



**HAL**  
open science

## Expérience "DIOGENE"

X Fructus, J Chouteau

► **To cite this version:**

X Fructus, J Chouteau. Expérience "DIOGENE" : Opération sous-continent 1 Aspects Physiologiques de la Vie Sous Pression. COMEX. 1962. hal-04350326

**HAL Id: hal-04350326**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-04350326>**

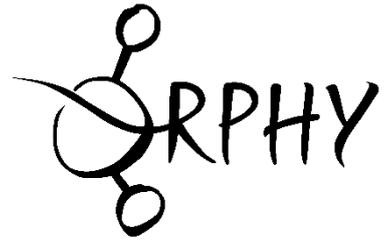
Submitted on 18 Dec 2023

**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.

0/07 1/2

EXPERIENCE " D I O G E N E "

-----  
-----  
=

- L'OPERATION PDE- CONTINENT N° I -

Aspects physiologiques de la vie sous-pression

---

Dr. X. FRUCTUS - Pr. J. CHOUSTEAU (Marseille)

---

L'exploitation extensive des fonds marins, tout au moins en ce qui concerne le socle continental, ne pourra être menée à bien que si l'homme est capable d'y séjourner assez longtemps d'abord, assez profondément et longtemps ensuite pour participer à la vie benthique. Alors tout lui sera possible: une archéologie exhaustive, des observations biologiques patientes et fructueuses, des études géologiques plus précises et bien d'autres activités que nous ne faisons qu'entrevoir.

Les conséquences de cette conquête seront immenses et, quant à nous, nous pensons que le benthos sera plus profitable que le cosmos à l'homme de demain.

o

o o

---

Nous ne saurions continuer sans remercier ici tous ceux qui nous ont apporté bénévolement une aide considérable dans cette entreprise matériellement difficile, qui fut inspirée et contrôlée par le Commandant COUSTEAU :

- Le Professeur GREBUS (Chaire de bactériologie, Faculté de Pharmacie); les Docteurs GIROLAMI, ANDRAC et LANTADE, biologistes; le Dr. REGIS et M<sup>me</sup> CHARLES, du Centre St-Paul (Pr. GASTAUT) le Dr. HUGONENQ, neuro-psychiatre; le Dr. CUREL, cardiologue de la consultation de Médecine sportive (Pr. AUDIER); Mr. BONDIL, biochimiste du Centre de Transfusion de Marseille ( Pr. RANQUE); la Maison ALVAR (électrocardiographie), les Laboratoires ROUSSEL, SPECIA, DELALANDE; sans oublier la Chambre de Commerce de Marseille dont les Services Techniques se sont dépensés sans compter !...

La colonisation de la zone sublittorale implique un ensemble de solutions à une série de problèmes dont les deux données fondamentales sont la profondeur et la durée du séjour.

Obligés de nous résumer, nous nous en tiendrons à quelques exemples: la première question étant résolue : alimentation en air à la pression hydrostatique, l'homme a pu observer, explorer et travailler sous la mer.

MAIS :

1°/ si l'ouvrier dans sa cloche à plongeur peut travailler 8 h. par jour à ~~10~~ 10 mètres, il ne pourra séjourner que 3 h. par jour à 25 mètres et cela au prix d'une durée de décompression de plus de 2 h. sous peine d'accidents.

2°/ si le plongeur en scaphandre autonome veut relever les amphores d'un site archéologique situé à -43 m. , il peut s'y consacrer au maximum 15 minutes 3 fois par jour ( avec à chaque remontée un petit palier de 2 minutes), ce qui, compte tenu des temps de descente et de remontée , représente 40 minutes par jour de travail effectif au fond.

Si, voulant accroître son rendement quotidien, il fait une première plongée de 50 minutes le matin, il n'en pourra faire qu'une deuxième de 46 minutes dans la soirée, au prix d'une heure de paliers ( à 9, 6 et 3 m.) par plongée, ce qui est pratiquement impensable.

.....

