

UNIVERSITE DE LIMOGES
FACULTE DE MEDECINE

ANNEE 1996

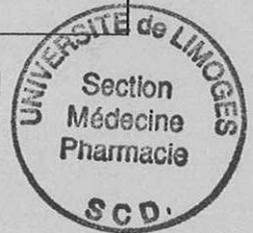
THESE N° 3411

UN CAISSON HYPERBARE EN PAYS BASQUE ?

SCD UNIV.LIMOGES



D 035 110208 6



THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Qualification : MEDECINE GENERALE

présentée et soutenue publiquement le 18 juin 1996

par

Jérôme DUKERS

Né le 2 septembre 1965
à Pau (Pyrénées Atlantiques)

MEMBRES DU JURY

M. le Professeur C. PIVAPrésident
M. le Professeur F. WATTELJuge
M. le Professeur M. LASKAR.....Juge
M. le Docteur D. MATHEJuge
Mme le Docteur F. ROLLE.....Membre invité

UNIVERSITE DE LIMOGES
FACULTE DE MEDECINE

ANNEE 1996

THESE N° 34

UN CAISSON HYPERBARE EN PAYS BASQUE ?



THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Qualification : MEDECINE GENERALE

présentée et soutenue publiquement le 18 juin 1996

par

Jérôme DUKERS

Né le 2 septembre 1965
à Pau (Pyrénées Atlantiques)

MEMBRES DU JURY

M. le Professeur C. PIVAPrésident
M. le Professeur F. WATTELJuge
M. le Professeur M. LASKAR.....Juge
M. le Docteur D. MATHEJuge
Mme le Docteur F. ROLLEMembre invité

UNIVERSITE DE LIMOGES

FACULTE DE MEDECINE

DOYEN DE LA FACULTE: Monsieur le Professeur PIVA Claude

ASSESEURS: Monsieur le Professeur VANDROUX Jean-Claude
Monsieur le Professeur DENIS François

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS:

ADENIS Jean-Paul * (C.S)	OPHTALMOLOGIE
ALAIN Luc (C.S)	CHIRURGIE INFANTILE
ALDIGIER Jean-Claude	NEPHROLOGIE
ARCHAMBEAUD Françoise	MEDECINE INTERNE B
ARNAUD Jean-Paul (C.S)	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
BARTHE Dominique (C.S)	HISTOLOGIE EMBRYOLOGIE CYTOGENETIQUE
BAUDET Jean (C.S)	CLINIQUE OBSTETRICALE ET GYNECOLOGIE
BENSAID Julien (C.S)	CLINIQUE MEDICALE CARDIOLOGIQUE
BERNARD Philippe	DERMATOLOGIE
BERTIN Philippe	THERAPEUTIQUE
BESSEDE Jean-Pierre	OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE
BONNAUD François (C.S)	PNEUMOLOGIE
BONNETBLANC Jean-Marie (C.S)	DERMATOLOGIE
BORDESSOULE Dominique (C.S)	HEMATOLOGIE ET TRANSFUSION
BOULESTEIX Jean (C.S)	PEDIATRIE
BOUQUIER Jean-José	CLINIQUE DE PEDIATRIE
BOUTROS-TONI Fernand	BIOSTATISTIQUE ET INFORMATIQUE MEDICALE
BRETON Jean-Christian (C.S)	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
CAIX Michel	ANATOMIE
CATANZANO Gilbert (C.S)	ANATOMIE PATHOLOGIQUE
CHASSAIN Albert	PHYSIOLOGIE
CHRISTIDES Constantin	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-VASCULAIRE
COGNE Michel	IMMUNOLOGIE
COLOMBEAU Pierre (C.S)	UROLOGIE
CUBERTAFOND Pierre (C.S)	CLINIQUE DE CHIRURGIE DIGESTIVE
DARDE Marie-Laure (C.S)	PARASITOLOGIE
DE LUMLEY WOODYEAR Lionel (C.S)	PEDIATRIE
DENIS François (C.S)	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
DESCOTTES Bernard (C.S)	ANATOMIE
DUDOGNON Pierre	REEDUCATION FONCTIONNELLE
DUMAS Jean-Philippe	UROLOGIE
DUMAS Michel (C.S)	NEUROLOGIE
DUMONT Daniel	MEDECINE DU TRAVAIL
DUPUY Jean-Paul (C.S)	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
FEISS Pierre (C.S)	ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE
GAINANT Alain	CHIRURGIE DIGESTIVE
GAROUX Roger (C.S)	PEDOPSYCHIATRIE
GASTINNE Hervé	REANIMATION MEDICALE
GAY Roger (C.S)	REANIMATION MEDICALE
GERMOUTY Jean	PATHOLOGIE MEDICALE ET RESPIRATOIRE
HUGON Jacques	HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE-CYTOGENETIQUE
LABROUSSE Claude (C.S)	REEDUCATION FONCTIONNELLE
LABROUSSE François	ANATOMIE PATHOLOGIQUE

LASKAR Marc (C.S)	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-VASCULAIRE
LAUBIE Bernard (C.S)	ENDOCRINOLOGIE ET MALADIES METABOLIQUES
LEGER Jean-Marie (C.S)	PSYCHIATRIE D'ADULTES
LEROUX-ROBERT Claude (C.S)	NEPHROLOGIE
LIOZON Frédéric	CLINIQUE MEDICALE
MELLONI Boris	PNEUMOLOGIE
MENIER Robert (C.S)	PHYSIOLOGIE
MERLE Louis	PHARMACOLOGIE
MOREAU Jean-Jacques (C.S)	NEUROCHIRURGIE
MOULIES Dominique	CHIRURGIE INFANTILE
NATHAN-DENIZOT Nathalie	ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE
OUTREQUIN Gérard	ANATOMIE
PECOUT Claude (C.S)	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
PERDRISOT Rémy	BIOPHYSIQUE ET TRAITEMENT DE L'IMAGE
PILLEGAND Bernard (C.S)	HEPATO-GASTRO-ENTEROLOGIE
PIVA Claude (C.S)	MEDECINE LEGALE
PRALORAN Vincent (C.S)	HEMATOLOGIE ET TRANSFUSION
RAVON Robert (C.S)	NEUROCHIRURGIE
RIGAUD Michel	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
ROUSSEAU Jacques (C.S)	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
SAUTEREAU Denis	HEPATO-GASTRO-ENTEROLOGIE
SAUVAGE Jean-Pierre (C.S)	OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE
TABASTE Jean-Louis (C.S)	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
TREVES Richard (C.S)	RHUMATOLOGIE
TUBIANA-MATHIEU Nicole	CANCEROLOGIE
VALLAT Jean-Michel	NEUROLOGIE
VALLEIX Denis	ANATOMIE
VANDROUX Jean-Claude (C.S)	BIOPHYSIQUE ET TRAITEMENT DE L'IMAGE
VIDAL Elisabeth (C.S)	MEDECINE INTERNE
WEINBRECK Pierre (C.S)	MALADIES INFECTIEUSES

PROFESSEUR ASSOCIE A MI-TEMPS

MOULIN Jean-Louis 3ème CYCLE DE MEDECINE GENERALE

SECRETAIRE GENERAL DE LA FACULTE - CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS

POMMARET Maryse

* C.S = Chef de Service

A mes parents. A mes amis.

A notre **Président de thèse**

Monsieur le Professeur

Claude PIVA

Médecine Légale

Médecin des hopitaux

Chef de service

Doyen de la Faculté de Médecine

C'est avec spontanéité et curiosité d'esprit que vous avez accepté de siéger à la Présidence de cette thèse. Nous vous remercions très sincèrement et vous témoignons ici notre profonde gratitude.

A nos **Juges**

Monsieur le Professeur

Francis WATTEL

Réanimation Médicale

Médecin des hopitaux

Chef de service

Vous avez accepté par passion et conviction de siéger parmi nos juges après avoir manifesté de l'intérêt pour notre projet. Nous vous en remercions. Nous sommes sincèrement reconnaissants de l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger cette thèse.

Monsieur le Professeur

Marc LASKAR

Chirurgie Thoracique et Cardio-vasculaire

Chirurgien des hopitaux

Chef de service

Vous aussi avez manifesté une grande attention pour notre projet. C'est avec beaucoup de respect que nous avons reçu votre aide et votre enseignement. Soyez-en remercié, et trouvez ici l'expression de notre sincère gratitude.

Monsieur le Docteur

Daniel MATHE

Réanimation Médicale
Médecin des hopitaux

Vous avez accepté avec enthousiasme de siéger parmi nos juges, nous vous en remercions. Veuillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération.

Madame le Docteur

Florence ROLLE

Cardiologie
Médecin des hopitaux

C'est avec beaucoup de plaisir et de gaité que j'ai reçu ton enseignement. Je pense ne jamais l'oublier. Je suis heureux de te compter parmi mes juges. Reçois ici le témoignage de ma sincère amitié.

PLAN

INTRODUCTION

DEFINITION

RAPPEL HISTORIQUE

BASES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DE L'O.H.B.

Effet de l'élévation de la pression barométrique.

Effet de l'élévation de la pression d'oxygène.

INDICATIONS ET PROTOCOLES THERAPEUTIQUES

Introduction.

Liste des indications de l'O.H.B..

Indications en urgences de l'O.H.B..

Indications chroniques de l'O.H.B..

INCIDENTS ET ACCIDENTS DE L'O.H.B.

Les accidents barotraumatiques en O.H.B..

Les accidents de décompression en O.H.B..

Toxicité de l'oxygène.

Particularité de la réanimation en O.H.B..

REFLEXION SUR L'INTERET D'UN CAISSON EN PAYS BASQUE

Etude de la couverture de l'hexagone en équipement O.H.B..

Indice de besoin.

Schéma régional d'organisation sanitaire d'Aquitaine.

Discussion.

REFLEXION DE L'ACTIVITE D'UN CAISSON EN PAYS BASQUE

Introduction.

Extrapolation à partir de la région du Languedoc-Roussillon.

Bilan d'activité du caisson de Perpignan.

Recrutement actuel des malades bénéficiant d'O.H.B. en Aquitaine.

Discussion.

CHOIX DU CAISSON "IDEAL", MATERIEL ET SECURITE

Introduction.

Quelle serait la bonne chambre hyperbare ?

La sécurité.

L'implantation du caisson.

Le choix des pressions de fonctionnement.

La certification des caissons hyperbares.

Le personnel et sa formation.

CONCLUSION

ANNEXES

Annexe 1 : population d'Aquitaine et du Languedoc-Roussillon.

Annexe 2 : taux d'augmentation de la population dans le Pays Basque et les Landes.

Annexe 3 : lits actifs d'hospitalisation.

UN CAISSON HYPERBARE

EN PAYS BASQUE ?

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, l'oxygénothérapie hyperbare (O.H.B.) a trouvé un champ d'investigation très large, d'où émergent maintenant des indications bien établies et qui ont fait l'objet d'une validation.

La multiplication des travaux expérimentaux a permis une meilleure connaissance des conséquences physiologiques de l'oxygène hyperbare, permettant de mieux comprendre les résultats obtenus et d'étendre le champ d'application de cette thérapeutique. Le premier chapitre de ce travail sera consacré à un rappel des principales bases physiques et physiologiques de l'O.H.B..

Les indications sont de plus en plus précises, et nous les développerons dans un deuxième chapitre. L'O.H.B. y est, soit l'élément principal, soit un élément adjuvant du traitement, que ce soit dans les domaines médicaux ou chirurgicaux, aigus, subaigus ou chroniques.

La région du Sud-Ouest de la France semble insuffisamment pourvue en caissons hyperbares et il nous paraît intéressant de nous demander si une installation se justifie médicalement.

Pour tenter d'évaluer quelle serait son activité, nous utiliserons comme support à notre étude, le bilan d'activité, sur dix ans, de la chambre hyperbare de Perpignan, si tant est que la Catalogne et le Pays Basque soient des régions semblables. De là, découlera le choix d'un caisson "idéal".

DEFINITION

L'oxygénothérapie hyperbare consiste pour un patient à respirer pendant un temps déterminé, de l'oxygène dans un caisson à l'intérieur duquel la pression est augmentée à un niveau supérieur à celui de la mer (>1 atmosphère).

RAPPEL HISTORIQUE

L'histoire de l'O.H.B. est déjà longue.

La paternité de l'hyperbarie thérapeutique revient au Docteur HENSHAW, de Londres, qui le premier, en 1662, eut l'idée d'utiliser la pression atmosphérique comme modalité thérapeutique. Dans une chambre spécialement conçue à cet effet, appelée "domicilium", munie d'un grand soufflet d'orgue, ses patients respiraient de l'air comprimé, afin de bénéficier en toute saison, quelque fut le temps, de conditions climatiques supérieures à celle du milieu urbain (1). Les résultats cliniques n'avaient pas dû être trop impressionnants puisqu'il fallut plus de 150 ans avant qu'un nouvel intérêt ne se manifeste pour la médecine hyperbare, cette fois principalement en France. Pravaz à Lyon, par exemple, construisit une chambre en 1837 qui pouvait loger 12 personnes à la fois. On considérait que le "bain d'air comprimé", nom donné à l'époque, avait un effet bénéfique dans un grand nombre d'affections, en fait n'importe lesquelles, allant de la tuberculose pulmonaire jusqu'à la métrorragie. Cette approche quelque peu irréfléchie était caractéristique des médecins de l'époque, et les centres de traitement hyperbare étaient souvent plus luxueux que fonctionnels.

A partir de 1860, on assista à une explosion de centres à travers toute l'Europe ainsi qu'à l'implantation de la première installation américaine. A cette époque, la découverte de l'oxygène (O₂) avait déjà près de 100 ans (Priestley 1775, Schelle 1777, Lavoisier 1777). Mais la véritable approche scientifique de cette thérapeutique a commencé avec Paul Bert qui dégagea en 1878 les bases théoriques, physiques et physiologiques de l'hyperbarie et décrivit les effets toxiques de l'oxygène sur le système nerveux (2).

Dès 1930, les problèmes liés à la pénétration de l'homme sous la mer devinrent l'une des premières préoccupations pour les marines nationales française, anglaise, italienne, allemande et américaine, et pour les compagnies engagées dans la découverte et l'exploitation du pétrole offshore. Scientifiques, médecins, ingénieurs unirent leur efforts pour définir les règles d'une plongée sous-marine sécuritaire, concevoir les systèmes permettant sa faisabilité et établir le traitement des accidents éventuels. En ce domaine, les Français qui ont été pionniers, restent leaders.

Après 1960, l'Ecole d'Amsterdam avec Boerema et Brummelkamp introduisit l'O.H.B. dans le schéma thérapeutique de la gangrène gazeuse, alors en pleine

résurgence (3). Ceci explique l'implantation en France, à partir de cette époque, des premiers caissons dans les services de réanimation, amenés à prendre en charge ces patients, et la constitution d'Ecoles qui vont travailler à dégager les indications de l'O.H.B. dans le domaine de la médecine d'urgence et de réanimation (M. Goulon à Garches, A. Larcan à Nancy, J.M. Mantz à Strasbourg, L. Lareng à Toulouse, J. du Cailar à Montpellier, P. Ohresser à Marseille, C. Voisin puis F. Wattel à Lille).

Aux Etats-Unis, l'Undersea and Hyperbaric Medical Society (U.H.M.S.), décidait en 1976, sous l'impulsion de J.C. Davis et T.K. Hunt (Université de San Francisco) de créer l'Hyperbaric Oxygen Committee. Celui-ci est chargé d'établir des recommandations, soumises à une révision annuelle, concernant l'efficacité, les modalités d'application et la sécurité de l'O.H.B., en fonction d'une analyse critique des travaux expérimentaux et cliniques publiés (4). Ce comité multidisciplinaire, devenu international au fil des années, travaille depuis 1990 en liaison étroite avec l'European Committee for Hyperbaric Medecin (E.C.H.M.), crée en 1988 et qui poursuit les mêmes ambitions au sein de la Communauté Européenne. La participation française est particulièrement active, comme en témoignent la présence de médecins français dans chacune des commissions (indications, protocoles, faisabilité, sécurité, recherche) et le fait que la présidence soit d'obédience française. La désignation des membres de la délégation s'est faite avec l'aval de la Société Française de Physiologie et de Médecine Subaquatique et Hyperbare.

En septembre 1994 eut lieu à Lille la première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare (5). Elle avait pour ambition d'établir un constat sur la situation de cette médecine en Europe en 1994, par rapport aux différents aspects qui caractérisent une discipline médicale : son champ d'application, les impératifs de sa mise en oeuvre, les nécessités de formation des personnels, les possibilités d'évaluation et de recherche (6).

BASES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

DE L'O.H.B.

Les bases physiques et physiologiques de l'O.H.B. reposent à la fois sur l'élévation de la pression barométrique et sur l'élévation de la pression d'O₂.

EFFETS DE L'ELEVATION DE LA PRESSION BAROMETRIQUE

A la surface de la terre, nous sommes soumis à la pression exercée par l'atmosphère située au-dessus de nous ; c'est la pression atmosphérique barométrique. Elle diminue en altitude, elle augmente lorsqu'on descend (puits de mine, plongée sous-marine...).

La pression barométrique au niveau de la mer est de 1 bar et s'élève de 1 bar tous les 10 mètres de profondeur supplémentaire dans l'eau.

