

## Les dernières expériences de vie à saturation de l'O.F.R.S.

par

JEAN ALINAT

*Musée océanographique, Monaco*

L'homme est adapté à des conditions de vie moyennes, mais cette adaptation même comporte une certaine souplesse et permet à son organisme de s'accomoder même pour de longues durées, de conditions franchement différentes.

En 1962, une quantité importante de résultats expérimentaux, tant sur l'homme que sur les animaux, laissait prévoir la possibilité de séjours prolongés en atmosphère sous pression.

Des résultats intéressants apparaissent déjà dans les travaux de P. BERT (1874-1878) et J.S. HALDANE (1908-1909). Mais surtout des travaux récents sur les animaux effectués les uns par WORKMANN, BOND & MAZZONE (1962) les autres au G.E.R.S. en 1949, puis plus récemment (non publiés) nous donnaient une grande sécurité pour les premiers pas. Elle nous paraissait telle qu'il n'y avait pas lieu de reprendre des expériences de laboratoire déjà concluantes. Nous voulions au contraire, profitant par ailleurs de notre expérience dans le domaine sous-marin, faire tout de suite des expériences complètes et réalistes, à un échelon pratique, pour étudier simultanément l'adaptation à la pression et aux autres conditions du milieu dont l'influence sur l'organisme humain pouvait être tout aussi importante.

La première expérience, Précontinent I a eu lieu du 14 au 21 septembre 1962 en rade de Marseille, à 10 mètres de fonds, les deux plongeurs travaillant quatre à cinq heures par jour jusqu'à 25 mètres.

Elle a confirmé notre optimisme et préparé la suivante, Précontinent II, où dans des conditions analogues de pression, d'atmosphère et de travail, un nombre plus élevé de sujets, aux caractéristiques moins homogènes, ont vécu pendant un mois sans faire surface.

De plus, la présence de ce relais sous-marin (prévu pour huit habitants) nous a permis d'effectuer dans les meilleures conditions de sécurité l'expérience préliminaire de l'échelon suivant :

dans une deuxième « maison », située à 26 m de profondeur, où une atmosphère synthétique d'air et d'hélium maintenait des conditions convenables, deux plongeurs ont vécu une semaine, effectuant des plongées jusqu'à plus de 100 m.

Eux non plus n'ont présenté aucun trouble inquiétant pendant ni après l'expérience.

Passé ce stade, de nouvelles expériences en laboratoire devenaient nécessaires. Nous avons préparé à Marseille, à l'O.F.R.S., un complexe de chambres pouvant être mises en pression jusqu'à 58 atmosphères, et dans lesquelles nous pouvions assurer des conditions d'existence correctes à des animaux de grande taille ou, à la rigueur, à deux hommes.

Cette installation était prête fin 1964, et nous avons procédé à une première série d'expériences sur des moutons et des boucs pour vérifier l'inocuité des séjours à 21 atmosphères (200 m de profondeur), préciser les conditions optimales de mélanges gazeux et les limites de sécurité pour la décompression.

Les résultats obtenus nous ont permis d'entreprendre, du 12 au 17 août 1965, une expérience au cours de laquelle le Professeur CHOUTEAU et le Docteur AQUADRO ont séjourné trois jours à 13 atmosphères (120 m de profondeur) et ont été décomprimés en 47 heures.

Cette expérience avait comme objet une ultime vérification avant l'expérience en mer Précontinent III des conditions de vie et atmosphère oxygène-hélium, une vérification d'un schéma de décompression un peu plus rapide que celui prévu pour les futurs océanotes. Elle a permis en outre un début d'observations très incomplètes, mais pouvant donner l'orientation méthodologique à des expériences humaines futures, et à deux d'entre nous, qui ont été ultérieurement chargés du contrôle médicophysologique des océanotes d'EP III, de se rendre compte directement des difficultés possibles.

L'expérience Précontinent III elle-même a commencé en fait le 23 août 1965, quand six des ingénieurs qui avaient étudié l'habitat et ses équipements s'y sont installés à 25 m de profondeur dans le port de Monaco.

Cet essai, terminé le 2 septembre, leur donna à eux aussi la possibilité de se rendre compte directement des problèmes que rencontreraient les océanographes, tout en fortifiant la confiance de ceux-ci dans l'équipement. Il permit aussi d'effectuer à bon escient les dernières mises au point.

Le 17 septembre, les six océanographes prenaient à leur tour possession de leur « maison » dans le port de Monaco et effectuaient le contrôle des équipements tout au long de la mise en pression à 11 atmosphères qui se terminait le 18. Une tentative de remorquage et de mise en place, le 19, était entravée par le mauvais temps et ce n'est que le 22 que la « maison », enfin mise en place à 100 m de profondeur devant le Cap Ferrat, pouvait être ouverte en équilibre avec la mer.

A partir de ce moment, les océanographes n'ont cessé de travailler entre 90 et 130 m de profondeur à compléter leur installation, à procéder à des essais scientifiques et techniques et, en particulier, à répéter sur un modèle de tête de puits pétrolier des opérations déjà étalonnées pour contrôler leur efficacité. Cette dernière s'est avérée aussi bonne qu'en surface, meilleure qu'en plongée à l'air 15 m. Les équipements de contrôle et de régénération ont fonctionné sans accident, et la durée moyenne de travail à l'extérieur a dépassé 3 h par jour malgré l'insuffisance de la protection par vêtements de plongée contre le froid.