3°/ Nous ne ferons qu'évoquer le plongeur qui doit faire une intervention rapide à 80 m. Non seulement il doit être d'une classe peu courante, mais encore ne pourra-t-il agir que 3 minutes environ à cette profondeur ( avec 4 minutes de palier à la remontée ).

4°/ A partir de ce niveau doit intervenir l'utilisation de mélanges gazeux respirables, appauvris en oxygène et en azote, pour que la descente laisse espérer une remontée possible.

Mais si le Suisse KELLER, dans sa cloche, entouré de multiples bouteilles contenant de mystérieux mélanges, descend à 200 m. et y séjourne 10 minutes, l'on sait, d'une part, que sa remontée devra durer environ 1 heure avec des paliers assez profonds, mais, d'autre part, l'on ne sait pas s'il pourrait prolonger son séjour au fond sans risques graves pour son organisme. Sa dernière expérience <sup>de 1962</sup> est malheureusement loin d'être concluante.

Entre ces deux extrêmes, se situe notre <sup>tentative</sup> ~~essai~~ :  
l'opération pré-continent n° 1.

Si nous reprenons les deux données fondamentales du problème, la durée du séjour et la profondeur, nous nous efforcerons d'abord d'augmenter la durée du séjour.

Etant donné le faible rendement des plongées renouvelées, à cause de leur durée limitée, imposées par les risques d'accidents

de décompression, il était légitime d'envisager la plongée continue.

A partir de principes purement physiques ( loi de Dalton et de Henry, période de saturation des tissus vivants, rapport critique de Haldane), et sur lesquels nous ne pouvons nous étendre ici, deux faits sont à retenir:

1°/ la saturation de tout l'organisme en azote est complète au bout de 12 heures et, pratiquement, au-delà de 6 heures le séjour au fond ne nécessitera pas plus de délais de décompression à la remontée, qu'il dure une semaine, six mois ou trois ans.

2°/ le rapport critique de Haldane n'intervient que relativement près de la surface. Par conséquent, un plongeur pourra, par exemple, autant qu'il le voudra, prolonger son activité à - 25 m., il ne risquera jamais d'accidents de décompression s'il remonte se reposer et se détendre le reste du temps à - 10 m.

La maison sous la mer à cette profondeur le libère donc d'une servitude considérable.

Naturellement, pour une activité sous-marine plus profonde, elle devra être aussi plus profonde.

Si nous prenons l'exemple de 4 h. de travail par jour sur un chantier archéologique à - 50 m., la maison devra fort probablement se situer dans les - 20 m.

.....

Mais tout le problème de la vie sous la mer n'est pas résolu pour autant, car la 2<sup>ème</sup> donnée fondamentale que nous évoquions au début intervient aussi.

Pour l'homme respirant de l'air à la pression ambiante, profondeur égale pression, et au-dessus de la pression atmosphérique l'action chimique des gaz respirés peut commencer assez tôt à se faire sentir.

L'expérimentation encore inédite pratiquée au G.E.B.S. cette année, a permis de préciser les conditions de survie d'un animal, le rat blanc, en atmosphère comprimée, en caisson.

Cette survie est brève.

Toutes choses étant égales par ailleurs, l'animal meurt au bout de :

18 h.			à une profondeur fictive de 80 m. = 9 k.
30 h.	---	---	de 60 m. = 7 k.
50 h.	---	---	de 30 m. = 4 k.
300 h. (12 à 13 jours)	---	---	de 10 m. = 2 k.

Cette expérimentation a été globale. Elle n'a pas permis de préciser la cause de la mort, mais il a été démontré que la survie était notablement prolongée par la réduction du pourcentage d'oxygène dans l'air du caisson.

L'augmentation de la Pp O<sub>2</sub> est certainement le facteur létal prépondérant.

.....

Compte tenu de certains précédents humains plus rassurants (travail des tubistes, recompression thérapeutique), le Cdt. COUSTEAU a estimé qu'il était temps de voir si les avantages de la vie sous la mer n'étaient pas contrebalancés par des inconvénients pires.