Si les pressions sont exprimées par référence à l'ambiance on parle de pression relative, par référence au vide absolu on parle de pression absolue. Cette dernière, sans ambiguïté, est préférée en médecine hyperbare. L'unité de mesure est l'atmosphère absolue (ATA) :

$$\begin{aligned}
 1 \text{ atmosphère absolue} & \\
 &= 1 \text{ ATA} \\
 &= 760 \text{ mm Hg} \\
 &= 10,33 \text{ m d'eau} \\
 &= 1.105 \text{ Pa} \\
 &= 1 \text{ kg / cm}^2 \\
 &= 1 \text{ bar}
 \end{aligned}$$

PRESSION ET VOLUME (7)

La loi de Mariotte (loi de Boyle dans les pays anglo-saxons) lie, à température constante, le volume d'un gaz (V) à sa pression (P) :

$$P \cdot V = \text{Constante}$$

L'élévation de la pression barométrique, en vertu de cette loi, a pour effet de réduire le volume des amas gazeux pathogènes à l'origine des embolies gazeuses et des accidents de décompression en plongée sous-marine.

Les variations de volume s'effectuent de manière exponentielle avec la pression, ainsi elles sont maxima dans les zones proches de la pression barométrique normale : pour des pressions comprises entre 1 et 2 ATA , la variation de volume est de 50 % alors que pour une même augmentation de 1 ATA , appliquée à des pressions comprises entre 6 et 7 ATA, elle n'est plus que de 2 %.

C'est par cette loi que s'expliquent les accidents barotraumatiques rencontrés en hyperbarie, qui surviennent plus volontiers à faible profondeur de plongée ; ces accidents mécaniques touchent les organes contenant de l'air :

- poumon : surpression pulmonaire ;
- oreille : otite barotraumatique ;
- sinus et dents ;
- tube digestif : colique du scaphandrier ;
- oculaire : squeeze (hémorragies conjonctivales, oedèmes palpébrales, ...).

PRESSION ET MELANGE GAZEUX (7)

La loi de Dalton indique que la pression totale (PT) d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles (Pp) qu'exercerait chacun des gaz du mélange s'il occupait seul le volume total :

$$PT = \sum Pp$$

La composition d'un mélange gazeux exprimée en pourcentage, ne varie pas lors de l'augmentation de la pression totale ; mais la pression partielle de chacun des composants, c'est à dire la quantité de chacun, augmente ; ainsi des polluants de l'air, qui à pression atmosphérique n'entraînent aucune manifestation, peuvent se révéler toxiques à plus forte pression. La composition d'un gaz en hyperbarie est donc importante à connaître.

De plus la densité d'un gaz augmente avec la pression totale imposée au mélange, il en résulte une augmentation du travail ventilatoire. Si cet effet reste de faible importance dans la gamme des pressions utilisées en hyperbarie thérapeutique

chez un sujet normal, il peut s'avérer très gênant chez un patient ayant une affection respiratoire, un malade intubé ou trachéotomisé (surtout avec des tubes de petit diamètre).

PRESSION ET GAZ DISSOUS (7)

La loi de Henry établit que les gaz se dissolvent dans les liquides, proportionnellement à la pression partielle de chacun d'entre eux, appliquée à l'interface gaz-liquide :

$$Q = \alpha P$$

Q = quantité de gaz dissous

α = coefficient de solubilité du gaz dans le solvant

P = pression du gaz à l'interface gaz-solvant

Lors de la compression, les gaz se dissolvent dans les liquides.

Lors de la décompression, les gaz regagnent le milieu vasculaire pour être expirés.

Pour l'azote, l'organisme doit être assimilé à un ensemble de compartiments différents selon la nature du tissu et sa vascularisation spécifique. Ainsi l'élimination de l'azote, c'est à dire la dénitrogénéation, s'effectue rapidement pour le sang lui même et plus lentement pour les tissus mal vascularisés (peau, cartilages, tendons, tissus graisseux, partie basse de la moelle épinière).

Ces différentes vitesses de dénitrogénéation sont d'autant plus diminuées chez des sujets porteurs de troubles circulatoires ou en état de choc. Cette dénitrogénéation doit être contrôlée en hyperbarie pour éviter tout accident de décompression.

PRESSION ET ENVIRONNEMENT (7)

L'augmentation des pressions ($>$ à 4 ATA) induit :

- par l'élévation de la densité des gaz, une modification des sons et de la transmission acoustique ;

- à la compression, une élévation de la température ambiante, à la décompression, un refroidissement. Cet effet, responsable parfois de désagréments, doit être maîtrisé par des protocoles de mise en pression et de décompression adaptés et une ventilation adéquate. On peut même utiliser des échangeurs thermiques sur les circuits d'admission des gaz.

EFFET DE L'ELEVATION DE LA PRESSION D'OXYGENE

EFFETS SUR LE TRANSPORT EN OXYGENE (8)

Le passage de l'oxygène du milieu alvéolaire vers le sang capillaire s'effectue par un phénomène de diffusion, qui se réalise grâce au gradient de pression d'oxygène entre l'alvéole (100 Torr) et le capillaire pulmonaire.

En normoxie normobare, l'oxygène est transporté sous deux formes :

- une forme liée à l'hémoglobine (98,5% environ) ;

- une forme dissoute dans le plasma en faible quantité (1,5% ; soit 0,3 ml / 100 ml de plasma).

En hyperoxie normobare, l'oxygène lié à l'hémoglobine augmente jusqu'à un plateau (20,1 ml / 1000 ml) tandis que l'oxygène dissous, suit une progression linéaire avec la pression partielle alvéolaire de l'oxygène.

En oxygène hyperbare, l'oxygène combiné reste fixe, l'oxygène dissous s'accroît avec la pression partielle alvéolaire de l'oxygène, pouvant aller jusqu'à couvrir les besoins tissulaires (6 ml / 100 ml de plasma à 3 ATA). Par ailleurs l'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène est diminuée (courbe de Barcroft déviée à droite) (9). L'O.H.B. peut donc pallier un défaut de transport sanguin d'oxygène soit quantitatif (anémie), soit qualitatif (drépanocytose), ou un défaut de perfusion tissulaire (insuffisance vasculaire aiguë ou chronique).

EFFETS HEMODYNAMIQUES ET MICROCIRCULATOIRES (10)

L'élévation de la pression partielle en O₂ s'accompagne d'une élévation de la tension artérielle systémique liée à une vasoconstriction périphérique, d'une bradycardie réflexe, ainsi que d'une baisse du débit cardiaque.

Au niveau microcirculatoire l'O.H.B. agit (11) :

- en augmentant la composante dissoute de l'O₂ (cf. supra) qui participe directement aux échanges tissulaires, et en augmentant la déformabilité des globules rouges de façon persistante ;

- en induisant une vasoconstriction artérielle réflexe hyperoxique des territoires bien perfusés (protection contre la toxicité de l'O₂), tout en maintenant un flux sanguin dans les territoires ischémiques, ce qui aboutit à une redistribution du flux sanguin vers les territoires mal perfusés. Cette redistribution vasculaire joue un rôle important dans les effets bénéfiques de l'O.H.B., car elle diminue le débit de transsudation capillaire, en favorisant la résorption de l'oedème vasogénique, et elle lutte contre le phénomène de reperfusion à l'origine de production de radicaux libres dévastateurs ;

- en permettant la réapparition de la vasomotion attestant de l'amélioration de l'état métabolique local.

Ces effets de l'O.H.B. induisent une hyperoxygénation tissulaire par augmentation considérable de la distance de diffusion péricapillaire de l'O₂. Au niveau d'une plaie cela se traduit par une élévation des pressions d'O₂. Cette hyperoxygénation tissulaire, qui persiste trois à quatre heures après chaque séance (10), a pour conséquence la création d'un environnement métabolique favorable au processus de réparation du tissu conjonctif et osseux (cf. infra) et aux moyens de défense de l'organisme contre l'infection (cf. infra).

EFFET BACTERIOSTATIQUE ET BACTERICIDE (12)

La sensibilité à l'oxygène a été utilisée pour classer les espèces bactériennes en bactéries anaérobies, incapables de survivre et de se multiplier en présence d'une $PpO_2 > 20$ mm Hg, et en bactéries aérobies qui en sont capables. L'oxygène peut donc être considéré comme un anti-bactérien vis-à-vis des germes anaérobies. Cependant, certaines bactéries aérobies peuvent être inhibées lorsque la PpO_2 dépasse une certaine valeur seuil : par exemple on observe un arrêt de la croissance pour les *Pseudomonas aeruginosas* et les *Staphylocoques dorés* quand la PpO_2 est supérieure à 1,3 ATA (13).

Outre sa toxicité intrinsèque liée à son excellent pouvoir oxydant, l'oxygène présente une agressivité résultant des produits de son interaction avec les organismes ou avec les composants de leur milieu de culture. La réduction métabolique de l'oxygène moléculaire induit la formation des dérivés intermédiaires partiellement réduits et hautement toxiques, les radicaux libres oxygénés : anion radical superoxyde (O_2^-), peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), radical hydroxyl (OH), oxygène singulet (O). La tolérance à l'oxygène des bactéries est en relation avec les mécanismes de défense qu'elles possèdent pour se protéger de la toxicité de ces produits de réduction. Catalase, peroxydase, superoxyde dismutase sont les principales enzymes de défense ; à l'inverse des germes aérobies, les anaérobies sont dépourvus de ces enzymes.

En pratique l'oxygène hyperbare (3 ATA pendant 90 minutes), in vitro et in vivo, inhibe constamment la production de toxine alpha par le clostridium, responsable du décès précoce des malades atteints de gangrène gazeuse, tout en exerçant un effet bactéricide ou bactériostatique sur le germe, suivant que l'environnement est riche ou non en catalases exogènes (12).

EFFETS SUR LES MOYENS DE DEFENSE DE L'ORGANISME

Il existe schématiquement deux types de réponse de l'organisme face à une infection :

- la réponse non spécifique, similaire dans ses mécanismes quelque soit l'agent infectieux, qui détermine en grande partie le degré de résistance innée d'un sujet aux infections. Elle met en jeu principalement la réaction inflammatoire et ses conséquences, dont la phagocytose ;

- la réponse spécifique qui est dirigée contre un micro-organisme donné et qui est générée par le système immunitaire.

La persistance de bactéries au point d'inoculation et le développement d'une infection sont, pour une large part, liés à une défaillance des moyens de défense locaux non spécifiques. L'hypoxie et l'ischémie sont les facteurs les plus souvent retrouvés à l'origine de cette défaillance (15).

L'oxygène hyperbare, outre son action directe sur les germes (cf. supra), en restituant des conditions d'oxygénation tissulaire satisfaisantes (cf. supra), crée un environnement métabolique favorable pour que les moyens de défense retrouvent toute leur efficacité : les polynucléaires des foyers infectieux retrouvent leur compétence bactéricide, sachant que la capacité phagocytaire des leucocytes est oxygénéodépendante (16).

Cet effet anti-infectieux de l'O.H.B. est additif et même synergique à celui obtenu avec les antibiotiques (17).

EFFET SUR LES PROCESSUS DE REPARATION CONJONCTIVE ET OSSEUSE (18)

La cicatrisation d'une plaie ou d'une fracture est un phénomène complexe nécessitant la participation coordonnée de plusieurs types cellulaires dans un processus de déterction, d'angiogénèse et de réparation tissulaire. La majorité des retards ou des échecs de cicatrisation est due à l'existence d'une infection et/ou d'une ischémie locale. Dans ces deux cas, un apport supplémentaire d'oxygène tel que le réalise l'O.H.B. (cf. supra), permet dans les plaies se produisant en terrain hypoxique (artériopathie, diabète, radionécrose, etc...), de pallier les retards de cicatrisation. Ce rôle "eutrophique et cicatrisant" de l'O.H.B., reconnu depuis longtemps en clinique, repose sur des bases expérimentales, étayées par de multiples travaux : la restitution de pression d'oxygène au niveau des plaies ou des fractures en terrain hypoxique, exerce un effet de stimulation de l'angiogénèse, de la prolifération fibroblastique, de la production de collagène tout en améliorant sa qualité (19), de l'épithélisation, de la réparation osseuse.

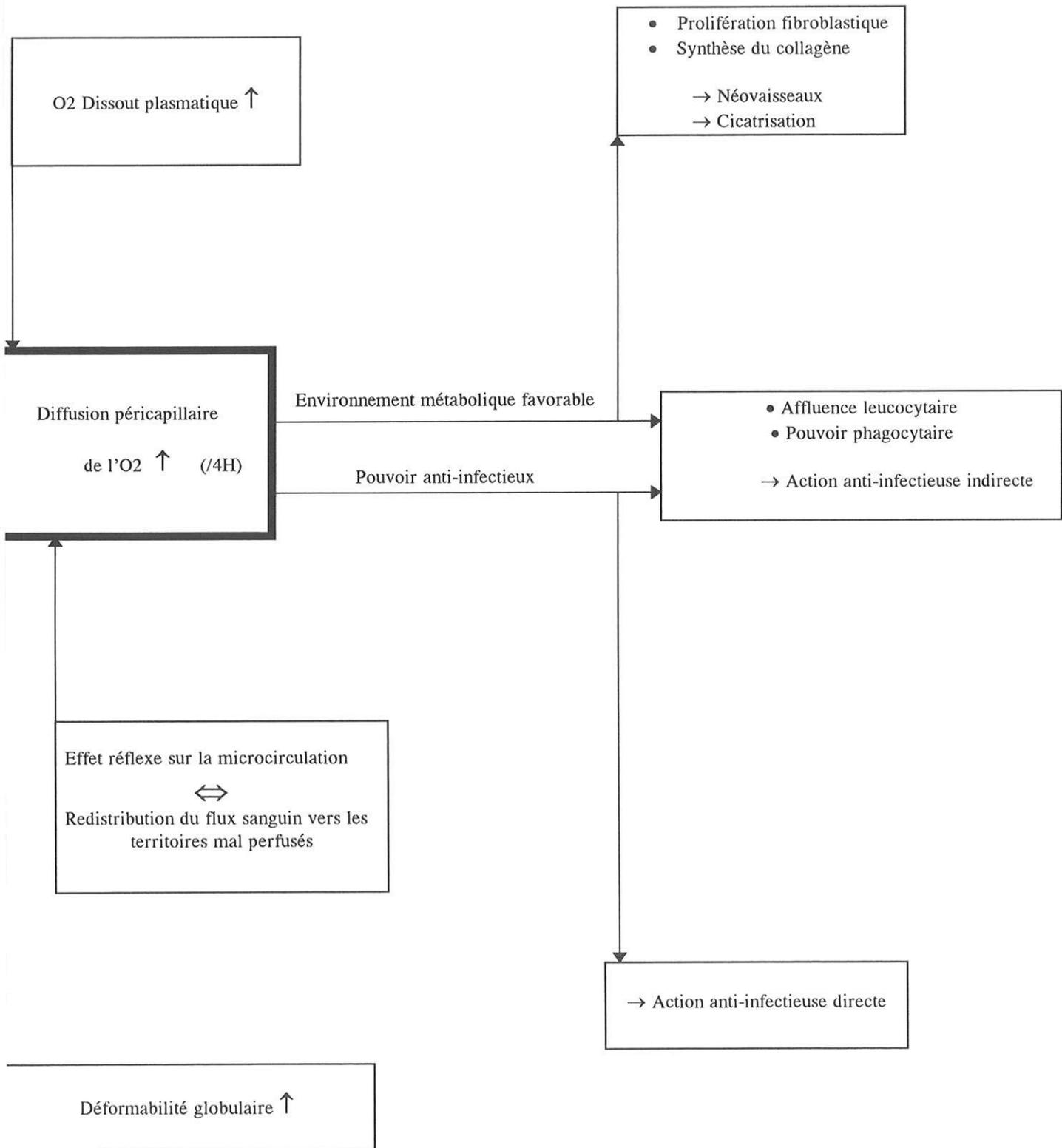
Il faut souligner que les plaies se produisant en territoire sain guérissent spontanément ; seules les plaies se produisant en terrain hypoxique sont exposées au retard de cicatrisation (20).

Aujourd'hui, les bases physiopathologiques sont suffisantes pour permettre de comprendre le rôle cicatrisant et de préciser les indications de l'O.H.B..

EFFET DE DETOXICATION

L'O.H.B., par l'augmentation de la quantité d'oxygène dissout, permet la dissociation des complexes hémoprotéine-monoxyde de carbone (21).

O. H. B. : BASES PHYSIOLOGIQUES (SCHEMA RECAPITULATIF)



INDICATIONS

ET

PROTOCOLES THERAPEUTIQUES

INTRODUCTION

L'utilisation du caisson hyperbare en soins intensifs a débuté en Europe il y a plus de trente ans ; l'expérience acquise est maintenant suffisante pour identifier les situations où l'oxygène hyperbare peut présenter un intérêt thérapeutique. L'O.H.B. doit toujours se concevoir au sein de protocoles thérapeutiques hiérarchisés dans lesquels elle constitue tantôt l'élément essentiel et primordial, tantôt un élément d'appoint important.

Les indications de référence actuellement en Europe sont celles recommandées par le jury de la première conférence européenne de consensus sur la médecine hyperbare (Lille, Septembre 1994) : nous allons les détailler (5). Elles recourent, pour la quasi totalité d'entre elles, celles qui sont reconnues par le comité international de l'Undersea and Hyperbaric Medical Society (U.H.M.S., USA).

