



**HAL**  
open science

## Etude de l'effet des hautes pressions d'hélium sur la commande nerveuse de la ventilation pulmonaire.

Sa Comex

► **To cite this version:**

Sa Comex. Etude de l'effet des hautes pressions d'hélium sur la commande nerveuse de la ventilation pulmonaire.. COMEX. 1983. hal-04510122

**HAL Id: hal-04510122**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-04510122>**

Submitted on 18 Mar 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



The present document is the property of COMEX SAS. It has been entrusted to the ORPHY laboratory, which scanned and uploaded it.

COMEX (Compagnie Maritime d'Expertises), established in 1962, has positioned itself in the offshore activities sector, where it held a leading international position, becoming the world's foremost company in engineering, technology, and human or robotic underwater interventions. Comex designed a Hyperbaric Testing Center in 1969 and developed its own research programs on various breathing mixtures used in deep-sea diving (helium and later hydrogen). These research efforts led to spectacular advancements in this field, including several world records, both in real conditions and simulations. Comex still holds the world record at -701 meters, achieved in its chambers during Operation HYDRA 10.

The ORPHY laboratory focuses on major physiological functions, their regulation, interactions, and their contribution to the development and prevention of certain pathologies. The primary mechanisms studied involve metabolic aspects (oxygen transport and utilization, energetics, etc.) and electrophysiological aspects (contractility and excitability), mainly related to respiratory, vascular, and/or muscular functions. These mechanisms are studied under various physiological and physiopathological conditions, ranging from the cellular and subcellular levels to the entire organism. In Europe, the ORPHY laboratory is one of the leaders in hyperbaric physiology and diving research.

Being a major player in innovation and expertise in the field of pressure, COMEX maintains a scientific archive from its experimental diving campaigns. The value of this archive is both scientific and historical, as it documents a remarkable chapter in the history of marine exploration and contains results obtained during dives that are very unlikely to be replicated in the future.

SCIENTIFIC  
DOCUMENTATION

N° 11 2106181

G.I.S. de Physiologie Hyperbare CNRS  
Faculté de Médecine- Nord  
Bd Pierre Dramard  
13326 Marseille Cedex 15

ETUDE DE L'EFFET DES HAUTES PRESSIONS D'HELIUM SUR  
LA COMMANDE NERVEUSE DE LA VENTILATION PULMONAIRE

Convention de Recherche C.N.E.X.O. 83-2909  
( Compte-rendu d'avancement des travaux )

30 NOVEMBRE 1983

### 1°) Hypothèses de travail

Au cours des études conduites au G.I.S. de Physiologie Hyperbare, dans le cadre de la convention de Recherche 81-2557, nous avons comparé le régime ventilatoire de chats respirant soit un mélange d'hélium et d'oxygène, soit un mélange d'hélium, d'azote et d'oxygène (  $F_{IN_2} = 5\%$  ), au cours d'expériences de plongée simulée à grande profondeur .

L'utilisation d'un mélange d'hélium et d'oxygène entraîne des modifications du régime ventilatoire, notamment un accroissement de la fréquence respiratoire, qui paraissent à l'origine de difficultés de transfert de l'oxygène . Par contre, l'utilisation d'un mélange ternaire contenant 5% d'azote normalise le régime ventilatoire, la fréquence respiratoire restant proche des valeurs de référence mesurées à la pression atmosphérique, et par conséquent favorise la diffusion intra-alvéolaire de l'oxygène .

L'élévation de la fréquence respiratoire, observée en mélange hélium-oxygène, pourrait résulter d'une action des hautes pressions d'hélium et/ou des hautes pressions par elles-mêmes, sur la commande nerveuse de la ventilation . Dans cette hypothèse l'action antagoniste de l'azote pourrait être liée à ses propriétés narcotiques .

Mais une deuxième hypothèse doit être envisagée également : le Syndrome Nerveux des Hautes Pressions ( SNHP ) se manifeste, entre autres, par un tremblement ( notamment de la nuque et des membres ) de fréquence rapide ( 8 - 12 c/s ) et des secousses musculaires ( myoclonies ) . Ces troubles neuro-musculaires pourraient être à l'origine d'un accroissement des besoins en oxygène de l'organisme, qui nécessiterait, secondairement, une élévation de la ventilation pulmonaire .