Nous avons donc tenté l'expérience, considérant:

1°/ que l'homme est le plus adaptable des animaux, ce qui a, d'ailleurs, permis son expansion géographique;

2°/ qu'il était possible de tâter cette adaptabilité en choisissant pour commencer une profondeur modérée ( -10,5 m) et un temps de séjour raisonnable ( 7 jours);

3°/ qu'il était indispensable de tirer le maximum d'enseignement de cette première expérience en explorant à fond les réactions d'adaptation nerveuses, organiques, biologiques, des sujets qui y étaient soumis.

L'épreuve s'est déroulée en rade de Marseille, du 14 au 21 Septembre 1962. Les perspectives que nous avons évoquées plus haut justifient sa dénomination:

- OPERATION PRECONTINENT N° 1 -

o

o

o

.....

LES SUJETS CHOISIS

Ceux que nous appellerons les deux bathynautes devaient, pour que l'expérience soit valable et puisse donner lieu, par la suite, à des applications pratiques extensives, à la portée d'une population de plongeurs:

- a) être plongeurs eux-mêmes, pratiquement professionnels;
- b) ne pas être considérés comme des recordmen ou des individus exceptionnels;
- c) mais être motivés, pour cette expérience, par leur vocation de pionniers dans le domaine sous-marin.

Sur le plan de la personnalité, ils devaient être des hommes comme les autres, valorisés par leur métier et animés davantage par l'esprit de progrès que par l'esprit d'aventure.

Le Commandant COUSTEAU a choisi (F) qui a choisi à son tour (W) pour faire équipe avec lui. Ils ont participé activement à l'installation de leur " maison sous la mer". Ils se trouvaient plutôt surmenés les derniers jours avant l'épreuve.

Nous ne pouvons reproduire ici leur fiche d'identité médicale naturellement très complète. Retenons simplement que:

- (F) - 35 ans, est de type méditerranéen ( tous deux:
- (W) - 32 ans, est de type alpin ) médiolignes sthéniques  
( (sportifs entraînés).

Tout est sensiblement normal chez eux, sauf que:

- (F) est un dyspeptique, colitique, qui surveille son alimentation.
- (W) est un hépatique qui s'ignore, grand consommateur de lait et de corps gras (cholestérolémie: 2,48 g.-Mac Lagan = 40°V. - lipides sanguins : 8,7 g).

Leur profil psychologique est différent:

- (F) est du type mûr, consciencieux, stable, prudent, efficace, avec une tendance à l'anxiété bien contrôlée.
- (W) est du type juvénile, idéaliste, efficace, mais affecté d'une émotivité à teinte obsessionnelle et d'un manque de confiance en soi qu'il tend à surcompenser.

.....

## LE MATERIEL ET L'ORGANISATION

L'habitat était constitué par un cylindre métallique horizontal de 5 m. de longueur et 2,55 m. de diamètre. Il comportait, au milieu de sa partie inférieure, un puits d'accès cylindrique de 1 m. de diamètre.

Il avait été rendu habitable par un revêtement intérieur en polyuréthane mousse, un plancher et, naturellement, la ventilation permanente ( 100 l/m), l'éclairage électrique, le chauffage aux infra-rouges, l'eau douce, la radio, la télévision, les interphones.

L'espace intérieur se divisait en deux parties:

- d'un côté de l'entrée, la chambre d'habillage pour les plongées, avec les deux caissons de recompression monoplaces, ( en prévision d'accidents possibles);
- de l'autre côté, la salle de séjour, avec les deux couchettes, des étagères, un guéridon, etc...

Son "cordon ombilical" le reliait aux installations de surface situées sur l'île de Pomègues, mais presque à la verticale, au-dessus de lui, il y avait un chaland servant de base avancée pour les plongées et le ravitaillement.

Il était immergé dans la baie de Pomègues,

à l'abri des vents de nord-ouest, sur un fond de 13 mètres, tenu par 8 chaînes et 34 tonnes de gueuse.

