givrage concernant le premier et le second étage des détendeurs. Ce problème est également repris par Henri LEBRIS , dans le fascicule : Principe des détendeurs de plongée sportive publiée par la CTR IDF.

C. THOMAS 1994, Président de la commission IDF de plongée souterraine, ancien élève de l'École Polytechnique.

H. LEBRIS Instructeur National, Ingénieur.

Les facteurs prépondérants du givrage cités dans ces deux articles sont :

- La profondeur
- La température de l'eau
- Le débit
- Le type de détendeur



Les remèdes préconisés sont :

Ne pas utiliser de détendeur à premier étage à buse mobile, même munis de dispositifs antigivrants.

Préférer les deuxièmes étages dans lesquels l'air expiré par le plongeur vient lécher le clapet.

Vérifier que l'air des bouteilles utilisé soit le plus sec possible, ce qui implique le changement régulier des cartouches de filtration, de silicates, et la purge régulière des condensats.

De ne pas utiliser les détendeurs ou les réglages ,qui ont tendance au débit continu.

Proscrire les « octopus » ,répartir les sorties.

Ne pas isoler le premier étage avec des isolants ralentissant les échanges thermiques.

Séparer les sorties :

Le détendeur principal doit être séparé sur une sortie.

L'autre sortie reste destinée au détendeur de secours et à la bouée d'équilibrage.

Si il y a besoin d'une autre alimentation, par exemple pour un volume sec, l'alimentation se fera sur le détendeur principal car la compensation est moindre en débit instantané.

Le président en pleine action :



La plongée en eau froide c'est aussi :

- **Veiller à rester opérationnel** malgré les écueils matériels (ne pas se mettre en difficulté en profondeur)
- **Garder la forme physique** pour rester réactif aux incidents sur les exercices
- **Éviter de stresser les candidats** : travailler avec des repères visuels, lampes, ne pas éblouir...
- **Éviter certains risques lors des exercices** :
 - Vidages de masque brutaux, durées de plongées trop longues après des épreuves physiques, attentes avant les épreuves sur des remontées d'eau froide.....
- **Déconseiller certains gestes** : eau froide dans la cagoule, faire fuser avant de plonger
- **Réajuster leur matériel** : combinaison, gants, bottillons, cagoules

L'enseignement en eau froide c'est aussi ...

- S'entraîner et entraîner les plongeurs à respirer sur un détendeur en débit continu à faible profondeur,
- S'éduquer et éduquer les stagiaires à gonfler le SSG entre chaque respiration,
- Prendre en compte l'inadaptation au milieu, le stress engendré, et surtout rester au contact des plongeurs pour diminuer le temps d'intervention en cas d'incident et ne pas générer d'accident.
- Ne pas oublier que l'élève n'est pas un Alacaluf en étanche,
- Utiliser le NITROX autant que possible,
- Limiter le temps de plongée, la profondeur, les remontées dans les ateliers verticaux (passage des thermocline)
- Prévoir des paliers à l'O₂ (notamment pour les passages de niveaux 3 et 4)

Et si malgré tout il y a hypothermie :

Eviter toute déperdition supplémentaire :

- Soustraire la victime au froid
- Oxygéner
- Dêvêtir et sécher
- Protéger avec une couverture de survie,
- Isoler du sol
- Faire boire des liquides chauds (si la personne est consciente)



de façon à réchauffer le noyau central avant la périphérie

Mais ne jamais passer un hypotherme sous une douche chaude au risque de déclencher des troubles cardiaques !

Et enfin, comme le disent certains
instructeurs :
« le froid, ça conserve ! »



Merci de votre attention.