Etablir une liste fut une tâche difficile pour le jury (5) car le choix des indications a été fondé, non pas sur des bases d'essais thérapeutiques, mais sur des expériences cliniques. Ces dernières ont une valeur incontestable tant elles sont le fruit d'observations concordantes, collectées sur des années et vérifiées par plusieurs groupes indépendants. Il a paru justifié d'accepter sans autre preuve les indications pour lesquelles l'accord des experts est unanime. Dans les autres situations, pour lesquels on ne dispose pas d'arguments cliniques solides pour garantir l'intérêt de l'O.H.B., il a été mis en place des procédures d'évaluation utilisant des études multicentriques sous le contrôle d'un comité d'éthique. Alors et seulement, il sera possible de préciser de nouvelles indications.

Il a été défini trois niveaux de priorité dans les indications de l'O.H.B. (5) :

- les situations où le transfert vers un centre hyperbare est **fortement** recommandé car il est reconnu que l'O.H.B. peut changer le pronostic vital (recommandation de type 1) ;
- les situations où le transfert vers un centre est **recommandé** car il est reconnu que l'O.H.B. constitue une part importante du traitement en prévenant des désordres sérieux (recommandation de type 2) ;

- les situations où le transfert vers un centre est **optionnel** lorsque l'O.H.B. est considérée comme une mesure d'appoint au traitement (recommandation de type 3).

LISTE DES INDICATIONS DE L'O.H.B. (jury du 1er consensus) (6)

Recommandations de type 1 :

- Maladie de décompression ;
- Intoxications à l'oxyde de carbone ;
- Embolies gazeuses ;
- Infections nécrosantes des parties molles à germes anaérobies ou mixtes ;
- Brûlures associées à une intoxication au monoxyde de carbone ;
- Ostéoradionécroses ;
- Radionécroses des tissus mous (cystite).

Recommandations de type 2 :

- Ecrasement de membre et syndrome de loge d'origine post-traumatique ;
- Surdités brusques ;
- Ostéomyélites chroniques réfractaires ;
- Lésions des pieds chez les diabétiques ;
- Ischémies critiques chroniques des artéritiques.

Recommandations de type 3 :

- Encéphalopathies post-anoxiques ;
- Formes mineures des intoxications au monoxyde de carbone ;
- Myélites, rectites post-radiothérapeutiques ;
- Syndromes de reperfusion après chirurgie vasculaire ;
- Brûlures > 20% de surface et / ou 2 ème degrés ;
- Pathologies ophtalmologiques ischémiques aiguës.

Indications en cours d'investigation :

- Pathologies ophtalmologiques chroniques (Thrombose de la veine centrale de la rétine, rétinopathie diabétique, cicatrisation cornéenne, ...)
- Insuffisances foeto-placentaires ;
- Mycoses et parasitoses réfractaires ;
- Contusions cérébrales et médullaires ;
- Certaines affections dermatologiques (dermatoses bulleuses, sclérodermie, pyoderma gangrenosoma) ;
- Drépanocytoses ;
- Gelures ...

INDICATIONS EN URGENCE DE L'O.H.B.

Les indications aiguës de l'O.H.B. comprennent d'une part les pathologies pour lesquelles l'emploi de l'oxygène hyperbare est d'importance vitale en restaurant des fonctions essentielles compromises, et d'autre part les situations pathologiques pour lesquelles une application rapide de ce traitement contribue à sauver un segment de membre (éviter une amputation en cas d'ischémie post-traumatique par exemple), ou à préserver une fonction (en cas de surdité brusque par exemple).

Ces indications impliquent que les chambres hyperbares doivent se trouver à proximité immédiate d'un service d'urgence et de réanimation.

L'O.H.B. n'est jamais isol e, mais s'inscrit dans un continuum thérapeutique et doit comprendre l'administration d'oxygène à une pression supérieure ou égale à 2 ATA pendant au moins 60 minutes.

Les accidents de décompression

N'importe quelle anomalie organique ou fonctionnelle chez un sujet ayant été exposé à une réduction de la pression ambiante doit être consid r e comme un accident de décompression (22). Elle doit donc être trait e ainsi jusqu'à preuve du contraire, quelles que soient les manifestations aiguës, subaiguës ou chroniques, r v l es de manière clinique évidente ou de manière infra-clinique cach e. Il est en effet admis que des formes infra-cliniques peuvent entraîner des modifications dans les os, le système nerveux central ou les poumons (23). Il en résulte que la meilleure classification de ces accidents est descriptive (22).

La cause physique première de ces accidents est l'apparition d'une phase gazeuse (bulle) dans les tissus de l'organisme, à partir de noyaux préformés (composés essentiellement d'azote), due à une décompression inadéquate aboutissant à un niveau de sursaturation gazeuse tissulaire (24). La meilleure prévention consiste

donc dans le respect des procédures de remontée (vitesse de remontée contrôlée, respect des paliers de décompression).

Le traitement de l'accident de décompression comprend (5) :

- l'administration d'oxygène normobare sur le lieu de l'accident, qui est une mesure de première urgence unanimement reconnue quelque soit le type de l'accident ;

- la perfusion de fluide, qui est un traitement de grande valeur, à associer sur le site de l'accident ;

- une recompression thérapeutique qui doit être débutée le plus rapidement possible, après l'apparition des premiers signes symptômes. Les tables thérapeutiques "oxygène à pression modérée" (O₂ pure à 2 ATA pendant 6 heures maximum par exemple (25)) sont recommandées comme les tables de premier choix ;

- l'usage de corticostéroïdes et d'anticoagulants est reconnu comme optionnel.

La poursuite de l'oxygénothérapie hyperbare combinée à des séances de rééducation, est considérée comme essentielle en l'absence de guérison totale après l'application des tables thérapeutique initiales, ceci jusqu'à stabilisation de la maladie. Il est de plus en plus évident que cette association contribue à une meilleure récupération fonctionnelle (25).

Intoxication à l'oxyde de carbone (CO)

Il s'agit d'une intoxication sévère pouvant entraîner immédiatement de sérieux troubles au niveau de l'appareil cardio-circulatoire (collapsus) et du système nerveux (coma, convulsion). Elle est due à la fixation de la molécule de monoxyde de carbone sur les protéines porphyriques (hémoglobine, myoglobine, cytochrome). Elle est la première cause de mortalité toxique en France et en Europe.

Il peut survenir un syndrome post-anoxique dans un délai qui va de quelques jours à 40 jours après l'intoxication; les organes les plus souvent atteints sont le cerveau (troubles psychiques) et le coeur (trouble de la contractibilité des fibres myocardiques) (26). Il semblerait que la cause essentielle de ces manifestations séquellaires soit l'absence de traitement par oxygène des patients intoxiqués (26, 27).

L'évidence clinique d'une évolution favorable en rapport avec l'utilisation de l'oxygénothérapie est démontrée depuis de nombreuses années par de nombreux auteurs (21). L'oxygène permet d'accélérer l'élimination du CO par le biais de la loi d'action de masse et de maintenir une oxygénation tissulaire satisfaisante.

Les intoxications au CO doivent bénéficier d'une oxygénothérapie (5) :

- normobare comme mesure de première urgence ;
- hyperbare, quel que soit le taux de carboxyhémoglobine, si le patient se présente avec des troubles de la conscience, des signes neurologiques, cardiaques, respiratoires ou psychiques ;
- hyperbare, quels que soient le taux de carboxyhémoglobine et la symptomatologie clinique, s'il s'agit d'une femme enceinte ;
- normobare au moins 12 heures ou hyperbare s'il s'agit de formes mineures. Ce choix existe en attendant les résultats des études randomisées, mais il semblerait (26) que le traitement par O.H.B. de ces formes aboutisse à une guérison sans séquelle plus rapidement.

Des séances quotidiennes éventuelles peuvent s'envisager si le premier traitement d'urgence s'est révélé insuffisant.

Protocole habituel (O₂ pur) :

- . 2,8 ATA / 30 mn, puis 2 ATA / 60 mn dans les formes sévères ;
- . 2,5 ATA / 60 mn dans les formes mineures ;
- . 2 ATA / 60 mn dans les séances supplémentaires éventuelles.

Embolies gazeuses

Les causes sont multiples.

En pratique de médecine de plongée, l'embolie gazeuse artérielle peut être due à une surpression pulmonaire ou à l'existence d'un foramen ovale permanent ignoré.

En pratique clinique, l'embolie gazeuse n'a pas diminué de fréquence au cours de ces dernières décennies. En effet, si l'étiologie post-abortum a pratiquement disparu, elle a été largement remplacée par l'origine iatrogène, liée à la prolifération des actes techniques médico-chirurgicaux (circulation extra-corporelle, actes radiologiques invasifs, techniques d'embolisation et d'insufflation, ponction et cathétérisation de troncs veineux profonds, ...) (28).

La gravité de cet accident est essentiellement liée à l'importance de l'atteinte cérébrale.

La quantité de gaz introduite, et non la nature de celui-ci, est un facteur de gravité, ainsi que le délai de prise en charge qui doit être inférieur à 6 heures (29).

Il est difficile d'évaluer avec certitude la place de l'O.H.B. dans la prise en charge thérapeutique, même si les bases de son utilisation sont précisées (30). L'O.H.B. agit par deux mécanismes :

- la pression hydrostatique lors de la compression réduit le volume de l'amas gazeux ;
- l'hyperoxygénation corrige l'hypoxie tissulaire ainsi que l'acidose métabolique locale, réduit l'oedème cérébral et induit une dénitrogénéation.

Certaines expérimentations animales et des rapports cliniques ont cependant démontré un rôle bénéfique (31). Ainsi l'O.H.B. est considérée comme **fortement** recommandée (5), quelle que soit la symptomatologie de l'embolie gazeuse, et doit être

réalisée le plus tôt possible, en l'associant aux manoeuvres de réanimation symptomatique.

La pression minimale utilisée est de 3 ATA. La pression maximale utilisée doit être compatible avec les gaz respiratoires médicaux (3 ATA pour l'oxygène pur et 6 ATA pour les mélanges). Des séances ultérieures peuvent être effectuées, mais uniquement dans le but de corriger les altérations de la perfusion locale (syndrome de reperfusion).

Protocole habituel :

- . 2 ATA / 60 mn (O₂ pur), en l'absence de troubles neurologiques ;
- . 6 ATA / 10 mn (Air) puis 2 ATA / 45 mn (O₂ pur), en présence de troubles neurologiques.

Infections nécrosantes des parties molles à germes anaérobies ou mixtes

On peut regrouper en trois grandes classes ces pathologies, en fonction de l'extension des lésions (32) :

- les myonécroses essentiellement représentées par la myonécrose clostridiale caractéristique, avec des signes généraux toxi-infectieux majeurs ;
- les cellulites qui sont des infections locales de la peau et du tissu sous cutané avec peu ou pas de signe généraux ;
- les fasciites nécrosantes qui sont des infections des tissus sous cutanés rapidement extensives aux fascias puis à la peau avec des signes généraux importants.

Le bénéfice de l'O.H.B. a été démontré par de nombreuses études, et tous ces travaux concluent à l'intérêt d'un protocole associant chirurgie, antibiothérapie et O.H.B. (33).

La gangrène diabétique (pathologie moins fulgurante) nécessite une attention particulière car elle est la première cause d'amputation chez les diabétiques. L'O.H.B. est devenue une thérapie "spécifique" (33) de cet état en raison de ses effets (cf. supra) sur la flore bactérienne mixte, de son action de démarcation entre les zones infectées et saines et de son pouvoir procicatrisant. La mesure des pressions transcutanées d'oxygène, sous O.H.B., est utile pour sélectionner les patients devant bénéficier d'O.H.B., et pour suivre leur évolution (cf. infra).

Ainsi l'O.H.B., d'une façon unanimement, est **fortement** recommandée (5). Elle doit être, alors, utilisée en urgence dans les infections mixtes des tissus mous, particulièrement dans la gangrène diabétique, et être intégrée dans un protocole comprenant en outre une antibiothérapie et une chirurgie (l'ordre étant fonction de la disponibilité des trois disciplines).

Protocole habituel :

. 2,5 ATA / 90 mn (O₂ pur), 2 à 3 séances par jour pendant 5 jours, puis une par jour jusqu'à l'apparition de bourgeonnement.

Pathologie ischémique aiguë post-traumatique des tissus mous, syndrome compartimental (écrasement de membres)

Les causes du syndrome compartimental sont traumatiques, vasculaires, ou métaboliques.

Après un traumatisme sévère, la circulation locale est compromise de façon fonctionnelle ou anatomique, et induit toujours une hypoxie locale favorisant le développement d'une infection ou d'une nécrose.

Après une ischémie aiguë, la revascularisation peut engendrer des troubles de reperfusion ; c'est le syndrome ischémie-reperfusion. Il s'agit d'une entité pathologique complexe où les dommages tissulaires s'aggravent paradoxalement après reperfusion vasculaire. L'oedème cellulaire endothélial, le relargage d'enzymes et de

protéines intracellulaires et l'augmentation de la perméabilité micro-vasculaire, sont des facteurs responsables d'un oedème musculaire auto-aggravant. Ceci particulièrement au sein de muscles enserrés par un fascia où l'augmentation de la pression interne atteint rapidement un niveau favorisant la nécrose tissulaire et un dysfonctionnement neurogénique (syndrome compartimental). L'élément clef de ce phénomène est la libération de radicaux libres oxygénés.

L'O.H.B. permet (cf. supra) l'augmentation de la pression tissulaire d'oxygène, la réduction de l'oedème vasogénique et la délimitation entre le tissu sain et mort ; et finalement la rétrocession de cet effet paradoxal lié à la production de radicaux libres tout en limitant le risque de surinfection à germes anaérobies. Une accélération du processus de cicatrisation peut s'observer. Des études expérimentales animales, effectuées sur des lambeaux cutanés ischémiés pendant 8 heures, ont montré une augmentation significative de lambeaux survivants sous O.H.B. (34). Sur le plan clinique de nombreuses situations ont été rapportées (35) où l'O.H.B. paraît être une thérapeutique d'appoint non négligeable.

De plus il a été observé (36) une diminution plus rapide des valeurs de créatinine-phosphokinases anormalement élevées, reflet du phénomène de rhabdomyolyse du muscle reperfusé pouvant être responsable d'une nécrose tubulaire.

On peut donc considérer l'O.H.B. comme **recommandée** (5), dans les écrasements de membre, les syndromes de reperfusion post-traumatique, les greffes de lambeaux musculocutanés à vascularisation compromise. Par contre elle reste **optionnelle** dans les syndromes de reperfusion après chirurgie vasculaire et dans les réimplantations de membre. L'O.H.B. doit être appliquée dans les 4 à 6 heures suivant l'agression et être intégrée dans une prise en charge pluridisciplinaire comprenant les reconstructions vasculaires et osseuses.

Dans toutes ces situations, la mesure des pressions transcutanées d'oxygène (PtcO₂), en milieu hyperbare, sous O₂ pur, est **recommandée** pour juger de l'indication de l'O.H.B. et de l'évolution (35) («valeur seuil prédictive» : PtcO₂ = 50 mm Hg).

Protocole habituel :

. 2,5 ATA / 90 mn (O₂ pur), 2 séances quotidiennes pendant 5 jours.

Encéphalopathie post-anoxique

Ce terme utilisé désigne une altération qui résulte de l'agression du cerveau dans sa globalité, quelle qu'en soit l'origine, un arrêt cardio-circulatoire (fibrillation ventriculaire, asystolie) ou une interruption de la circulation cérébrale par compression cervicale (strangulation, pendaison).

En théorie (cf. supra) les bases d'utilisation de l'O.H.B. sont définies et sont fondées sur trois éléments (37) :

- l'apport d'une quantité accrue d'O₂ aux cellules avec réduction de la dette énergétique et modification du métabolisme du glucose (retour à la voie oxydative qui réduit la formation de lactate) ;

- la vasoconstriction réflexe, qui entraîne une réduction du flux vasculaire, donc une réduction du volume sanguin intracrânien et par conséquent une baisse de la pression intracrânienne ;

- une augmentation de la déformabilité globulaire (l'hypoxie induite par l'ischémie cérébrale diminue cette déformabilité et augmente la viscosité sanguine).

En pratique, le seul travail randomisé est une étude expérimentale animale (arrêt cardiaque de 5 mn chez des chats) qui a montré une récupération plus rapide de l'EEG et une amélioration plus rapide du taux de lactate dans le LCR du groupe sous O.H.B. par rapport au groupe contrôle (38). Des travaux cliniques ont confirmé l'intérêt de ce moyen thérapeutique s'il est utilisé dans les plus brefs délais (85 % de survie si le délai est inférieur à 3 heures) (29), mais il n'existe pas d'étude clinique randomisée. Il faudra attendre le résultat de futures recherches pour prendre une position définitive dans cette indication qui constitue un domaine très important.

Cependant la prescription de l'O.H.B. peut être considérée **optionnelle** dans les anoxies cérébrales (5). Dans tous les cas, elle doit être mise en oeuvre dans un délai inférieur à 6 heures après l'accident, à une pression modérée et être incluse dans une réanimation intensive.

Protocole habituel :

. 2,5 ATA / 90 mn (O₂ pur), 5 séances maximum.

Brûlures

Une brûlure n'affecte pas seulement la peau, en fonction de son étendue et de sa profondeur, mais peut concerner l'organisme dans son ensemble.