Son alimentation en air, évacué au niveau de la partie inférieure du puits d'accès ( le " couteau" en langage des tubistes), maintenait la pression intérieure à ce niveau hydrostatique, soit 10,5 m. (2,05 k.)

Tout était naturellement prévu pour que le ravitaillement , sous toutes ses formes, et la surveillance, non seulement à l'intérieur de la " maison" mais au cours des plongées des deux bathy-nautes, soient assurés de jour et de nuit.

Les deux navires océanographiques du Commandant COUSTEAU, la "CALYPSO" et l'"ESPADON", ainsi que la vedette de la Chambre de Commerce de Marseille et divers engins légers, participaient à cette opération, qui était dirigée par le Commandant ALINAT.

.....

ETUDE PHYSIOLOGIQUE DES DEUX SUJETS EN EXPERIENCE

Avant l'expérience, les deux sujets ont été soumis à un certain nombre d'examens.

1°/ Examen clinique, suivant le protocole adopté à notre consultation de médecine sportive - radiographie pulmonaire-

2°/ Examen neuro-psychiatrique, avec interrogatoire psychiatrique, E.E.G., examens psychologiques, tests.

3°/ Exploration cardio-vasculaire: clinique, électrocardiographique, avec test de Master et test de Flack;

4°/ Explorations biologiques, portant sur : l'azotémie, la glycémie, l'uricémie, les protides et les lipides sanguins, le cholestérol sanguin total et estérifié, le protéinogramme, le lipidogramme, l'hémogramme, la vitesse de sédimentation, le thrombélastogramme, ainsi que l'hématocrite et l'ionogramme sanguin.

Dans les urines, en plus des examens classiques de dépistage, on a dosé l'urée, l'acide urique, les chlorures, la créatinine, le sodium et le potassium.

On a mesuré aussi l'élimination des métabolites hormonaux:

17 cétostéroïdes, par la méthode de Zimmermann;  
17 hydroxie 20 céto, par la méthode de Porter et Silber,  
et les corticoïdes réducteurs totaux, selon la technique de Jayle au bleu de tétrazolium; ainsi que les catécholamines totales.

On a dosé également l'excrétion d'uropepsine.

La plupart de ces examens cliniques, psychotechniques et biologiques, ont été renouvelés plusieurs fois (mais moins souvent que nous ne l'aurions souhaité), durant le séjour sous la mer et le deuxième jour après la sortie.

Nous avons réuni ainsi le plus possible d'éléments susceptibles de nous éclairer sur le comportement physiopathologique des deux sujets pendant une semaine de vie en atmosphère comprimée, sous la mer, et respirant un air dont la pression partielle d'oxygène était sensiblement le double de celle existant à la surface.

L'évolution de ces divers éléments fait l'objet d'un volumineux rapport que nous allons tâcher de résumer.

Parmi les signes cliniques, nous passerons rapidement sur le poids (léger amaigrissement) ; le pouls et la température, stables ; la tension artérielle qui a légèrement fléchi chez (W) ; les épreuves cardio-vasculaires qui sont demeurées remarquablement normales.

Le comportement, que nous avons suivi de très près ( nous étions, en moyenne, 4 h. par jour auprès d'eux) mérite une certaine attention.

Nous envisagerons LE COMPORTEMENT DE FOND, d'une part, LES EPISODES CRITIQUES, d'autre part.

.....

A - Comportement de fond-

Si certains incidents sont venus, au cours de l'expérience, modifier certains aspects du comportement des sujets, on n'en enregistre pas moins une certaine stabilité dans:

- leur volonté de poursuivre l'expérience;
- leur coopération aux examens médicaux;

coopération qui, comme chez tous les sujets sportifs, en bonne santé, est loin d'être parfaite, laisse toujours la porte ouverte à certaine négligence, s'accompagnant toujours d'une incompréhension de la rigueur qui doit présider aux prélèvements et aux examens ( exemple : le refus de prendre la température autrement qu'axillaire a eu lieu dès les premières 24 heures) - mais tout cela n'a été ni aggravé ni amélioré par le séjour sous-marin;