Le fait que la ventilation pulmonaire ne s'élève pas sensiblement au cours des expériences effectuées en mélange ternaire n'est pas en contradiction avec cette hypothèse . En effet, l'adjonction d'azote est considérée comme atténuant ( ROSTAIN et al., 1980 ) ou même pouvant empêcher l'apparition ( BENNETT et al., 1974 ) des symptômes cliniques du SNHP ( tremblement, myoclonies ) . D'autre part, en mélange hélium-oxygène, et pour des profondeurs supérieures à 600 m, l'élévation de la ventilation pulmonaire est généralement due à un accroissement de la fréquence respiratoire, le volume courant tendant parallèlement à diminuer . Un tel régime ventilatoire devrait accroître la stratification gazeuse alvéolaire, autrement dit l'espace mort de diffusion, et par suite être à l'origine de difficultés de transfert pour l'oxygène . De plus, les pertes thermiques par convection ventilatoire étant proportionnelles au volume ventilé par unité de temps, à une pression donnée, une ventilation plus élevée entraînera des pertes thermiques supérieures pour réchauffer le gaz inhalé, ce qui constituerait alors un deuxième facteur nécessitant un accroissement de l'apport d'oxygène . L'élévation de la ventilation pulmonaire, par accroissement de la fréquence respiratoire, ne paraît donc pas constituer une réponse appropriée s'il est nécessaire, pour l'organisme, de couvrir des besoins en oxygène accrus . Mais l'inadéquation d'un tel régime ventilatoire peut être liée aux caractéristiques particulières de l'environnement hyperbare . En effet, d'une part le coefficient de diffusion de l'oxygène est inversement proportionnel à la pression, donc pour un régime ventilatoire donné, l'espace mort de diffusion sera accru et les troubles de transfert de l'oxygène plus marqués si la pression ambiante est plus élevée . D'autre part les pertes thermiques par convection ventilatoire,

proportionnelles à la masse volumique du mélange inhalé, seront plus élevées quand la pression ambiante est plus forte . On ne peut donc pas en se basant sur des critères d'inefficacité de la réponse par rapport au but recherché rejeter cette deuxième hypothèse .

L'ensemble des expériences réalisées, en mélange binaire ou ternaire, dans le cadre du contrat 81-2557 ont été effectuées en normoxie ( en ce qui concerne la compression et le séjour à la pression maximale ) . Il convenait donc de vérifier si une élévation de la pression partielle d'oxygène dans le mélange ambiant ne supprimerait pas , ou n'atténuerait pas, l'élévation de la ventilation pulmonaire observée en mélange hélium-oxygène normoxique .

## 2°) Protocole de l'étude

La ventilation pulmonaire a été mesurée au cours de 3 expériences de plongée simulée à 1000 m . Nous avons utilisé le même profil de compression que lors des expériences réalisées en mélange binaire ou ternaire (normoxique) dans le cadre du contrat 81-2557 (cf, rapport de fin de contrat), par contre la pression partielle d'oxygène dans le mélange ambiant (qui est également le mélange ventilé) était de 600 mb au lieu de 250 mb dans les expériences précédentes , La pression partielle de dioxyde de carbone a toujours été inférieure à 1,5 mb . La température ambiante a été progressivement élevée avec la pression, de manière à se rapprocher le plus possible de la zone de confort thermique du Chat . Les températures sélectionnées aux différentes profondeurs étaient les mêmes qu'au cours des précédentes séries expérimentales (cf. rapport contrat 81-2557) .

### 3°) Premiers résultats

Les résultats obtenus en mélange binaire hyperoxique sont présentés, et comparés, avec les résultats obtenus en mélange binaire et ternaire normoxique ( expériences effectuées dans le cadre du contrat CNEXO 81-2557 ) .