Et à cette profondeur, les océanographes n'ont même pas eu conscience d'une tempête qui, du 27 au 29, a mis en péril, en surface, les installations de liaison.

Le 12 octobre, tous les travaux prévus accomplis, les océanographes rangeaient les équipements et préparaient leur remontée qu'ils déclenchaient eux-mêmes le 13 à 17 h 30 et qui était suivie du remorquage de la « maison » dans le port de Monaco où la décompression se poursuivait sans incident jusqu'à leur sortie le 17 à 22 h 50.

Ils étaient donc restés sous 11 atmosphères de pression pendant 26 jours et avaient effectivement travaillé aux environs de 100 m de profondeur pendant 21 jours avec une efficacité remarquable.

Cette expérience a donc confirmé que notre confiance dans les possibilités de la plongée à saturation était fondée et que nous étions encore loin de ses limites en durée et en profondeur.

Nous avons essayé de déterminer cette dernière par des expériences de laboratoire, d'abord avec les animaux et la première de la série a été réalisée dans les caissons de l'O.F.R.S. à Marseille du 20 juin au 4 juillet : l'expérience URSULA.

Le but en était de préciser les limites d'utilisation du mélange oxygène-hélium, que nous estimions empiriquement en fonction des masses spécifiques du mélange respiratoire se trouver entre 22 et 40 atmosphères. Nous avons donc décidé d'opérer sur 4 boucs précédemment utilisés et qui avaient été suivis cliniquement et du point de vue des constantes sanguines depuis plus d'un an en les soumettant à une pression de 41 atmosphères équivalente à environ 400 m de profondeur, ou plus si nécessaire en l'absence de réactions macroscopiquement visibles, c'est-à-dire jusqu'aux limites de pression réalisables dans notre installation soit 58 atmosphères équivalent à 570 m de profondeur en mer.

Rien d'anormal ne s'étant produit au cours d'un séjour de 5 jours à 41 atmosphères, la pression fut effectivement élevée et nous avons constaté un fait qui nous semble important. Jusqu'à 41 atmosphères, les animaux avaient un comportement normal pour une pression partielle d'oxygène de 210 g/cm<sup>2</sup>. Lors de la montée à 51 puis 58 atmosphères, ils manifestaient un abatement anormal. L'injection d'oxygène et le relèvement de la pression partielle d'oxygène à 280 g/cm<sup>2</sup> occasionnait une reprise immédiate de l'activité (locomotion-prise de nourriture-agressivité). En conséquence, nous avons maintenu cette pression partielle d'oxygène durant la durée de séjour à cette pression. Il semble qu'en raison de la densité élevée du mélange respiré, la ventilation pulmonaire soit perturbée, réalisant une hypoxie alvéolaire qu'il est nécessaire de compenser par un relèvement de la pression partielle de l'oxygène inspiré. Une étude plus détaillée de ce phénomène semble toutefois nécessaire.

L'exiguïté du caisson, le confinement, l'humidité relative élevée (96 à 100 p. 100 en permanence) sont également une source de perturbations pouvant se répercuter à différents niveaux (comportement-métabolisme, etc.).

Dans l'expérience URSULA en particulier, la présence de quatre animaux se gênant mutuellement a nettement perturbé le régime d'activité et d'alimentation. La conséquence en a été quelques signes de dénutrition et d'irritation (alopécies, kératites diffuses, ulcères cornéens, inflammation des paupières et des muqueuses) qui ont régressé complètement en 8 à 10 jours de stabulation normale après l'expérience.

Les autres conditions avaient pu être mesurées et réglées avec précision, en particulier : la pression partielle d'oxygène était réglée à 30 g/cm<sup>2</sup> près, celle du gaz carbonique est restée insignifiante, celle de l'azote, considéré comme une impureté n'a jamais atteint 50 g/cm<sup>2</sup>, celle du méthane, produit en quantité notable par les ruminants était maintenue en moyenne à 15 g/cm<sup>2</sup>.

La température du caisson était réglée aux environs de 30°, température de confort apparent dans cette ambiance dont la conductivité est anormalement élevée.

Au total, après douze jours passés à des pressions supérieures à 41 atmosphères, les animaux paraissaient normaux et les deux qui ont été immédiatement sacrifiés ne présentaient que les quelques signes mineurs signalés plus haut, signes qui ont rapidement régressé chez les deux autres sujets et qui s'expliquaient parfaitement par l'inconfort de l'installation.

La conclusion de cette expérience est que, si des phénomènes nouveaux apparaissent dans les conditions de notre expérience, ils peuvent être compensés par un relèvement du taux d'oxygène et leur évolution avec l'augmentation de pression semble lente. Surtout ils n'ont pas l'air d'entraîner de modifications organiques irréversibles et l'on peut donc envisager de pousser l'expérience plus loin.

Une conséquence secondaire de cette constatation est que, pour poursuivre nos expériences, nous étudions une chambre à 150 atmosphères complétant notre installation.