- l'absence apparente de claustrophobie, et toujours, apparemment du moins, l'attitude diamétralement opposée d'agoraphobie;

- parallèlement à cette agoraphobie, l'absence d'exhibitionnisme et des attitudes se tenant dans les limites du naturel, surtout chez ( F ) , en présence d'une observation pourtant constante;

- l'absence d'occupations intellectuelles et le peu d'intérêt manifesté pour les émissions de radio et de télévision;

- bref, un certain détachement du milieu terrestre qu'ils avaient quitté, et cela pour tous les deux, sans aucune crise, si brève soit-elle, de regret ou de nostalgie, seulement l'obsession - modérée sans doute et peu formulée, mais permanente -, de la période de transition lors du retour à la surface, avec les accidents possibles qu'elle pourrait comporter;

- pas de surexcitation particulière comme on aurait pu s'y attendre à cause de l'hyperoxie, sauf peut-être le matin du deuxième jour où, au moment du petit déjeuner, ils manifestaient une euphorie un peu excessive par rapport à leur comportement habituel;

- mais plutôt le contraire, une certaine nonchalance un ralenti à peine sensible dans l'action, quelques manifestations, sinon de fatigue, du moins d'asthénie ou peut-être de paresse relative dont nous aurons à reparler, mais qui n'ont pas évolué au cours du déroulement de l'expérience.

- en revanche, pas du tout de ralentissement dans la nage sous l'eau, simplement, dans le travail sous l'eau, des efforts, pour eux habituels, leur ont paru un peu plus pénibles.

#### ~~B~~ - Crises -

~~Sur ce fond de stabilité se détachent des crises.~~

~~Les crises, (si l'on peut employer ce terme pour des réactions, somme toute modérées, dans le~~

B - Crises -

Sur ce fond de stabilité se détachent des crises.

Les crises, ( si l'on peut employer ce terme pour des réactions, somme toute modérées, dans le comportement des deux bathy-nautes ) se sont manifestées de la façon suivante:

- Pour ( F ), un cauchemar à teinte fortement anxieuse au cours de la première nuit;

- Pour ( W ), rien de nettement apparent, mais, le soir du 2ème jour, les deux sujets ont trouvé la plongée nocturne fatigante bien qu'elle n'ait duré que 55 minutes, ce qui est peu au regard de leur entraînement et du programme établi ( 5 h. par jour, alors qu'ils n'ont plongé que 4 h. ce jour-là ).

Le 3ème jour, ils ont trouvé fatigant le maniement des gueuses sous l'eau et ont demandé à être dispensés de plongée de nuit. Cette attitude contraste avec celle du 4ème jour où, malgré leurs troubles digestifs et les crises gastriques de ( F ), ils ont exécuté leur programme assez allègrement ( 4 h.50 de plongées ).

Le 5ème jour, ils n'ont travaillé sous l'eau que 3 h.30, mais sans se plaindre.

Le 6ème jour : 4 h.50 ; le 7ème jour : 4 h.5', mais avec beaucoup plus d'entrain et les plongeurs qui les accompagnaient ont pu admirer l'aisance et la vitesse de leurs évolutions sous l'eau.

La crise de fatigue, ressentie par ( F ) le matin de la sortie, a naturellement modifié son comportement pendant les dernières heures, mais cette crise avait certainement une composante psychique : inquiétude pour l'un de nous ( Pr. CHOUTEAU ) qui s'était soumis à un

délicat exercice d'évacuation en caisson monoplace, et peut-être crainte inavouée d'accident imprévisibles lors de leur retour à la surface.

Quoi qu'il en soit et globalement, le comportement des deux bathy-nautes s'est plutôt amélioré, stabilisé lors des derniers jours de leur séjour sous la mer.

Reste toujours sur le plan clinique ce qu'il nous faut bien appeler : LES INCIDENTS PATHOLOGIQUES.

Les deux sujets étaient légèrement enrhumés au départ. Ils ont présenté de petits signes de rhino-pharyngo-trachéite. Pharyngite plus accentuée chez (W), le 4ème jour trachéite plus marquée, mais antérieure à l'expérience, et plus persistante chez (F).