En mélange hélium-oxygène, qu'il soit normoxique ou hyperoxique, la ventilation pulmonaire augmente avec la profondeur, contrairement à ce qui est observé en mélange ternaire ( fig. 1 ) . A 900 et 1000 m la ventilation pulmonaire est plus élevée en mélange hélium-oxygène ( normoxique ou hyperoxique ) qu'en mélange hélium-azote-oxygène ( fig. 1 ) .

La figure 2 montre le cycle ventilatoire moyen, dans chacun des 3 groupes expérimentaux, calculé à partir des données recueillies pendant les deux premières heures de séjour à 1000 m ( une figure semblable serait obtenue à partir des données relevées au cours du palier effectué à 900 m ) . Cette figure a été construite en utilisant les valeurs moyennes ( et les écarts standard de la moyenne ) calculées pour le volume courant (  $V_T$ , rapporté à la masse corporelle B ), la période inspiratoire (  $T_I$  ) et la durée relative de l'inspiration dans le cycle ventilatoire (  $T_I/T_{TOT}$  ) . Les zones en grisé, ou hachurées, montrent le domaine de fluctuation du cycle ventilatoire moyen .

On notera que la période ventilatoire est plus brève, donc la fréquence respiratoire plus élevée, en hélium-oxygène, normoxique ou hyperoxique, qu'en mélange ternaire ( traitement statis-

tique effectué par un test non-paramétrique : test U de MANN-WHITNEY ) .En ce qui concerne le volume courant, on notera que l'amplitude des variations de la moyenne est plus importante dans la série exposé en mélange hélium-oxygène hyperoxique . Ceci est du au fait qu'en hélium-oxygène l'accroissement de la ventilation pulmonaire est , en général, la conséquence d'abord d'une élévation du volume courant, puis, au-delà de 600 m, d'une élévation de la fréquence respiratoire . Si, au cours de cette deuxième phase, l'élévation de la fréquence respiratoire est modérée, le volume courant sera encore supérieur au volume courant, mesuré à la même pression, en mélange ternaire ( où la ventilation n'augmente pas avec la pression ); par contre il sera inférieur au volume courant mesuré en mélange ternaire si la fréquence respiratoire est fortement accrue . Pour comparer deux populations de ce type l'utilisation d'un test ( paramétrique ou non ) de comparaison des moyennes ne constitue pas la meilleure solution : en effet deux populations peuvent ne pas différer du point de vue de la moyenne, bien que l'une d'entre elles se compose d'éléments soit plus élevés, soit plus faibles ( cas des expériences en hélium-oxygène hyperoxique ) par rapports aux éléments de la deuxième population ( cas des expériences en mélange ternaire ) . Le test de MOSES ( MOSES Test of Extreme Reactions ) constitue par contre un test spécifique s'il s'agit de comparer deux populations de ce type . Il permet de constater que le volume courant, en mélange hélium-oxygène hyperoxique , ne diffère pas significativement du volume courant mesuré en hélium-oxygène normoxique, et diffère significativement du volume courant dans le cas des expériences effectuées en mélange ternaire ( auquel il est soit supérieur, soit inférieur ) .



#### 4°) Conclusions

Au contraire de l'adjonction d'azote, l'élévation de la pression partielle d'oxygène dans le mélange gazeux ventilé ne paraît pas modifier la réponse ventilatoire observée en mélange hélium-oxygène . L'élévation de la ventilation pulmonaire, en mélange hélium-oxygène, ne semble pas être liée essentiellement à la nécessité pour l'organisme d'accroître la quantité d'oxygène extraite du milieu ambiant .