Etendue, elle induit une ischémie progressive et une destruction tissulaire qui se poursuit au-delà du traumatisme initial. La formation d'œdème, de stase et l'extravasation plasmatique sont le résultat de l'agression des cellules endothéliales par les radicaux libres et les médiateurs de l'histamine ; la perméabilité microcirculatoire est alors augmentée.

La réponse inflammatoire à la brûlure est due à l'activation, à la production et au relargage de médiateurs endogènes (sérotonine, bradykinine, leucotrienne) ; elle participe, par son importance, à l'agression de différents organes et à des défaillances multi-viscérales.

Cette affection, particulièrement grave lorsque la surface brûlée est étendue ou lorsque le niveau est profond, est de plus souvent associée à une atteinte respiratoire et circulatoire.

L'O.H.B. se justifie pour plusieurs raisons (31) :

- l'augmentation de la pression d'O₂ induit une vasoconstriction réflexe vasculaire (cf. supra) susceptible de réduire la perméabilité endothéliale aux liquides et donc d'abaisser la sévérité de l'oedème pulmonaire (effet important lors d'inhalation de fumée) et d'abaisser la phase exsudative et la perte de plasma (réduction de 35 % de cette perte dans les 24 premières heures sous O.H.B.) ;

- par son effet de détoxication (cf. supra) en cas d'intoxication au monoxyde de carbone associée ;

- car elle inhibe l'adhérence des polynucléaires neutrophiles et la peroxydation lipidique, facteurs responsables de l'altération pulmonaire après une brûlure ;

- par son effet bénéfique anti-infectieux et son action trophique (cf. supra).

La grande majorité des travaux expérimentaux et des études cliniques depuis vingt ans ont en effet démontré l'effet bénéfique de l'O.H.B. dans les brûlures, et certaines études (39) retrouvent une diminution significative de la durée d'hospitalisation et une réduction de coût (31 600 \$ par cas). Cette technique médicale dans l'indication des brûlures est donc (5) :

- **fortement** recommandée en cas d'association à une intoxication au monoxyde de carbone ou à une inhalation de fumée, en cas de troubles circulatoires des extrémités ;

- **optionnelle** si la surface corporelle dépasse 20% ou si le degré de profondeur est supérieur ou égal au 2^{ème} degré ;

- non conseillée dans le cas de brûlures limitées et sans gravité à moins qu'il ne s'agisse d'un patient immuno-déprimé.

Elle doit être administrée aussi rapidement que possible, plusieurs fois par jour, en association à une réanimation intensive.

Protocole habituel :

. 2,5 ATA / 90 mn (O₂ pur), 3 séances à J1, puis 2 à J2 et J3, puis une par jour.

Surdités brusques

La pathogénie de la surdité brutale n'est pas parfaitement connue et plusieurs hypothèses existent ; les étiologies sont multiples : vasculaires, virales, traumatismes acoustiques, phénomènes auto-immuns, etc... On sait cependant que l'activité des cellules nobles de l'audition est sous la dépendance d'un apport important d'oxygène d'où le rôle essentiel de la microcirculation cochléaire.

Il a été montré qu'une agression sonore ou qu'une onde de choc pouvait induire une crise hypoxique cochléaire responsable d'une altération fonctionnelle d'ordre ischémique. Une chute de la pression partielle d'oxygène au niveau de l'oreille interne d'animaux a été observée et l'O.H.B. s'est révélée thérapeutique.

De nombreuses études portant sur plus de 200 patients soulignent le meilleur résultat obtenu quand l'O.H.B. est associée aux schémas thérapeutiques classiques. La performance du système auditif est améliorée par une application intensive et précoce (24 premières heures) d'oxygène comme si les cellules cochléaires avaient une possibilité de récupération après agression (41), l'O.H.B. permet une réduction significative de l'altération fonctionnelle et il a été observé une réapparition des pics et ondulations normales sur les potentiels évoqués (41).

Toutes ces observations, malgré l'absence d'études contrôlées et dans l'attente des résultats des études en double aveugle, ont permis de considérer (5) comme **recommandée** et urgente la prescription de l'O.H.B. associée aux autres mesures thérapeutiques comme les drogues vaso-actives, les corticoïdes ou l'hémodilution.

Protocole habituel :

- . 2,5 ATA / 90 mn (O₂ pur), 2 séances par jour / 2 jours, puis une par jour ;
- . poursuivre 3 jours après récupération définitive (13 séances en moyenne) ;
- . audiométrie tonale à la 5ème et 10ème séance.

Pathologie ophtalmique d'origine vasculaire

Des travaux récents (41) ont montré l'effet bénéfique de l'O.H.B. dans la thrombose de l'artère rétinienne en association aux autres traitements (thrombolytiques, vaso-dilatateurs) lorsqu'elle est utilisée en urgence et lorsque le patient est encore capable de différencier lumière et obscurité.

L'O.H.B. est également utilisé dans les thromboses de la veine de la rétine pour ses capacités à diminuer l'oedème vasogénique.

Ces observations cliniques encourageantes et l'absence d'autres solutions thérapeutiques fiables, font que l'O.H.B. doit être considérée (5) comme **optionnelle** dans les pathologies vasculaires ci-dessus. Elle doit être prescrite aussi rapidement que possible, en association aux autres traitements pharmacologiques.

INDICATIONS CHRONIQUES DE L'O.H.B.

L'utilisation de l'O.H.B. en pathologie chronique est essentiellement basée sur son rôle de thérapie d'appoint de la réparation tissulaire, dans le cas des altérations en rapport avec une déficience chronique de l'oxygénation tissulaire (tension locale d'O₂ très inférieure aux conditions optimales de guérison).

Les besoins énergétiques, nutritionnels et métaboliques du processus de réparation sont les plus élevés au moment même où les conditions locales de circulation sont les moins capables de les satisfaire car l'agression responsable de la lésion tissulaire induit conjointement une altération de la microcirculation (42) ; il en suit une "crise énergétique" locale.

Des mesures de pression partielle d'O₂ retrouvent une pression :

- de 60-90 mm Hg au-delà de la distalité capillaire ;
- de 30-80 mm Hg au siège de la plaie (zone de division fibroblastique) ;
- avoisinant 0 au niveau des macrophages et au centre de la nécrose.

On sait que les divisions cellulaires ne s'observent plus si la pression locale d'O₂ est inférieure à 20 mm Hg et que la synthèse en collagène est maximale pour des pressions comprises entre 20 et 60 mm Hg. La réparation tissulaire dépend donc de l'O₂ moléculaire disponible localement ; le processus de guérison est enclenché par l'augmentation de la tension locale d'O₂, et sa réduction l'inhibe (42).

L'O.H.B. est particulièrement bénéfique dans les situations où existe une altération locale ou une infection responsable d'une baisse de l'apport nutritionnel et de la délivrance d'O₂. Par contre l'O₂ hyperbare n'apporte aucune amélioration apparente à la cicatrisation des plaies normales non compliquées, au contraire il semblerait que le tissu cicatriciel serait moins solide car il contiendrait moins d'hydroxyproline, d'ADN et d'ARN (43).

De plus, l'O₂ hyperbare possède un potentiel d'angiogénèse marqué, pour les tissus en défaut chronique d'oxygénation, par défaut de vascularisation (44).

Rappelons qu'une augmentation de la délivrance d'O₂ locale diminue la susceptibilité d'un tissu à l'infection (cf. supra).

Ce n'est donc pas l'étiologie d'une plaie qui porte l'indication de l'application de l'O.H.B., mais l'existence au niveau tissulaire d'une hypoxie, d'une ischémie, d'une agression ou d'une infection. Il faut cependant que l'O₂ hyperbare ait fait la preuve de sa capacité à augmenter la tension d'O₂ localement, par des mesures de pression partielle d'O₂ trans-cutanées (PtcO₂).

C'est le résultat de la discussion de la première conférence de consensus (5) qui précise les indications chroniques de l'O.H.B..

Lésions tissulaires post-irradiation

Il s'agit d'une destruction cellulaire de tissus sains après irradiation, due à une endartérite oblitérante progressive et tardive qui induit une ischémie locale, une destruction du collagène et une fibrose (atrophique, hypocellulaire, avasculaire et hypoxique).

Au niveau de cette lésion hypovascularisée, seule une faible quantité d'O₂ moléculaire est disponible (inférieure à 20 mm Hg), mais surtout il existe un très faible gradient de tension d'O₂ entre le centre du tissu irradié et la périphérie saine. Or, on sait que ce gradient est un puissant stimulus de l'angiogénèse et qu'il est restauré par l'O.H.B. en élevant la pression d'O₂ tissulaire au centre de la zone lésionnelle irradiée (45). Ainsi la réparation capillaire va permettre une amélioration de la perfusion et de l'oxygénation locale, la formation d'un tissu riche en fibroblaste et la synthèse, in situ, du collagène.

Des études expérimentales et cliniques ont prouvé l'intérêt thérapeutique de l'O.H.B. dans la pathologie post-radique, sans agir sur la croissance tumorale ou le risque de récurrence néoplasique (46).

L'O.H.B., qui doit être conduite en étroite coordination avec les autres spécialités appropriées chirurgicales et médicales, est recommandée (5) :

- **fortement** dans les ostéoradionécroses : (2,8 ATA / 90 mn, une séance par jour, 20 séances avant l'acte chirurgical, 10 après) .

Dans les ostéo-radionécrose mandibulaire le protocole thérapeutique accepté et recommandé comprend des séances de 2,8 ATA / 90 mn d'O₂ pur 1 fois par jour 7 jours par semaine. Une série de 30 séances sera effectuée, avec une évaluation de la réponse tissulaire. Si la guérison de la plaie est enclenchée, une nouvelle série d'au moins 10 séances sera réalisée. Si la lésion ne répond pas au traitement, un débridement chirurgical est nécessaire, complété par 10 séances d'O.H.B. supplémentaires. Trois mois après la résection de la mandibule, une reconstruction peut être entreprise ;

- **fortement** dans le traitement préventif des lésions survenant après extraction dentaire sur terrain irradié (2,8 ATA / 90 mn, une séance par jour, 20 séances avant les avulsions, 10 après) ;

- **fortement** dans les cystites hémorragiques post-irradiations, les laryngites post-radiques (2,8 ATA / 90 mn, une séance par jour, 20 séances avant l'acte chirurgical, 10 après) ;

- de façon **optionnelle** dans les lésions intestinales de radionécrose (entérite, rectite) et les myélites radiques.

Les xérostomies ne sont actuellement pas des indications reconnues mais sont en cours d'évaluation.

La réponse tissulaire à l'oxygénothérapie doit être évaluée (cystoscopie à la 20ème séance pour les cystites post-radiques, par exemple) et l'absence de réponse au traitement hyperbare doit faire rechercher une récurrence locale (46).

Les résultats cliniques sont très encourageants et permettent dans la majorité des cas d'éviter le recours à une chirurgie délabrante. Des études randomisées prospectives restent cependant nécessaires pour confirmer ces résultats.

Les ostéomyélites chroniques réfractaires

Les constatations expérimentales et les études cliniques font ressortir que l'os infecté est hypoxique, que l'hypoxie diminue le pouvoir bactéricide des leucocytes et la production de collagène par les fibroblastes. Elles montrent aussi que l'O.H.B. peut élever la pression partielle d'O₂ dans l'os infecté de façon proportionnelle à la vascularisation et qu'elle est, à elle seule, capable d'éradiquer le staphylocoque doré dans l'os infecté (études contrôlées sur modèle animal (42)).

L'efficacité de l'O.H.B., reconnue unanimement, associée aux autres modalités thérapeutiques est **recommandée** (5) dans :

- les ostéomyélites chroniques réfractaires (mandibule, ...), pathologies définies comme étant des lésions ostéomyélitiques persistantes après 6 semaines de traitement antibiotique bien conduit et au moins une intervention chirurgicale d'exérèse. Le protocole recommandé dans les ostéomyélites chroniques réfractaires mandibulaires est de 20 séances (2,8 ATA / 90 mn, O₂ pur) pré et post-opératoires. Dans les autres localisations il est recommandé deux séances (2 ATA / 90 mn, O₂ pur) par jour jusqu'au contrôle de l'infection, puis une séance quotidienne jusqu'à la guérison ;

- les ostéomyélites aiguës des os du crâne (exception faite du mandibule) et du sternum, où l'O.H.B. doit être débutée immédiatement, simultanément avec l'antibiothérapie et la chirurgie. Le protocole recommandé est de deux séances (2 ATA / 90 mn, O₂ pur) par jour pendant trois jours puis une séance quotidienne.

Ulcérations ou gangrènes d'origine ischémique artérielle

Il y a près de 40 ans que l'O.H.B., dont les bases physiopathologiques sont solides (cf. supra), est utilisée dans le traitement des artériopathies des membres inférieurs ; certaines équipes ont de grandes expériences (47), et dans la quasi-totalité des séries rapportées il s'agit d'un traitement complémentaire aux autres thérapeutiques

chirurgicales ou médicamenteuses. Avant de l'envisager, il faut rechercher si la pression d'O₂ dans la zone de l'ulcère est trop basse pour obtenir une guérison (cf. supra) et si elle peut être augmentée par l'O₂ hyperbare.

L'absence d'étude prospective, randomisée, en double aveugle contre placebo doit être comblée, pour réaliser une évaluation objective de l'indication de l'O.H.B. dans les insuffisances artérielles chroniques. Cependant, il est actuellement reconnu (5) qu'un traitement par O₂ hyperbare est recommandé dans les lésions chroniques d'origine ischémique quand la reconstruction artérielle est impossible ou quand il existe un retard évident à la cicatrisation en dépit de cette reconstruction :

- l'O.H.B. est **recommandée** en cas d'ischémie critique chronique chez les *artériosclérotiques*, si les pressions transcutanées d'O₂ mesurées en hyperbarie (2,5 ATA, O₂ pur) sont supérieures à 50 mm Hg ;

- l'O.H.B. est **recommandé** en cas d'ischémie critique chronique chez les *diabétiques*, si les pressions transcutanées d'O₂, mesurées en hyperbarie (2,5 ATA, O₂ pur), sont supérieures à 100 mm Hg.

Les plaies chroniques du pied chez les diabétiques sont extrêmement fréquentes, d'évolution souvent sévère, compromettant durablement le pronostic fonctionnel du membre et aboutissant trop souvent à l'amputation. Elles résultent de trois facteurs pathogéniques, l'ischémie, la neuropathie et l'infection. Leur prise en charge thérapeutique est multidisciplinaire et l'O.H.B. y trouve particulièrement sa place en luttant contre l'ischémie et l'infection (cf. supra). De même des mesures de PtcO₂ pourraient avoir des valeurs prédictives sur l'évolution ultérieure des lésions ; en 1989 F. Wattel rapporte, à propos d'une série de 20 plaies chroniques, que tous les patients ayant une PtcO₂ supérieure à 100 mm Hg sous O.H.B. (2,5 ATA) ont cicatrisé et que tous ceux dont le taux était inférieur à 50 mm Hg ont abouti à l'échec.

Ulcères veineux

Aucune étude n'a mis en évidence d'effet véritablement bénéfique de l'O.H.B. dans ces affections.

L'oxygène hyperbare est **optionnelle** (5) pour préparer à la greffe le sous-sol des plaies présentant un retard de cicatrisation où le niveau tissulaire d'O₂ est bas et est susceptible d'être amélioré par l'hyperbarie ; ceci en complément à un traitement chirurgicale ou conservateur, chez des patients à haut risque, immuno-déprimés (48).

Il en est de même pour les **Ulcères de décubitus**.

Lambeaux cutanés et greffes de peau libre

Dans le cas où le lambeau ou le greffon concerne un tissu soit irradié, soit à micro-circulation défaillante, soit en situation d'hypoxie, l'O.H.B. s'est avérée très utile pour préserver ces tissus, tant par des études prospectives contrôlées (48) que par des expérimentations animales (20). De plus, plusieurs auteurs ont montré l'efficacité en terme de coût, d'amélioration de la morbidité, de réduction du pourcentage de greffes perdues, de diminution de la durée d'hospitalisation en utilisant l'O.H.B. dans l'encadrement de lambeaux ischémiques (49).

Dans l'absence, à ce jour, d'évidence suffisante pour proposer une indication formelle, l'O.H.B. reste **optionnelle** (5). Le protocole recommandé est de deux séances par jour (2,8 ATA / 90 mn, O₂ pur) jusqu'à ce que le lambeau ou le greffon semble plus viable et stabilisé, puis une par jour. S'il s'agit d'une greffe sur tissu irradié, il est recommandé de réaliser 20 séances pré-opératoires et 10 post-opératoires (protocole de Marx) (49).

La mesure des PtcO₂ apporte au clinicien une mesure objective de la qualité de perfusion tissulaire et de la délivrance en oxygène au niveau du lambeau (50). L'étude de la PtcO₂ en O.H.B. permettrait de séparer en postopératoire immédiat (< 6 heures) les lambeaux qui vont nécroser de ceux qui survivront («valeur seuil» de 50 mm Hg).

Pyoderma gangrenosum

D'étiologie inconnue, il s'agit d'une dermatose chronique primitive, constituée d'une ou plusieurs ulcérations superficielles concentriques extensives très rebelles, récidivantes, s'accompagnant d'infections cutanées, de foyers infectieux profonds (colite ulcéreuse chronique), d'une altération du collagène vasculaire, d'une arthrite rhumatismale et surtout d'une hypogammaglobulinémie.