Ces manifestations se sont produites surtout les cinq premiers jours, pour s'atténuer considérablement à partir du 6ème jour.

A la sortie, aucun des deux sujets ne présentait de signes d'irritation pulmonaire.

Les troubles les plus manifestes ont été d'ordre digestif.

Dès le 3ème jour, (F) et (W) se plaignaient de ballonnement après les repas, de gêne inhabituelle lors de l'habillage, de pesanteur digestive.

Le 4ème jour, (F) a présenté des troubles gastriques toute la journée, couronnés par une véritable crise après le repas du soir avec des aigreurs, du pyrosis,

des nausées, au cours de la plongée nocturne, le tout n'étant calmé que par des compresses chaudes sur la région épigastrique, vers 22 heures.

Le ballonnement et les troubles dyspeptiques étaient considérablement atténués par quelques mesures diététiques, à partir du 6ème jour.

Ici, une remarque s'impose: nous n'avons pas voulu ni pu prendre de mesures diététiques strictes vis-à-vis des deux bathy-nautes les premiers jours de l'expérience. Ils étaient plutôt boulimiques au début, consommant largement la cuisine du bord. (F), toujours plus réservé vis-à-vis des aliments gras, (W) consommant allègrement sa portion de camembert au petit déjeuner et ses deux litres de lait par jour.

Dès qu'ils se sont rendu compte des inconvénients de cette alimentation, nous avons pu la modifier en réduisant le volume alimentaire, les farineux, les corps gras, le lait et en les remplaçant par des mets sucrés directement assimilables: confiture, miel, confit d'amandes, ainsi que des viandes rouges et du poisson.

Leur estomac a répondu de façon favorable à cette modification de régime qui comportait quand même 3.000 calories par jour, et leur permettait d'assurer confortablement leur thermogénèse, en plongée.

Au cours de ce séjour, nous n'avons pas pu noter de fatigue objectivable, sauf le matin de la sortie pour (F).

Le sujet s'était dépensé musculairement et nerveusement au cours de l'exercice d'évacuation en caisson monoplace.

Lorsque nous avons demandé à (F) de s'allonger pour respirer de l'oxygène ) 80% afin de se dénitrogéner avant la sortie, il présentait un pouls à 96, persistant, il avait le visage fatigué et manifestait un essoufflement qui a mis plus de 10 minutes à s'apaiser sous oxygène.

(W) paraissait, en revanche, en pleine possession de ses moyens et beaucoup plus détendu.

Il reste à signaler quelques incidents cutanés.

D'abord , une sensibilité accrue de l'épiderme au rasoir électrique chez les deux sujets. Un peu de prurit et de cuisson au niveau des conduits auditifs externes et, enfin, de petites manifestations infectieuses, sous forme de pyodermites, apparues le jour de la sortie chez tous les deux.

Nous avons d'ailleurs prévu la possibilité d'une pollution de l'atmosphère du caisson par des bactéries pathogènes, du fait de la température, de l'humidité et de l'absence d'insolation; malgré la ventilation satisfaisante.

L'examen bactériologique a montré une contamination de l'air de la chambre:

- Contamination totale : 65 colonies
- Staphylocoques totaux : 35 colonies
- Staphylocoques pathogènes : 12 colonies.

.....

Nous ne dirons que quelques mots des réactions psycho-motrices qui ont été tout particulièrement scrutées à l'aide de nombreux tests, ( échelle d'intelligence de Wechaler-Bellevue - figure complexe et ordination de chiffres de Rey - test de rétention visuelle de Benton - ainsi que des tests de performance et la mesure des temps de réaction).

Ne pouvant entrer dans le détail, nous citerons simplement la conclusion de la psychologue:

"Nous n'avons pas mis en évidence, au cours de l'expérience, de troubles intellectuels ou psychiques, susceptibles d'entraver en quoi que ce soit l'adaptation des sujets.