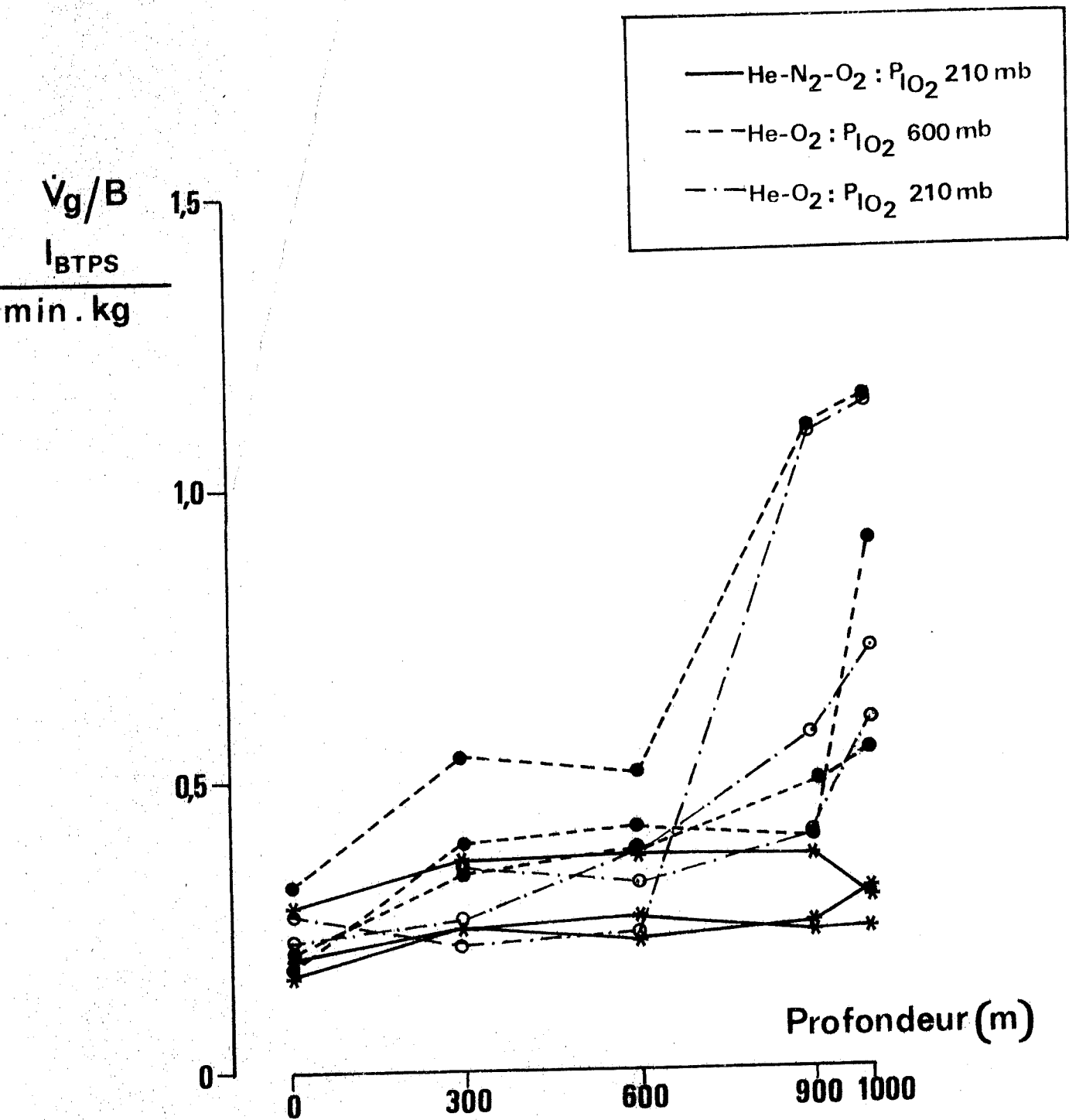


Figure 1 : Evolution de la ventilation pulmonaire au cours de 9 plongées fictives effectuées avec différents mélanges gazeux .