Quelques travaux publiés (48) ont montré l'intérêt de l'O.H.B. dans la préparation à une greffe. A ce titre l'O₂ hyperbare adjonctive doit être **recommandée** (5).

INCIDENTS ET ACCIDENTS DE L'O.H.B.

LIMITES DE L'UTILISATION

LES ACCIDENTS BAROTRAUMATIQUES EN O.H.B. (51)

Les accidents barotraumatiques (accidents mécaniques) sont des accidents liés aux variations des volumes gazeux de l'organisme sous des variations de pression (loi de Mariotte). Ils surviennent essentiellement en début de compression ou en fin de décompression, car les variations de volume y sont maximales.

Barotraumatismes de l'oreille ou otites barotraumatiques

Ce sont les plus fréquentes des complications observées en O.H.B.. Elles sont dues à une obstruction complète ou partielle de la trompe d'Eustache, associée à des variations trop rapides de pression par rapport aux possibilités d'équipression du moment.

En effet, la pression doit rester identique de part et d'autre du tympan. La cavité osseuse rigide de l'oreille moyenne s'équilibre, lors des variations de pression par la trompe d'Eustache. Ce conduit ostéo-cartilagineux normalement fermé au repos, devient perméable (action des muscles péristaphylins) lors de la déglutition, des bâillements ou lors de la manoeuvre de Valsalva, permettant le passage d'air et l'équipression.

Selon l'intensité du barotraumatisme, les lésions vont de la simple hyperhémie à la rupture tympanique avec otorragie.

Cette otite barotraumatique de l'oreille moyenne, le plus souvent unilatérale, peut s'accompagner dans le cas extrême d'un barotraumatisme de l'oreille interne ; cet accident est beaucoup plus rare, mais plus grave avec de fréquentes séquelles (surdité, acouphène, vertiges).

La prévention de ces accidents repose :

- sur la recherche de pathologies O.R.L. permanentes ou transitoires causes de dysperméabilité tubaire (obstruction de la trompe d'Eustache, rhinite, sinusite, ...) par un interrogatoire et un examen otoscopique (avec Valsalva) préalable ;

En cas de dysperméabilité transitoire, l'O.H.B. devra être arrêtée temporairement sauf dans les indications urgentes. En cas de dysperméabilité permanente et d'une indication d'urgence, la pose d'un drain tympanique est indiquée. Il sera retiré à l'issue des séances. Les greffes de tympan récentes pourraient constituer une contre-indication ;

- sur l'apprentissage de manoeuvres d'équilibration trans-tympanique chez les patients conscients (Valsalva ...) qui devront signaler la moindre douleur.

Barotraumatismes pulmonaires

Ce sont les accidents les plus graves mais ils sont rares en O.H.B..

Ils surviendront à la décompression (remontée) soit parce que la masse des gaz intra-pulmonaire augmente trop rapidement lors d'une remontée rapide, soit parce qu'il y a un obstacle sur les voies aériennes à l'évacuation des gaz expiratoires.

L'expansion des gaz respiratoires entraînera une distension (distension alvéolaire) puis une rupture des alvéoles (surpression pulmonaire). Cet accident est d'autant plus à craindre que la masse d'air dans les poumons est importante (plongée profonde), que la vitesse de remontée est grande et que l'on arrive à proximité de la surface (variations de volume plus rapides). Les manifestations cliniques apparaissent en fin de décompression ou dans les minutes qui suivent.

La prévention de ces accidents repose :

- sur la recherche d'antécédents pulmonaires (pneumothorax, asthme, bronchite chronique, emphysème, traumatismes thoraciques récents, ...) qui favoriseraient la survenue des barotraumatismes pulmonaires. Un interrogatoire, un examen clinique et une radiographie thoracique (face en inspiration et expiration forcées et profil) doivent être réalisées au préalable des séances. Il n'y a pas de contre-indication absolue (57) ; par exemple un pneumothorax devra être drainé.

- sur le respect d'une vitesse de décompression lente.

Barotraumatismes des sinus de la face et des dents

Bien connus par les plongeurs, ils sont rares en O.H.B.. Il sont à craindre lors d'épisodes de rhinites ou de sinusites, sur des dents traitées mais incomplètement obstruées ou sur des couronnes mal insérées.

En cas d'épisode infectieux de la sphère O.R.L., en plus de leur traitement, les séances d'O.H.B. seront temporairement interrompues sauf dans les indications urgentes.

Barotraumatismes digestifs

Analogues à la colique des scaphandriers, ils provoquent des douleurs abdominales, des vomissements et des nausées. Ils peuvent être provoqués par une déglutition d'air excessive ou des «Vasalvas» fréquents.

LES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION EN O.H.B. (52)

Ces accidents biophysiques sont dus aux gaz dissous dans l'organisme pendant le séjour à pression élevée. Si le retour à la pression normale est trop rapide pour permettre à ces gaz d'être évacués par voie alvéolaire, il peut y avoir la formation de bulles intravasculaires ou intratissulaires, dont la présence se manifestera par des signes cliniques et humoraux.

Ces accidents restent très rares dans le cadre de l'O.H.B.. S'ils surviennent, ils sont généralement bénins et ne sont théoriquement possibles que chez le personnel soignant.

Les faibles profondeurs et les courtes durées des tables thérapeutiques utilisées en hyperbarie, ainsi que le respect de la vitesse de décompression des chambres hyperbares, met normalement les patients à l'abri de tout accident de ce type.

Les accompagnants qui peuvent réaliser une ou plusieurs séances dans une même journée risquent plus facilement cet accident et, comme les plongeurs, ils seront amenés à consulter et à respecter des tables de décompression (M.N. 90, par exemple).

De plus, le personnel permanent qui accompagne régulièrement les patients, est aussi exposé aux complications chroniques de l'hyperbarie (maladies professionnelles tableau n°29 : ostéonécroses dysbariques, ...). Pour les prévenir et les rechercher, il est soumis à la législation de Protection des Travailleurs Sous-Marins ou Sous pression (53).

TOXICITE DE L'OXYGENE

Deux grands risques biochimiques limitent l'utilisation des hautes pressions d'O₂.

Le risque neurologique (effet Paul-Bert) : c'est une neurotoxicité de l'O₂ décrite en hyperbarie (2) qui se révèle par une crise convulsive de type grand mal.

En règle générale, pour éviter ces méfaits, la durée des séances n'excédera pas 90 minutes pour une PpO₂ de 3 ATA et l'on introduira des coupures à l'air de 5 minutes toutes les 25 minutes.

Par ailleurs, un intervalle de 6 heures doit être respecté entre deux séances d'O.H.B..

Une surveillance permanente est nécessaire pendant toute la durée de la séance (vue directe, interphone) à la recherche de signes prémonitoires (pâleur, sueurs, troubles sensoriels, fasciculation,...) avec prise de la fréquence cardiaque régulière car son accélération est le signe le plus précoce annonciateur de la crise.

Enfin, en cas de crise convulsive pendant la séance, l'apnée de la phase tonique s'accompagne d'une fermeture de la glotte. La poursuite de la décompression est alors formellement contre-indiquée ; il faut retirer le masque d'O₂ pur, attendre la reprise de la respiration et veiller au respect de la liberté des voies aériennes. Pour éviter le renouvellement d'une crise on aura recourt au benzodiazépines.

La prévention exige la recherche au préalable d'antécédents neurologiques (convulsion, traumatisme crânien récent avec séquelles irritatives).

L'épilepsie est une contre-indication à l'O.H.B. justifiant au minimum une couverture par benzodiazépines.

Le risque pulmonaire (effet Lorrain-Smith) : la toxicité pulmonaire décrite en normobarie (54) consiste, lors d'une exposition prolongée, en la survenue d'un oedème pulmonaire de type lésionnel, pouvant évoluer vers une fibrose.

En hyperbarie, la toxicité pulmonaire est double : à une atteinte toxique pulmonaire directe, analogue à celle observée en normoxie, il peut s'en ajouter une, liée à une atteinte toxique du système nerveux central (S.N.C.) par l'O₂. L'oedème aigu pulmonaire aurait une origine essentiellement vasomotrice par atteinte du S.N.C. et par l'intermédiaire du système sympathique (55) ; il se produit une vasoconstriction au niveau des capillaires pulmonaires, responsable d'une hypertension pulmonaire. La répétition des crises convulsives peut entraîner une atteinte irréversible.

Les risques de ces deux accidents biochimiques sont très largement prévenus dans la pratique de l'O.H.B. par les modalités de réalisation des séances, limitées dans la durée comme dans le niveau de pression d'administration de l'O₂ (3 ATA pour l'O₂ pur).

Enfin les hautes pressions d'O₂ sont **tératogènes** (56). Cette toxicité dépend de la valeur de la pression partielle d'O₂ et de la durée d'exposition. Elle se traduit essentiellement, chez le nouveau-né, par une fibroplasie rétro-lentaire, des malformations des os longs, des atteintes alvéolaires. La grossesse, particulièrement le premier trimestre, est une contre-indication à l'O.H.B.. Cependant, dans les indications urgentes (intoxications au CO, pendants, ...) elle reste indiquée. L'évolution de la grossesse fera alors, l'objet d'une surveillance particulièrement attentive.

LES CONTRE-INDICATIONS

Il n'en existe pas d'absolues (57). Une contre-indication peut se discuter en fonction de l'indication initiale et du degré du pronostic final. Par exemple en cas d'embolie gazeuse ou d'infection anaérobie, l'indication primerait sur la contre-indication ; le risque médical de cette dernière pouvant être largement atténué par certaines prémédications et une surveillance adéquate.

D'autre part, toutes les pathologies citées, à rechercher avant la prise en charge thérapeutique par O.H.B., ne sont plus des contre-indications à cette dernière, à partir du moment où elles sont traitées et bien contrôlées.

Avant tout traitement O.H.B. il sera réalisé systématiquement :

- un interrogatoire ;
- une radiographie thoracique (face, profil) ;
- une otoscopie ;
- un E.E.G. de contrôle s'il existe un point d'appel ;
- un examen dentaire.

PARTICULARITE DE LA REANIMATION EN O.H.B. (58)

La prise en charge de patients graves en état instable n'est plus un obstacle à la pratique de l'O.H.B. et les patients n'ont plus à pâtir d'un allègement ou d'une interruption des soins de réanimation du seul fait de la mise en caisson. Une chambre doit être conçue et équipée comme une salle de réanimation.

La plupart des techniques en réanimation sont réalisables en milieu hyperbare mais nécessitent certaines adaptations techniques et certaines précautions :

- l'écoulement régulier des perfusions demande la mise en place de flacons rigides munis d'une aiguille dite «aérienne», dont l'extrémité métallique dépasse le niveau du soluté, permettant ainsi une équilibration des pressions. La précision des perfusions peut être assurée par des seringues automatiques utilisant de l'énergie de bas voltage, ce qui évite tout risque d'incendie (cf. p. 90).

- les ballonnets des sondes d'intubation ou des canules de trachéotomie doivent être remplis d'eau, ainsi il n'y aura pas de différence de volume pendant les phases de compression et de décompression ;

- l'électrocardiogramme et l'électroencéphalogramme sont facilement réalisables par le relais d'une boîte à multiples conducteurs avec renvoi vers l'extérieur (cf. p. 90) ;

- les mesures directes de pression sanglante (PVC, PA, PAP) sont réalisables mais elles restent délicates, réclamant une attention particulière dans la manipulation du cathéter ;

- l'assistance ventilatoire requiert l'utilisation de respirateur volumétrique, choisi et adapté pour que le réglage effectué à la pression atmosphérique ne subisse aucune modification aux variations de pression ; il est cependant nécessaire d'avoir un matériel d'insufflation manuelle dans la chambre ;

- le risque de l'emploi d'un défibrillateur est lié à la possibilité d'incendie provoqué par l'arc voltaïque qu'on provoque sur les plaques-électrodes. Il faut poser le défibrillateur en dehors de la chambre. A l'aide d'un pont spécial d'accouplement, d'un câble de transmission et de très larges électrodes, posées sur le thorax, on réalise la décharge électrique à l'extérieur de la chambre, et ainsi on évite tout risque d'incendie ;

- l'aspiration est facilement réalisable, en utilisant la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la chambre, régulée par un manomètre. A aucun moment, les drains ne doivent être clampés, ni placés au dessus de leur plan d'implantation pour éviter tout reflux ;

- les mesures de la diurèse horaire sera poursuivie pendant les séances, en prenant la précaution de maintenir la sonde en position déclive.

REFLEXION SUR L'INTERET D'UN CAISSON

EN PAYS BASQUE

ETUDE DE LA COUVERTURE DE L'HEXAGONE EN EQUIPEMENT O.H.B.

Données géographiques nationales

Les deux cartes qui suivent représentent :

- l'emplacement des différents caissons existant en France métropolitaine (carte n°1 p. 64) ;
- la répartition de la population française par région (carte n°2 p.65) (59).

De ces diverses données, nous pouvons extraire plusieurs enseignements et tirer un certain nombre de conclusions :

- l'inégale répartition nationale des caissons : on observe une concentration des installations le long de la côte méditerranéenne et dans les grandes agglomérations (exception faite de Paris) ;

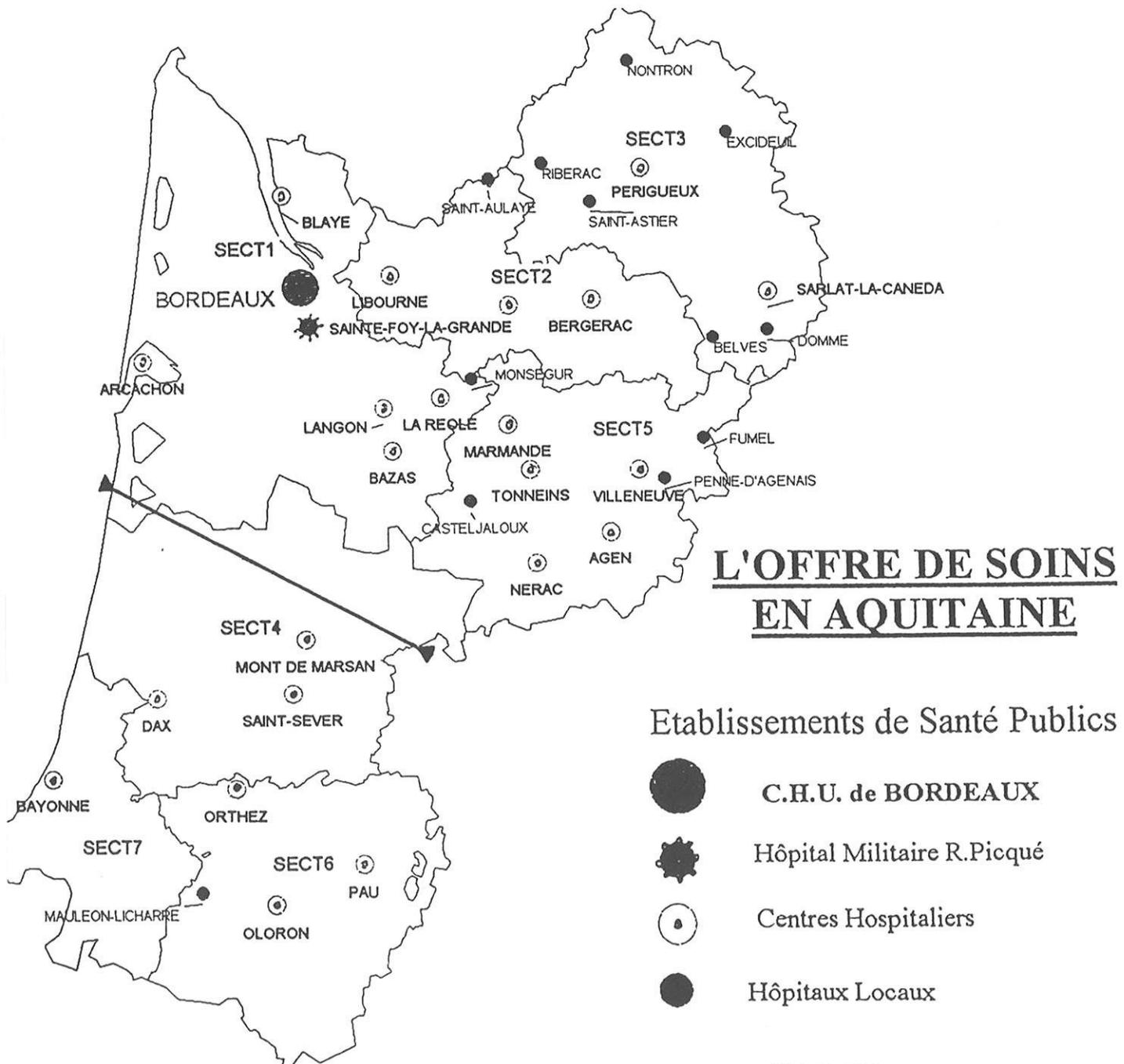
- des disparités régionales : nous constatons que certaines régions, comparables tant au plan de la population qu'à celui de leur situation géographique, ne sont pas pourvues de la même manière en caisson. Ainsi en est-il de la région Aquitaine par rapport à la région du Languedoc-Roussillon ;

- une absence totale d'installation hyperbare dans toutes les régions du centre de la France.