"Les fluctuations de l'efficiencie ont été légères et pas toujours concordantes. L'effet d'apprentissage, signe d'adaptation, s'est manifesté de façon évidente".

Mais il était nécessaire de pousser plus loin nos investigations et les résultats des E.E.G. et des examens de laboratoire sont peut-être plus riches d'enseignement.

Si les examens neurologiques n'ont révélé aucune modification, les E. E.G. n'ont pas été tout à fait indifférents. Ils étaient normaux avant l'épreuve chez les deux sujets.

Refaits le lendemain de la sortie, ils mettaient en évidence, chez (F) comme chez (W) , des rythmes de fond moins amples et plus fragmentés. Le rythme s'organisant en bouffées sporadiques.

.....

L'hyperpnée, la S.L.I. et l'E.A. ne révélai-ent rien de plus.

L'impression du neuro-biologiste est que ces E.E.G. se présentent comme ceux de sujets dont le tissu nerveux a souffert d'hypoxie, naturellement à minima, et sans manifestations cliniques. Cette remarque est avancée avec prudence par le Dr. REGIS; elle n'en est pas moins intéressante et montre que l'E.E.G. est une des méthodes d'exploration les plus précieuses dans ce genre d'expérience

Parmi les constantes sanguines, certaines demeurent  
===== stables.

Chez les deux sujets:

Les protides totaux, le protéino et le lipidogramme, à quelques nuances près, l'uricémie et la cholestérolémie, la V.S.G. ne bougent pas. (*fig. 1 et 2*)

Les lipides totaux baissent nettement dès le début pour se stabiliser ensuite. (*fig. 2*)

Il n'en est pas de même de l'azotémie qui, normale au départ, augmente assez régulièrement sans toutefois atteindre les taux élevés enregistrés au cours de l'effort sportif. (*fig. 1*)

La glycémie s'infléchit brutalement le 2ème jour, plus exactement 18 h. après le début, pour revenir rapidement à la normale. (*fig. 1*)

L'hémogramme témoigne d'une diminution assez régulière des globules rouges et des granulocytes. Le 7ème jour, (W) a perdu près de 1.100.000 hématies par  $\text{mm}^3$  et (F) près de 400.000. La récupération s'amorce, d'ailleurs dès le lendemain de la sortie: les deux sujets ont déjà retrouvé 200.000 hématies par  $\text{mm}^3$ .

Il en est de même des polynucléaires neutrophiles dont le pourcentage diminue notablement chez (W) plus que chez (F) et cela malgré la petite infection cutanée présentée par les deux plongeurs. (fig. 3)

Le mouvement des électrolytes sanguins n'est pas très important. Toutefois, chez les deux sujets:

La kaliémie monte assez régulièrement jusqu'à 5,8 mEq le 7ème jour, tandis que la natrémie baisse d'une quinzaine de mEq entre le 2ème et le 4ème jour et que le potassium globulaire marque une fuite nette mais transitoire le 2ème jour. (fig. 4)

Le dosage du sodium globulaire étant plus sujet à caution, nous négligerons ses variations apparentes. (fig. 4)

Dans les urines, chez les deux sujets, les taux de l'urée, de l'acide urique et de des chlorures sont à peu près constants.

L'élimination des électrolytes Na et K est oscillante comme la diurèse mais non parallèle à celle-ci. Elle se caractérise par un débit accru, au début de l'expérience surtout en ce qui concerne le sodium. (La natriurie atteint 242 mEq chez (W), le 2ème jour.) (fig. 5)

Les variations modérées du taux des 17 céto-  
téroïdes n'ont rien de comparable à celles que l'on  
enregistre au cours de l'effort sportif. ( *fig. 6* )

Mais les 17 OHCS subissent une déflation nette,  
relativement transitoire le 2ème jour, tandis que les  
corticoïdes réducteurs totaux ne présentent pas des varia-  
tions tout à fait parallèles. ( *fig. 7* )

Rien à dire des catécholamines totales, normales  
le 5ème jour, ni de la réaction de Donaggio qui ne fut  
positive qu'une fois après la sortie, chez (W).