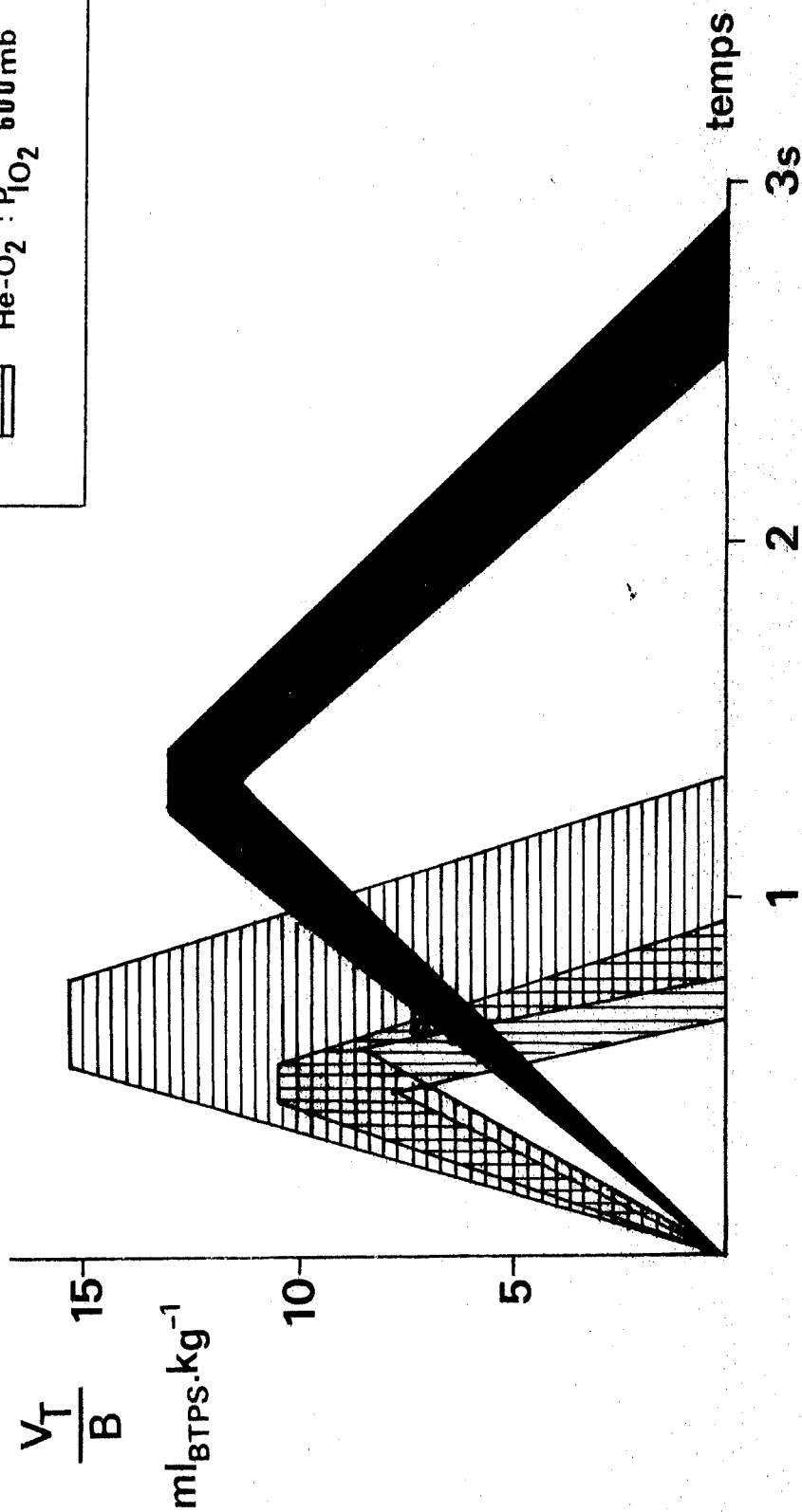
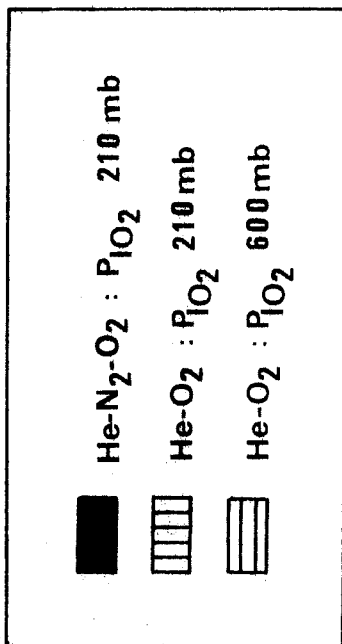


Figure 2 : Comparaison du cycle ventilatoire moyen au cours d'un palier de 2 heures

à 1000 m chez des chats ventilant différents mélanges gazeux .

( cette figure est commentée dans le texte )