Le cas de la région Aquitaine (2 872 630 habitants) (59) (annexe 1)

Il existe seulement deux installations d'O.H.B. en Aquitaine, toutes deux implantées à Bordeaux, métropole régionale.

Considérons l'existence d'un centre hyperbare dans l'agglomération Bayonne-Anglet-Biarritz (B.A.B.), à 200 kilomètres de Bordeaux. En reliant les points situés à mi-distance des "deux pôles hyperbares", nous pouvons tracer une "ligne" délimitant les régions dont les populations sont susceptibles d'être drainées par chacun des centres (carte suivante).



Le centre B.A.B. prendrait alors en charge :

- la population du département des Pyrénées Atlantiques (578 516 habitants) (60) ;
- la population du sud du département des Landes (161 231 habitants pour l'arrondissement de Dax ; 150 230 habitants pour celui de Mont de Marsan) (61).

Soit, au total **890 000** habitants.

Il faut noter quelques caractères particuliers de la population locale :

- une population relativement vieillissante avec une forte proportion de "3ème âge", de sujets retraités plus fortement demandeurs de soins médicaux ;
- un très important flux migratoire touristique doublant la population locale pendant deux mois de l'année (annexe 2) ;
- une population frontalière, du Pays Basque et de la Navarre espagnole, d'environ deux millions d'habitants à plus de 200 kilomètres d'un caisson (Bilbao).

Les établissements de soins, publics ou privés, qui seraient concernés par cet éventuel centre de médecine hyperbare, regroupent (62) (annexe 3) :

- 519 lits actifs d'hospitalisation publique et 1 024 lits actifs d'hospitalisation privée dans le Pays Basque et sud-ouest des Landes, soit 1 543 lits ;

- 797 lits actifs d'hospitalisation publique et 845 lits actifs d'hospitalisation privée dans le Béarn et la Haute Soule, soit 1 642 lits ;

- 700 lits actifs d'hospitalisation publique et 311 lits actifs d'hospitalisation privée dans les Landes, soit 1 011 lits.

Soit, au total **4 196** lits actifs. Ce nombre important reflète bien le caractère majeur du secteur de la santé dans cette région.

"INDICE DE BESOIN"

Selon le décret du 09.11.1973 (63), les caissons hyperbares ne sont pas mentionnés dans la liste des besoins nationaux et régionaux et à ce titre ils n'ont pas "d'indice de besoin" propre, à l'image des scanners (1/110 000 habitants) (64). Cette absence fut d'ailleurs entérinée par l'arrêté du 31.03.1992 (65) stipulant que seuls étaient répertoriés les équipements lourds, figurant dans le schéma régional d'organisation sanitaires.

L'autorisation d'installation des caissons hyperbares, qui appartiennent au groupe des équipements lourds et coûteux (66, 67, 68), est ainsi de la compétence des préfets de région (69, 70). Pour les aider, une circulaire de la direction régionale de la santé (69) leur précisa l'évaluation des besoins en O.H.B. (71) : une limitation des installations à 1/500 000 habitants au maximum fut retenue (base de calcul : la population régionale).

SCHEMA REGIONAL D'ORGANISATION SANITAIRE D'AQUITAINE (72)

Il structure l'offre de soins en niveaux, au nombre de trois, en fonction de la zone géographique de référence, des temps d'accès, et de la qualité des soins (tenant compte du plateau technique et du volume d'activité).

Les caissons hyperbares ne sont à aucun moment cités dans les équipements lourds et coûteux requis selon le niveau puisque l'on retrouve :

- niveau I :

- un scanographe .

- niveau II :

- un scanographe ;

- un appareil d'angiographie numérisée avec coronarographie ;

- un centre de radiothérapie semi-lourd ;

- un poste d'hémodialyse ;

- une I.R.M. ;

- un équipement de médecine nucléaire.

- niveau III :

- les équipements du niveau II ;

- un centre lourd de radiothérapie ;

- un service de médecine nucléaire avec laboratoire de radio-

isotopie.

Bayonne, Dax, Mont de Marsan et Pau sont des pôles hospitaliers de niveau II qui n'ont pour relais de niveau III que Bordeaux.

Or, le calcul du temps des trajets par la route fait apparaître clairement que des bassins d'hospitalisation entiers, des Pyrénées Atlantiques en particulier, mais aussi des Landes, n'ont pas d'accès à un caisson hyperbare dans des délais inférieurs à 3-4 heures, si l'on tient compte du temps d'acheminement du domicile du patient au centre hospitalier régional, puis de la prise en charge locale au transfert vers le C.H.U. bordelais.

Pourtant, selon le schéma régional d'organisation sanitaire, le niveau III (C.H.U. Bordeaux) qui offre des soins hautement spécialisés, doit être accessible en moins de deux heures.

La question du transport hélicoptéré (outre son coût) pour réduire les délais, n'est pas une solution si évidente, car l'accueil aux différentes urgences est souvent source de retard, parfois considérable avant la mise en route du traitement (urgences débordées, hélicoptère non disponible ...).

On peut légitimement se poser la question de savoir à quel niveau se rattachent les caissons hyperbares. Si leur faible activité les élimine du niveau I (urgences courantes), ils relèvent néanmoins de l'urgence (accidents de plongée, intoxication au CO ...) et par là même, semblent incompatibles avec un niveau III. La D.R.A.S.S. contactée à ce sujet n'a pas donné de réponse.

DISCUSSION

A la vue de ces éléments, il apparaît que la région Aquitaine souffre d'un déficit de couverture en caissons hyperbares, plus particulièrement dans son pôle sud, où des bassins d'hospitalisations entiers n'ont pas d'accès naturel à un centre en moins de deux heures.

Une installation hyperbare dans l'agglomération Bayonne-Anglet-Biarritz, pôle hospitalier qui constitue une offre de soins de niveau II (72), au cœur d'un bassin d'hospitalisation de 4 196 lits actifs, à 200 kilomètres du caisson le plus proche (Bordeaux), drainerait une population de 890 000 habitants environ, et satisferait à "l'indice de besoin" minimal de 1/500 000 habitants.

Elle assurerait ainsi la couverture de cette zone et contribuerait à atteindre les objectifs essentiels que poursuit le schéma régional d'organisation sanitaire d'Aquitaine (72) :

- de mieux garantir la qualité, la sécurité et une distribution équitable des soins dans la région ;

- de contribuer à une maîtrise efficace de la progression des dépenses de santé dans la région.

Elle permettrait aux patients, dont les pathologies nécessitent impérativement une oxygénothérapie hyperbare (recommandation de type 1 (cf. supra)), d'éviter un déplacement de plusieurs heures jusqu'au caisson le plus proche (Bordeaux, Toulouse), notamment lors d'urgences où l'état clinique des malades les rend parfois intransportables (infections nécrosantes, ...) et où la rapidité de mise en hyperbarie modifie le pronostic de l'affection (accidents de plongée, intoxication au CO ...).

De plus, elle constituerait un outil supplémentaire permettant l'optimisation de certains gestes thérapeutiques et d'améliorer le pronostic de certaines affections (embolie gazeuse, surdité brusque, ...), diminuant ainsi la durée d'évolution, les complications et les séquelles, tout en allégeant le coût social.

Enfin, après avoir contacté la Fédération française de plongée (F.F.E.S.S.M.), le corps de gendarmerie nautique, le corps des sapeurs pompiers, le corps de plongeurs militaires, les Affaires Maritimes et la Direction Départementale d'Équipement, on peut estimer qu'il se pratique plus de 30 000 plongées sous marine le long de la Côte Basque et des Landes, chaque année. Tous ces «organismes» de plongeurs professionnels soutiendraient un projet d'installation d'une chambre hyperbare à proximité. D'une part, ils se sentiraient plus en sécurité. D'autre part, bien qu'ils n'entrent pas dans les catégories professionnelles définies par le décret n° 90-277 du 28 mars 1990 (décret relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare), ils seraient en conformité avec lui. Celui-ci impose, par l'article 23, un délai d'accès à un caisson n'excédant pas deux heures du lieu de plongée et n'excédant pas une heure lors d'une plongée à palier.

REFLEXION SUR L'ACTIVITE D'UN CAISSON

EN PAYS BASQUE

INTRODUCTION

Après avoir tenté de justifier l'utilité d'un caisson en Pays Basque, il est important d'évaluer ce que pourrait être son activité et il en découlera le choix du caisson "idéal".

La démarche la plus objective aurait été d'analyser des études statistiques de morbidité régionale, voire nationale, pour connaître l'incidence de chacune des affections pour lesquelles l'O.H.B. est recommandée (cf. supra), mais elles n'existent pas, ni auprès des caisses primaires d'assurance maladie, ni au niveau du bureau statistique du Ministère de la Santé.

Comme il existe une similitude entre les régions du Languedoc-Roussillon et de l'Aquitaine, tant sur le plan géographique que démographique, il a été décidé dans ce travail de présenter l'activité du caisson de Perpignan sur dix ans et d'en extrapoler ce que pourrait être celle de notre projet, en gardant toute réserve d'objectivité d'une telle comparaison.

Enfin, pour appuyer la crédibilité de cette étude, nous avons recensé les patients provenant des régions Pyrénées Atlantiques et sud des Landes, qui ont bénéficié d'O.H.B. dans les centres les plus proches déjà existant.

LA REGION DU LANGUEDOC-ROUSSILLON

Cette région compte 2.116.015 habitants (INSEE 1990) (annexe 1) et possède trois caissons multiplaces (Montpellier, Perpignan, Laudun (cf. carte n°1)), sachant que le caisson militaire de Laudun ne fait pas partie du secteur public.

Le caisson privé de Perpignan (Clinique Saint-Pierre) :

- prend en charge la population des Pyrénées Orientales et une partie de la population de l'Aude : les médecins responsables estiment drainer au plus **450 000** habitants ;

- est composé d'une chambre avec sas, pouvant recevoir trois malades couchés ou dix assis.

Il est intéressant de remarquer que la Catalogne espagnole frontalière possède deux caissons multiplaces à Barcelone, et par conséquent aucun de ses habitants ne se fait "caissonner" à Perpignan.

BILAN D'ACTIVITE DU CAISSON DE PERPIGNAN

Nous allons étudier l'activité de ce caisson sur les dix années d'existence, de 1986 à 1995, représentée sur le tableau page suivante.

Les urgences (cf. indication p.33) :

- La première colonne correspond aux accidents de plongée sous-marine ;
- La deuxième aux intoxications au monoxyde de carbone ;
- La troisième aux urgences diverses : infections nécrosantes des tissus mous, surinfections à germes aérobies, pendants manquées , ... ;
- La quatrième aux surdités brusques ;
- La cinquième au total des urgences.

Les maladies chroniques (cf. indication p.45) :

Correspondent à la sixième colonne : artériopathies, pathologies radiques, retards de cicatrisation,

L'activité annuelle est totalisée dans la septième colonne, en sachant, que pour certains patients chroniques (pathologies radiques, ...), il est effectué 3 ou 4 séries de 10 séances annuelles (5,36 séances en moyenne pour les pathologies aiguës contre 23,8 pour les pathologies chroniques).

Année	Acc. plongée		Intoxication		Urgences div.		Surdité brusque		Total urgence		Nvel. chronique		Total activité	
	Malades	Séances	Malades	Séances	Malades	Séances	Malades	Séances	Malades	Séances	Malades	Séances	Malades	Séances
1986	8	20	10	15	1	4	13	130	32	169	71	612	158	1410
1987	14	109	49	97	8	35	23	245	94	486	92	1150	301	2813
1988	10	96	46	41	8	176	32	396	96	709	114	1061	406	3788
1989	16	89	54	95	7	114	42	397	119	695	81	695	445	3739
1990	12	39	39	68	8	62	41	382	100	551	109	1023	516	4546
1991	12	37	46	79	6	28	37	396	101	540	126	1107	576	4922
1992	14	86	63	112	3	39	31	325	111	562	89	792	611	5068
1993	22	82	37	51	6	31	63	566	128	730	100	882	642	5529
1994	21	106	34	49	12	82	59	532	126	769	99	878	685	5936
1995	19	71	20	33	10	57	60	533	109	694	113	1007	630	5438
TOTAL	148	735	388	640	69	628	401	3902	1016	5905	994	9207	4979	43 189

On constate :

- une augmentation progressive de la fréquentation du centre au cours des années ;

- un nombre sensiblement constant de patients depuis trois ans (de 1993 à 1995) pour une moyenne de 650 malades et de 5 634 séances par an. Les médecins de ce centre, estiment avoir atteint leur limite d'activité par rapport à la population drainée ;

RECRUTEMENT ACTUEL DES MALADES BENEFICIANT D'O.H.B. EN AQUITAINE

Les patients des régions Pyrénées Atlantiques et sud des Landes qui nécessitent impérativement un traitement par O.H.B. sont adressés actuellement aux centres les plus proches (Bordeaux : C.H.U. Pellegrin, clinique des Cèdres; Toulouse : C.H.U. Purpan). Pour en connaître le nombre, nous avons étudié pour chacun de ces centres l'origine géographique des malades "caissonnés".

C.H.U. Pellegrin (Bordeaux)

En 1993, sur 360 patients "caissonnés", 65 provenaient de la région qui nous intéresse, soit 18% de l'activité. On retrouve :

- 41 surdités brusques (soit 63%) ;
- 10 intoxications au CO (soit 15%) ;
- 3 gangrènes gazeuses (soit 4,5%) ;
- 3 cicatrisations de radionécroses (soit 4%) ;

- 2 lambeaux myocutanés (soit 3%) ;
- 2 accidents de la voie publique (soit 3%) ;
- 2 accidents de plongée (soit 3%) ;
- 1 embolie gazeuse (soit 1,5%) ;
- 1 ostéite (soit 1,5%).

En 1994, sur 371 patients "caissonnés", 66 provenaient de la région qui nous intéresse, soit 17,7% de l'activité. On retrouve :

- 49 surdités brusques (soit 74%) ;
- 8 intoxications au CO (soit 12%) ;
- 3 cicatrises de radionécrose (soit 4,5%) ;
- 2 gangrènes gazeuses (soit 3%) ;
- 2 accidents de plongée (soit 3%) ;
- 1 rectocolite hémorragique (soit 1,5%) ;
- 1 cicatrisation d'ulcère diabétique (soit 1,5%).

Clinique des Cèdres (Bordeaux)

En 1992, sur 224 patients "caissonnés", 19 provenaient de la région qui nous intéresse, soit 8,5% de l'activité. En 1993, ils étaient 15 sur 218, soit 6,8%. En 1994, ils étaient 10 sur 244, soit 4%.

C.H.U. Purpan (Toulouse)

Nous n'avons pu obtenir l'origine géographique des malades "caissonnés" que sur une courte période, du 1er Janvier au 15 Mai 1995. Sur 120 patients, 4 provenaient des Pyrénées Atlantiques et 1 des Landes. En extrapolant, nous pouvons estimer à une dizaine par an, soit, 4% de l'activité du caisson toulousain.

Il existe donc une moyenne de 90 patients par an provenant des Pyrénées Atlantiques et des Landes qui se font "caissonner" à Bordeaux, parfois à Toulouse en fonction de la disponibilité des centres hyperbares.

Nul doute que compte tenu de la grande proportion des malades dont le pronostic vital n'est pas mis en jeu (surdités brutales par exemple), nombreux sont ceux qui refusent de quitter leur domicile pendant une semaine, pour traiter, à plus de 100 kilomètres de leurs proches, une affection sans risque vital. Le recrutement d'un caisson en région Pays Basque s'en trouverait probablement augmenté, dans de significatives proportions, d'autant plus qu'il s'agit d'une région peu sensibilisée et peu informée en hyperbarie.

On pourra remarquer avec intérêt que les patients chroniques acceptant ce traitement par O.H.B. ne peuvent venir en soins externes pour des raisons d'éloignement géographique, et sont alors hospitalisés dans des services spécialisés (service d'O.R.L. au 9^{ème} étage du C.H.U. Pellegrin pour les surdités brutales, par exemple) et y séjournent 6 jours pour une moyenne de 12 séances ; un coût très élevé compte tenu du prix de la journée d'hospitalisation en service spécialisé.

La présence d'un caisson au Pays Basque pourrait probablement éviter une hospitalisation aussi longue pour les malades, que coûteuse pour la Sécurité Sociale.

DISCUSSION

Si l'on considère que la fréquentation optimum du caisson de Perpignan est atteinte depuis 3 ans, pour une population drainée de 450 000 habitants maximum, on peut espérer qu'après 6 à 7 années d'existence, le "caisson de la côte Basque" pourra avoir une activité environ deux fois plus importante puisqu'il concernerait une population de 890 000 habitants.

De plus, cet éventuel centre peut déjà espérer traiter les "90 patients" (soit, 13,85% de l'activité de Perpignan) annuellement recensés dans la population qu'il

drainerait, et qui bénéficient actuellement d'un traitement par O.H.B. loin de leur domicile.

Enfin, rappelons la proximité du Pays Basque et de la Navarre espagnoles qui sont dépourvus de centre de médecine hyperbare. Dans le cadre d'un accord et par le biais d'entretiens réguliers avec nos confrères espagnols une coopération pourrait s'établir.