Le taux de l'uropepsine dessine, en revanche,  
une courbe caractéristique, dont le sommet, très élevé  
chez (F) ,le 2ème jour précède la violente crise digestive  
ressentie par celui-ci. Chez (W) , uropepsinurie et crise  
digestive sont parallèles, mais moins fortes. ( *fig. 8* )

o

o

o

De cet ensemble de faits se dégagent quelques  
remarques qui ne prétendent pas expliquer toutes les  
réactions observées mais qui nous permettront d'envisager  
les précautions à prendre lors de la prochaine expérience,  
certainement plus sévère par sa profondeur ou par sa durée.

.....

Ce qui donne toute sa valeur à l'épreuve, c'est le remarquable parallélisme du comportement des deux sujets, surtout en ce qui concerne les réactions biologiques. Plus vives chez (W), plus amorties chez (F), mais comparables.

Chronologiquement, nous distinguerons trois phases:

1ère phase, très précoce, avec crise d'adaptation caractérisée par:

- de l'angoisse, très contrôlée par (F) (sauf dans le sommeil) surcompensée par (W), (ce qui en aggrave les effets);
- une asthénie modérée, à tout prendre et peut-être euphorique;
- un ensemble de réactions métaboliques et hormonales, pouvant être pour la plupart apparentées au Syndrome d'Alarme, avec:
  - chute de la glycémie;
  - légère baisse des 17 CS;
  - baisse plus marquée des 17 OHCS;
  - fuite du potassium globulaire;
  - élimination excessive du sodium (ainsi que du potassium, ce qui est moins explicable).

Tout cela transitoire, trop tôt apparu et trop vite corrigé pour être la conséquence d'une agression par

l'action chimique d'O<sub>2</sub> ou de N<sub>2</sub> sous une Pp double de la normale. Il est difficile d'interpréter cette crise autrement que comme un stress psycho-neurogène.

2ème phase - Du 2ème au 4ème jour, l'adaptation s'affirme, la vie paraît décidément possible, l'activité redevient sensiblement normale. Mais une crise gastro-intestinale se développe, avec forte uropesinurie, témoignage d'une deuxième crise d'adaptation, plus particulière, celle de l'alimentation à ce genre d'existence.

Ou, peut-être, simple remous neuro-végétatif à prédominance vagale, consécutif au premier stress. Il est difficile de se prononcer à coup sûr.

3ème phase - Les trois derniers jours, tout se passe comme si, détachés de la surface, les bathy-nautes avaient trouvé leur régime de croisière. Ils envisageraient favorablement un séjour beaucoup plus long. Plus rien n'altère leur dynamisme, sauf le souci de la remontée.

Toutefois, que ferait leur azotémie si l'expérience se prolongeait ? Et cette anémie relative de compensation à une Pp O<sub>2</sub> double de la normale ne risquerait-elle pas d'entraîner à la longue une sidération de l'hématopoïèse ?

L'irritation cutanée et ses petits foyers pyodermiques ne pourraient-ils pas évoluer vers une infection staphylococcique plus grave, faute d'air sec et de soleil?

Et que faut-il penser des très légers signes de souffrance corticale révélés par l'E.E.G. ?

Ces points d'interrogation, à vrai dire, ne sont pas suffisants pour nous priver d'optimisme.

o  
o o

Nous pensons, en effet , que, jusqu'à - 20 m. (peut-être - 25), la plupart des difficultés entrevues aujourd'hui seront aplanies par:

- le fait que le premier stade sera dépassé et la collectivisation de l'expérience;
- une diététique logiquement adaptée à ce mode de vie;
- une protection de la peau et une désinfection de l'habitat sous-marin par du soleil artificiel;
- et peut-être quelques médicaments (vitamines inhibiteurs de la M.A.O., stimulants de l'hématopoïèse, etc...)

A des profondeurs plus grandes, l'atmosphère devra être obligatoirement appauvrie en oxygène et d'autres problèmes se poseront que nous n'avons pas le loisir d'évoquer ici.

=====