CHOIX DU CAISSON "IDEAL"

MATERIEL, SECURITE ET PERSONNEL



INTRODUCTION

Les caissons thérapeutiques hyperbares sont des enceintes étanches et résistantes à une pression "hyperbare", c'est à dire supérieure à la pression atmosphérique standard (1 ATA). S'ils sont conçus le plus souvent à des fins thérapeutiques, ils sont aussi utilisés pour des explorations fonctionnelles, pour des tests cliniques ou de détermination d'aptitude physique.

Leur fabrication, sous l'égide du Service des Mines, est soumise à des règles précises qui prennent leur origine dans un décret de 1943, prévu pour construire des machines à vapeur ou des réserves de gaz (58). Les progrès des logiciels de calcul permettent aujourd'hui de réaliser des caissons de grande taille avec de grandes portes rectangulaires facilitant la circulation et permettant même de faire rentrer directement un lit d'hôpital.

En effet, les exigences médicales imposent de concevoir des chambres hyperbares spacieuses, multiplaces, confortables, bien climatisées, insonorisées, d'accès facile et performantes ; elles sont par conséquent onéreuses du point de vue de la fabrication, de l'installation, de l'exploitation et de l'architecture des bâtiments.

Il s'agit donc de définir le meilleur compromis entre la taille, la forme, la pression de service, la production et le stockage des gaz, ceci en fonction de la fréquence d'utilisation et du nombre annuel de séances prévu, mais aussi en fonction des différentes indications médicales :

- les patients dits "chroniques" nécessitant peu d'appareillage médical, sinon un inhalateur d'oxygène ;
- les malades de "réanimation et d'urgence" nécessitant une prise en charge importante pour poursuivre, pendant la séance d'O.H.B., la réanimation générale.

QUELLE SERAIT LA BONNE CHAMBRE HYPERBARE ?

Forme et taille

Au dessus de 2 ATA, les contraintes imposées par les pressions obligent la fabrication des caissons sous forme de tube cylindrique fermé par deux fonds bombés; il s'agit alors d'un cylindre à axe horizontal. La longueur sera choisie en fonction de l'activité prévisionnelle, à savoir "qu'il faut de la place" pour le confort du malade et de l'équipe soignante, pour le rangement de matériel médical (respirateur, seringues électriques sur accus, aspiration, ...).

Le diamètre minimum acceptable est de deux mètres ; on peut alors installer un plancher de façon à ce qu'il reste une hauteur de 1,8 mètres (58) suffisante pour la station debout, pour les perfusions, les dispositifs de tractions,

Une porte permettant l'accès d'un lit d'hôpital doit avoir une largeur de 1 mètre et une hauteur de 1,6 mètres. La porte autoclave idéale est rectangulaire aux coins arrondis avec une partie basse linéaire ; ouverte, elle libère entièrement le passage (planchers intérieur et extérieur sont de plain-pied).

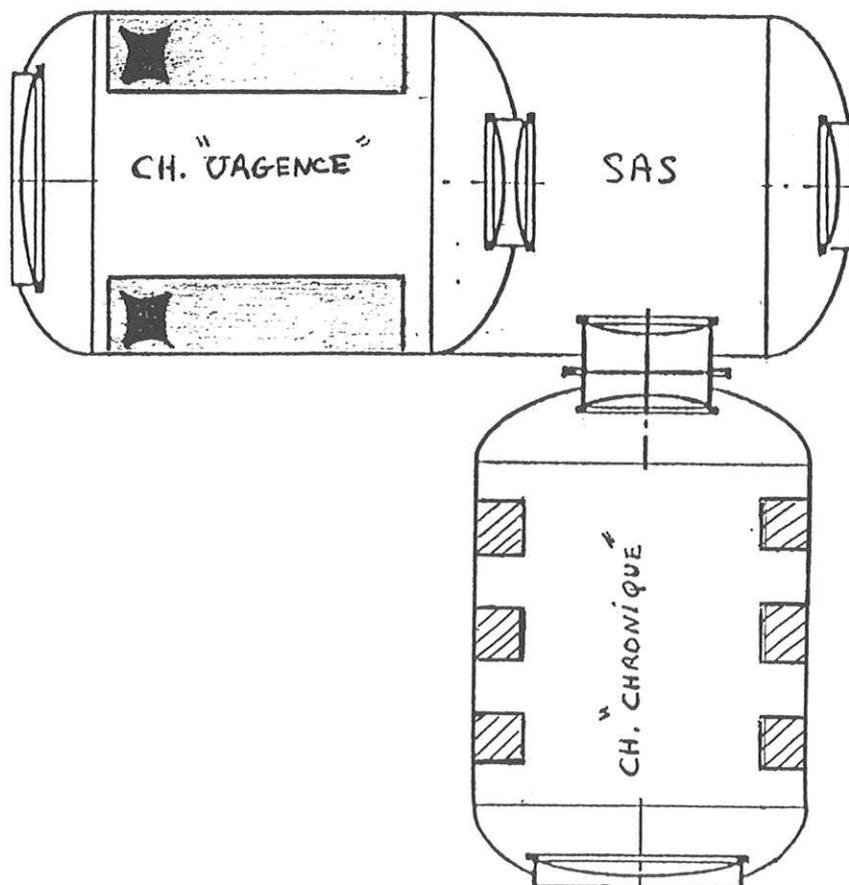
L'idéal est de disposer d'une chambre hyperbare pour les "urgences" et d'une deuxième pour les "chroniques" avec un sas commun aux deux chambres pour les mouvements du personnel ; ainsi on pourrait mener simultanément deux traitements différents, impossibles à différer (gangrène gazeuse et malade aseptique, tel un brûlé). Mais la réalité économique de notre projet ne nous permet pas un tel investissement au départ.

Considérons comme premier objectif, d'atteindre l'activité annuelle du caisson de Perpignan ; soit 5 634 séances en moyenne par an (cf. p.77), ceci sur 300 jours ouvrables, ce qui correspond à une moyenne de 19 patients par jour. Nous avons vu (cf. supra) que dans les protocoles thérapeutiques utilisés, la durée d'une séance est

habituellement de 90 minutes ; on peut alors réaliser sur une journée de travail 4 séances, ce qui reviendrait à "caissonner" 4 à 5 malades simultanément.

Une chambre hyperbare de 6 places assises (caisson type CX 2000 : COMEX PRO, Marseille) serait alors suffisante dans un premier temps, sachant que ces 6 sièges, pour les patients dits "chroniques", doivent être amovibles et rapidement remplacés par deux couchettes (brancards rigides sur roulettes) accueillant des patients dits "urgents ou de réanimation". Un tel caisson doit posséder un sas pour la libre circulation du personnel soignant.

Dans un deuxième temps, si l'activité de ce centre double comme nous l'avons étudié dans le bilan prévisionnel (cf. supra), il devra être prévu une possibilité de raccordement d'une deuxième chambre au niveau du sas. Ce sas sera alors commun aux deux caissons. Pour des raisons de contraintes architecturales (superficie du lieu d'accueil) une disposition en "L" de ces deux chambres serait la plus logique (schéma suivant).



Il faut prévoir un local d'une superficie de 100 à 120 m² permettant d'installer outre le caisson, un bureau médical, une salle de soins, une petite salle d'attente,

Les équipements (pour une chambre de 6 places et un sas)

Ils comprendront des installations fixes et mobiles. Tout doit être prévu pour que les patients soient confortablement installés, que le personnel hospitalier puisse travailler dans les meilleures conditions et que tous aient l'impression d'être dans une chambre d'hôpital confortable plutôt que dans un "bidon".

Les installations fixes :

- une tablette rabattable (pose d'éventuels appareils médicaux) ;
- l'éclairage : extérieur à travers des hublots par des projecteurs à lumière froide (éclairage modulable) et intérieur par des lampes étanches d'appoint (24 volts).
- la communication :
 - . sas à petit matériel et à médicament dans la chambre ;
 - . hublots de visions (300 mm) permettant de lutter contre les sensations de claustrophobie et offrant à l'opérateur de réaliser une surveillance constante ;
 - . hublot de vision entre le sas et la chambre ;
 - . hublots de caméra ;
 - . interphone fonctionnant sous bas voltage, antidéflagrant ;
 - . prise d'analyse dans la chambre permettant la transmission par câbles blindés des signaux électriques de monitoring vers les enregistreurs, amplis et oscilloscopes, placés à l'extérieur (EEG, ECG, ...).

- le passage des fluides (les conduits métalliques rigides sont préférables) :

- . lavabo ;
- . circuit de vidange du fond relié à une évacuation d'eaux usées ;
- . circuit de pressurisation d'air relié au stock ;
- . circuit d'oxygène basse pression relié au réseau de l'hôpital (8 bars) ;
- . circuit d'échappement d'air collecté à l'extérieur du local sur un site autorisant le bruit ;
- . circuit d'échappement des fluides médicaux collecté à l'extérieur du local sur un site autorisant la dispersion d'oxygène ;
- . un poste inhalateur et déverseur avec débilitre (O₂, air médical, mélange) pour chaque poste de traitement, et deux dans le sas ;
- . la chambre possédera une alimentation en oxygène, en air médical et en mélange pour un respirateur. Cette alimentation sera indépendante du réseau de l'hôpital car un gradient de pression de 10 bars est nécessaire au fonctionnement des respirateurs volumétriques ;
- . un système d'extinction d'incendie par aspersion d'eau à l'intérieur et à l'extérieur (sous pression: 500 litres à 15 bars) ;
- . deux prises de vide pour aspiration de mucosité ;
- . un dispositif de ventilation régulé par un système automatique selon la pression d'utilisation ;
- . une soupape de sûreté pour chaque volume, tarée à la pression de service.

Pour le confort des malades et du personnel soignant, deux remarques s'imposent :

- les phases de compression et de décompression sont bruyantes, facteur de désagrément important, et les dispositifs adéquats (silencieux) doivent maintenir un niveau sonore dans les normes autorisées (décret "bruit" 21/04/88) ;

- la climatisation : pendant la compression l'atmosphère du caisson s'échauffe et cette température est maintenue pendant la séance par les 6 malades dans cet espace confiné. Une simple ventilation de la chambre apportera un confort appréciable.

- autres :

- . deux supports de rail à perfusion ;
- . deux rampes pour fixer les sièges dans la chambre et un siège rabattable dans le sas ;
- . un bouton "poussoir alarme", relié à un klaxon, et un témoin lumineux sur le tableau de commandes ;
- . contrôle et enregistrement continu sur papier des paramètres d'ambiance : manomètre, hygromètre, thermomètre, analyse du taux d'oxygène ;

- console de commandes et de surveillance : le fabricant devra disposer cet ensemble face à un grand hublot de surveillance :

- . pour permettre une bonne observation dans les volumes sans impliquer un déplacement important de l'opérateur ;
- . pour visionner clairement la situation des réserves de gaz, des choix des gaz connectés aux masques ;
- . pour lire immédiatement l'heure, le temps écoulé, le taux d'O₂, le niveau de pression et la température de chaque volume ;
- . pour accéder aux différents postes de télécommunication sans déplacement (interphone, téléphone, alarme, ...) ;
- . et enfin, pour disposer de toutes les commandes de vannes et des commandes électriques.

Il y aura un pupitre de commandes et de contrôle par volume (chambres et sas), ainsi qu'un pupitre de sécurité, tout deux bien différenciés.

Si les installations peuvent être automatiques, il est indispensable de pouvoir prendre les commandes manuellement instantanément : les soupapes de sécurité, les purges d'évacuation d'eau, etc... doivent toujours comporter un dispositif manuel de fermeture.

Les installations mobiles :

- deux couchettes pour la chambre (brancards sur roulettes) ;
- six sièges confortables et rapidement amovibles, pour la chambre ;
- un coffret médical à tiroir ;
- équipement de traitement et de surveillance des malades graves : respirateur, matériel d'aspiration bronchique et pleural, pompe de perfusion autopulsée, surveillance continue de l'ECG, de l'EEG et de la pression transcutanée en oxygène, ...

La mesure d'oxygénation tissulaire qui est une méthode non invasive, de réalisation simple et routinière, renseigne directement et en continu sur la quantité d'O₂ délivrée au tissu. Des électrodes transcutanées fournissent une estimation sur la qualité de l'oxygénation périphérique, particulièrement dans les plaies qui ne cicatrisent pas (cf. supra).

La réalisation de soins de réanimation en hyperbarie demande l'introduction en milieu pressurisé de matériels très perfectionnés qui doivent être ininflammables et antidéflagrants. Seuls doivent être utilisés des équipements réalisés ou adaptés pour le milieu hyperbare. Sinon il faut mettre en dehors de la chambre les équipements et n'admettre à l'intérieur que les électrodes ou les capteurs de pression, les câbles passant à travers des passages de coque prévus (cf. supra) (58).

Les locaux annexes

Les locaux techniques comprennent l'atelier, les réserves de mélange et d'air, le local des compresseurs :

- les compresseurs devront être situés dans un bâtiment indépendant à distance du local de traitement. L'isolation phonique ainsi que la régulation thermique des locaux doivent être excellentes ;

- l'alimentation en air comprimé sera réalisée à partir d'une réserve de gaz (deux cuves de 30 m³ à 15 bars, par exemple) automatiquement rechargée par deux compresseurs moyenne pression (capacité unitaire de 180 m³ / heure par exemple) ;

- chaque compresseur devra être équipé d'un système de filtration de l'air. Cette station de compression doit être capable de fournir de l'air propre, sec et exempt de traces d'huile, de poussières, ... (décret du 28 Mars 1990) (53) ;

- les ensembles (compresseur, cuve tampon et filtration) seront montés en deux chaînes parallèles, l'une pouvant servir de secours à l'autre ;

- l'alimentation en oxygène pour les postes de traitement s'effectuera à partir du réseau de l'hôpital d'accueil (8 bars) ;

- l'alimentation en mélange air-oxygène et en oxygène pour les respirateurs et en air pour les trompes à vide des systèmes d'aspiration, se fera à partir de bouteilles (200 bars) stockées dans un local adjacent.

Les locaux habités comprennent les bureaux, la salle d'attente, une salle d'examen, une salle de préparation du malade (équipée comme une salle de réveil), des dégagements pour la circulation et le rangement des chariots, etc... Une partie de ces locaux peuvent déjà faire partie de la structure d'accueil.

L'important est que ce centre hyperbare puisse assurer la continuité des soins de réanimation pour les malades concernés et offrir un confort à chacun.

LA SECURITE

Le contrôle de l'atmosphère du caisson est primordial.

Les gaz à risque sont :

- le dioxyde de carbone : il est expiré à l'intérieur du caisson, mais l'analyse du taux de CO₂ est un luxe (58) dans ces chambres de grand volume et où les durées de traitement sont courtes. Une simple ventilation à l'air suffit à empêcher une accumulation de ce gaz ;

- l'oxygène : l'analyse est obligatoire dans les caissons, car de l'O₂ pur est administré simultanément à plusieurs patients. Outre sa toxicité (cf. p.57) sur le système nerveux (effet Paul-Bert) et au niveau pulmonaire (effet Lorrain-Smith), il majore le risque d'incendie en augmentant l'inflammabilité et la vitesse de combustion.

Les mesures de sécurité contre l'incendie sont particulièrement rigoureuses car c'est le danger premier en hyperbarie.

Il s'agit de surveiller le comburant et ses sources :

- vérification des déverseurs et de l'étanchéité des masques à oxygène ;
- analyseur d'oxygène sur le pupitre de sécurité (**FiO₂ < 25 %**) : une alarme et un enregistrement continu, sont obligatoires ;
- nécessité d'une ventilation à l'air.

Il faut éviter les combustibles :

- en construisant des caissons avec des matériaux incombustibles ;
 - en utilisant des dispositifs antidéflagrants ;
 - en lubrifiant par des graisses siliconées incombustibles ;
 - en réalisant une continuité électrique des installations et mise à la terre de l'ensemble ;
 - en utilisant à l'intérieur des matériaux ininflammables, ne dégageant aucune fumée toxique, ne faisant aucune étincelle électrostatique ;
 - en utilisant une literie et des vêtements ignifugés ;
 - en limitant les papiers et les points chauds (éclairage extérieur, moteur, ...)
- (toute installation dont le voltage dépasse 42 volts est prohibée).

Il faut prévoir des moyens de lutte :

- murs et portes du local d'accueil devant résister au feu durant deux heures ;
- extincteurs à eau intégrés (aspersion d'eau sous pression) avec commande extérieure et intérieure ;
- mesures générales : répétition périodique des procédures de secours pour faire face aux différentes pannes ou aux incendies potentiels. Enfin, il faut étiqueter et marquer chaque fonction des canalisations, des vannes et autres circuits.

Les normes d'ambiances dans les chambres sont :

- vitesse maximale de compression de 1 bar / mn ;
- vitesse maximale de décompression de 1,5 bar / mn ;
- taux maximal d'O₂ de 25 % ;
- pression maximale de CO₂ de 0,002 bar ;
- autres polluants non tolérés ;
- hygrométrie de 50 % ;
- température au palier à 20 °C ;
- bruit toléré au maximum à 50 db au palier, et à 90 db aux changements de pression.

L'IMPLANTATION DU CAISSON

En raison des indications en urgence nécessitant parfois des soins de réanimation, il est nécessaire d'implanter le caisson :

- à proximité immédiate d'un service d'urgence et de réanimation avec accès possible par ascenseur ;
- à proximité de l'extérieur accessible par une rampe automobile ;

- à proximité d'une aire d'atterrissage d'hélicoptère.

Tout doit être pensé pour éviter tout transport fastidieux.

La superficie nécessaire est estimée entre 100 et 120 m².

Les fondations devront être réalisées pour supporter le poids de cet équipement sachant qu'au-delà de 4 bars de pression d'utilisation, les épreuves hydrauliques décennales deviennent obligatoires. Le poids d'une telle installation est alors considérablement augmenté.

Notons que la surface d'appui du caisson au sol sera étudiée pour que la charge répartie soit inférieure à 850 kg par m².

LE CHOIX DES PRESSIONS DE FONCTIONNEMENT

Les contraintes mécaniques et réglementaires fixent un seuil technique à 4 bars. Au delà de cette pression de service, la réépreuve hydraulique est nécessaire. Pourtant les indications d'embolies gazeuses avec troubles neurologiques (cf. supra) nécessitent une pression de traitement au-delà de 4 bars (6 bars). Enfin, les contraintes physiologiques de l'hyperbarie interdisent la respiration d'air comprimé au-delà de 6 bars.

La pression de fonctionnement qui est alors retenue est de 6 bars, car elle permet de couvrir la totalité des indications médicales en acceptant l'exposition humaine à l'air comprimé. Un équipement composé d'une seule chambre (première étape de notre installation) devra être prévu pour atteindre un tel niveau de pression de service.

Lorsqu'on possédera deux chambres, on pourra limiter la pression de service à 4 bars pour la chambre "chronique" et atteindre les 6 ATA dans la chambre "d'urgence".

LA CERTIFICATION DES CAISSONS HYPERBARES

Un principe fondamental est qu'un dispositif médical ne peut être mis sur le marché que s'il ne compromet ni la sécurité ni la santé des patients et accompagnants.

Ainsi, une chambre hyperbare qui répond à la définition des appareils médicaux sera trouvée soumise aux dispositions de la Directive européenne 93 / 42 / C.E., du 14 juin 1993, relative aux dispositifs médicaux qui ont pour but (73) :

- économie : permettre la libre circulation, au sein du marché européen, d'appareils techniquement compatibles entre eux ;
- sécurité : assurer un niveau de protection indispensable pour la santé des personnes (personnel, patients).

Si les chambres hyperbares ne sont jamais citées dans la directive européenne, il y a consensus (58) pour les inclure dans la classe IIb ; il en est de même pour les appareils médicaux utilisés à l'intérieur.

Les dispositifs IIb sont des appareils médicaux considérés comme ayant un potentiel élevé de risque, et doivent donc répondre à une procédure de contrôle de conformité ("examen CE de type" : annexe III de la Directive). Il s'agit d'un contrôle de la conception et de la fabrication par un organisme notifié qui constate par des essais et atteste que le produit satisfait aux dispositions de la Directive. Il établit ainsi le certificat "CE de type".

PERSONNEL ET SA FORMATION

Un centre hyperbare hospitalier doit être disponible 24 heures sur 24 et doit offrir des possibilités thérapeutiques pour chacune des indications citées (cf. supra), notamment celles nécessitant des soins de réanimation.

Pour garantir un fonctionnement optimal, un centre d'O.H.B. requiert différentes catégories de professionnels qualifiés :

- personnel soignant (médecins, infirmières et aides soignantes) ;
- personnel technique (caisson-master) ;
- personnel administratif (secrétariat).

La surveillance médicale :

Toutes les séances seront conduites par un médecin hyperbariste dit «directeur médical» (74) :

- il supervisera le fonctionnement des chambres ;
- il sera responsable des soins apportés à l'intérieur du caisson ;
- il assurera le suivi du patient ;
- il définira les protocoles thérapeutiques à utiliser.

Quelque soit son doctorat en Médecine, pour assurer cette fonction, il doit avoir reçu une formation en médecine hyperbare (Diplôme Inter Universitaire de médecine sub-aquatique et hyperbare délivré par le ministère de l'Education Nationale). L'expérience de la plongée sportive n'est pas indispensable mais peut apporter un savoir complémentaire important.

Il devra se soumettre à une formation continue concernant les principaux aspects de la médecine sub-aquatique et hyperbare en participant aux formations, ateliers et conférences organisés par les sociétés internationales reconnues.

Enfin, l'éthique professionnelle et la déontologie médicale l'oblige à communiquer toutes ses observations et progrès obtenus à ses confrères de la Communauté Scientifique Internationale. D'autre part, le médecin doit participer aux études multicentriques qui seront entreprises.

Dotation

Les séances programmées aux heures ouvrables et les séances dans le cadre de l'urgence nécessitent un minimum de deux médecins hyperbaristes pour assurer une continuité des soins. En cas de malades «graves» le réanimateur d'astreinte du milieu hospitalier d'accueil devra apporter son aide.

Pour des raisons de coût, il n'y aura pas de poste d'infirmière créé dans les débuts de cette éventuelle installation, et le médecin devra alors remplir ce rôle.

La surveillance paramédicale :

Les chambres hyperbares, les compresseurs, les réserves de gaz sont des dispositifs spéciaux dont la manipulation peut s'avérer très complexe et requiert du personnel qualifié ; il s'agit d'un opérateur-technicien dit «caisson-master», qui habituellement vient de la plongée professionnelle.

Ce dernier reçoit en plus une formation paramédicale concernant les principes généraux de la médecine, de la médecine hyperbare et de plongée et les mesures de première urgence.

Enfin, il doit suivre une formation continue selon les progrès effectués dans le domaine de la technologie hyperbare, et sur les principaux aspects des pathologies traitées.

Dotation

Comme ces opérateurs sont chargés de la manipulation des chambres, leur présence est nécessaire pour chaque séance programmée ou d'urgence ; ainsi une création de deux postes, au minimum, s'impose.

On peut concevoir que l'activité d'urgence peut s'organiser et se renforcer avec le personnel d'astreinte et de garde de l'établissement (technicien et infirmière) habilité.

Autres personnels

Pour des réalités économiques, au début de l'activité de ce centre le secrétariat devra être réalisé par les médecins et la gestion de rendez-vous par le caisson-master. Ultérieurement il pourrait être envisagé la création d'un poste de secrétaire.

L'entretien ménager de l'ensemble de l'installation sera réalisé par le personnel de la structure hospitalière d'accueil.

Le **suiti médical** du personnel intervenant en milieu hyperbare fait l'objet d'un arrêté spécifique du décret du 28 mars 1990 (53) afin de définir les recommandations aux médecins du travail chargés de leur surveillance.

CONCLUSION

C'est par la pratique de la plongée sous-marine que nous découvrimus le «monde» de la médecine hyperbare. Il nous attira immédiatement car, déjà ancien (HENSHAW 1662), il est au carrefour de nombreux domaines (médecine, sport, industrie, recherche, ...) et possède en outre un panel d'indication intéressant.

A trois amis, nous décidâmes de l'approcher plus objectivement, et après une formation d'hyperbariste, d'étudier la possibilité d'une création d'une unité hyperbare en Pays Basque.

Ce travail est le fruit d'une partie de nos réflexions.

Nous constatons, d'une part, que l'apport de l'oxygénothérapie hyperbare dans le traitement de nombreuses pathologies est actuellement bien établi et reconnu (5). Cependant une recherche de qualité, à laquelle nous aimerions participer, est nécessaire pour asseoir sa crédibilité.

D'autre part, cette étude souligne le déficit de couverture en caisson dans plusieurs régions de France, notamment dans le pôle sud de l'Aquitaine. Une installation en son sein permettrait aux patients dit « chroniques » d'accéder à cet outil thérapeutique, et aux patients dit « urgents », dont la précocité de mise en pression est le principal facteur pronostic, de réduire le risque de complications ou de séquelles secondaires.

Peut-être qu'à la lecture de ces pages, d'autres réfléchiront au développement de cette discipline, actuellement réservée à quelques régions privilégiées. Cela nous encouragerait.

ANNEXES

ANNEXE 1 : population d'Aquitaine et du Languedoc-Roussillon

72 - AQUITAINE

POP 1DET - Population par sexe et âge

ÂGE AU 31/12/90	ENSEMBLE			HOMMES	FEMMES	ÂGE AU 31/12/90	ENSEMBLE	HOMMES	FEMMES	ÂGE AU 31/12/90	ENSEMBLE	HOMMES	FEMMES
	%												
TOTAL	2 796 093	100,0	1 349 860	1 446 233	0	5 535	2 721	2 814	48	27 837	13 828	14 009	
Répartition par grands groupes d'âge					1	31 324	16 007	15 317	49	25 430	12 501	12 929	
0-19	672 251	24,0	344 235	328 016	2	31 513	16 129	15 384	50	25 704	12 612	13 092	
20-39	806 453	28,8	402 984	403 469	3	31 759	16 214	15 545	51	28 385	13 915	14 470	
40-59	654 562	23,4	322 663	331 899	4	32 426	16 530	15 896	52	28 281	14 044	14 237	
60-74	418 132	15,0	193 183	224 949	5	32 354	16 563	15 791	53	28 200	13 792	14 408	
75 ou +	244 695	8,8	86 795	157 900	6	32 173	16 451	15 722	54	29 873	14 632	15 241	
Répartition par âge quinquennal					7	32 260	16 377	15 883	55	29 682	14 514	15 168	
0-4	132 557	4,7	67 601	64 956	8	34 752	17 848	16 904	56	31 242	15 104	16 138	
5-9	167 466	6,0	85 760	81 706	9	35 927	18 521	17 406	57	30 860	15 027	15 833	
10-14	172 796	6,2	88 695	84 101	10	36 573	18 757	17 816	58	32 685	15 669	17 016	
15-19	199 432	7,1	102 179	97 253	11	34 489	17 741	16 748	59	32 270	15 506	16 764	
20-24	204 785	7,3	103 363	101 422	12	33 656	17 345	16 311	60	33 350	15 950	17 400	
25-29	196 429	7,0	98 104	98 325	13	34 283	17 596	16 687	61	32 258	15 269	16 989	
30-34	199 463	7,1	99 127	100 336	14	33 795	17 256	16 539	62	32 764	15 587	17 177	
35-39	205 776	7,4	102 390	103 386	15	34 706	17 708	16 998	63	32 112	15 150	16 962	
40-44	212 128	7,6	106 071	106 057	16	37 518	19 187	18 331	64	32 587	15 189	17 398	
45-49	145 252	5,2	71 777	73 475	17	41 219	21 154	20 065	65	32 573	15 172	17 401	
50-54	140 443	5,0	68 995	71 448	18	42 479	21 933	20 546	66	31 819	14 699	17 120	
55-59	156 739	5,6	75 820	80 919	19	43 510	22 197	21 313	67	31 904	14 659	17 245	
60-64	163 071	5,8	77 145	85 926	20	43 114	21 866	21 248	68	31 648	14 393	17 255	
65-69	160 220	5,7	73 492	86 728	21	41 602	21 005	20 597	69	32 276	14 569	17 707	
70-74	94 841	3,4	42 546	52 295	22	40 424	20 376	20 048	70	31 959	14 563	17 396	
75-79	101 416	3,6	40 962	60 454	23	39 654	19 846	19 808	71	18 809	8 580	10 229	
80-84	79 273	2,8	28 569	50 704	24	39 991	20 270	19 721	72	16 748	7 458	9 290	
85-89	44 365	1,6	13 020	31 345	25	39 756	19 933	19 823	73	14 452	6 394	8 058	
90-94	15 812	0,6	3 645	12 167	26	40 042	20 128	19 914	74	12 873	5 551	7 322	
95 ou +	3 829	0,1	599	3 230	27	39 260	19 624	19 636	75	16 498	6 991	9 507	
					28	38 500	19 261	19 239	76	22 886	9 343	13 543	
					29	38 871	19 158	19 713	77	21 784	8 834	12 950	
					30	39 198	19 508	19 690	78	21 375	8 516	12 859	
					31	39 949	19 872	20 077	79	18 873	7 278	11 595	
					32	39 744	19 829	19 915	80	18 801	6 986	11 815	
					33	40 319	19 881	20 438	81	17 256	6 421	10 835	
					34	40 253	20 037	20 216	82	16 155	5 887	10 268	
					35	40 608	20 164	20 444	83	14 028	4 962	9 066	
					36	41 162	20 477	20 685	84	13 033	4 313	8 720	
					37	40 646	20 243	20 403	85	11 519	3 628	7 891	
					38	41 865	20 678	21 187	86	10 112	3 039	7 073	
					39	41 495	20 828	20 667	87	8 741	2 491	6 250	
					40	43 676	21 767	21 909	88	7 569	2 182	5 387	
					41	42 633	21 255	21 378	89	6 424	1 680	4 744	
					42	43 323	21 721	21 602	90	4 898	1 222	3 676	
					43	42 582	21 467	21 115	91	3 840	914	2 926	
					44	39 914	19 861	20 053	92	2 913	656	2 257	
					45	30 838	15 083	15 755	93	2 358	484	1 874	
					46	30 594	15 102	15 492	94	1 803	369	1 434	
					47	30 553	15 263	15 290	95 ou +	3 829	599	3 230	

- Il s'agit de l'âge atteint au cours de l'année 1990

- La date de référence du recensement étant le 5 mars 1990 (pour la Métropole) et le 15 mars 1990 (pour les DOM), l'âge "0" n'est pas complet : il ne comprend qu'une partie de la génération 1990.

91 - LANGUEDOC- ROUSSILLON

POP IDET - Population par sexe et âge

ÂGE AU 31/12/90	ENSEMBLE		HOMMES	FEMMES	ÂGE AU 31/12/90	ENSEMBLE	HOMMES	FEMMES	ÂGE AU 31/12/90	ENSEMBLE	HOMMES	FEMMES
		%										
TOTAL	2 116 015	100,0	1 024 216	1 091 799	0	4 688	2 407	2 281	48	21 410	10 575	10 835
Répartition par grands groupes d'âge					1	24 747	12 538	12 209	49	19 745	9 777	9 968
0-19	505 582	23,9	258 824	246 758	2	24 549	12 501	12 048	50	19 398	9 517	9 881
20-39	600 128	28,4	299 737	300 391	3	25 001	12 823	12 178	51	20 279	9 853	10 426
40-59	490 204	23,2	240 386	249 818	4	25 423	12 965	12 458	52	20 777	10 119	10 658
60-74	332 510	15,7	154 990	177 520	5	25 031	12 862	12 169	53	20 933	9 821	11 012
75 ou +	187 591	8,9	70 279	117 312	6	24 945	12 685	12 260	54	21 565	10 365	11 200
Répartition par âge quinquennal					7	24 866	12 722	12 144	55	22 172	10 602	11 570
0-4	104 408	4,9	53 234	51 174	8	26 437	13 443	12 994	56	23 204	11 225	11 979
5-9	128 255	6,1	65 613	62 642	9	26 976	13 901	13 075	57	23 500	11 267	12 233
10-14	128 890	6,1	66 022	62 868	10	27 639	14 177	13 462	58	24 866	11 873	12 993
15-19	144 029	6,8	73 955	70 074	11	26 017	13 252	12 765	59	24 911	11 815	13 096
20-24	155 516	7,3	78 556	76 960	12	25 247	12 861	12 386	60	26 492	12 652	13 840
25-29	147 021	6,9	73 245	73 776	13	25 339	13 063	12 276	61	25 433	12 199	13 234
30-34	147 422	7,0	72 895	74 527	14	24 648	12 669	11 979	62	25 836	12 376	13 460
35-39	150 169	7,1	75 041	75 128	15	25 488	13 070	12 418	63	24 708	11 667	13 041
40-44	155 743	7,4	77 990	77 753	16	27 033	13 923	13 110	64	25 508	12 000	13 508
45-49	112 856	5,3	55 839	57 017	17	29 077	14 973	14 104	65	25 677	12 075	13 602
50-54	102 952	4,9	49 775	53 177	18	30 679	15 744	14 935	66	24 731	11 467	13 264
55-59	118 653	5,6	56 782	61 871	19	31 752	16 245	15 507	67	24 541	11 338	13 203
60-64	127 977	6,0	60 894	67 083	20	32 008	16 356	15 652	68	24 706	11 326	13 380
65-69	125 778	5,9	58 167	67 611	21	31 744	16 077	15 667	69	26 123	11 961	14 162
70-74	78 755	3,7	35 929	42 826	22	30 938	15 668	15 270	70	26 572	12 275	14 297
75-79	79 281	3,7	33 325	45 956	23	30 513	15 338	15 180	71	16 060	7 415	8 645
80-84	60 199	2,8	22 668	37 531	24	30 308	15 117	15 191	72	13 899	6 336	7 563
85-89	33 665	1,6	10 811	22 854	25	30 927	15 186	14 841	73	11 863	5 227	6 636
90-94	11 616	0,5	2 967	8 649	26	29 944	15 009	14 935	74	10 361	4 676	5 685
95 ou +	2 830	0,1	508	2 322	27	29 484	14 517	14 967	75	13 068	5 783	7 285
					28	28 624	14 191	14 433	76	17 798	7 597	10 201
					29	28 942	14 342	14 600	77	17 232	7 130	10 102
					30	29 498	14 538	14 960	78	16 608	6 913	9 695
					31	29 668	14 595	15 073	79	14 575	5 902	8 673
					32	29 207	14 308	14 899	80	14 204	5 688	8 516
					33	29 529	14 793	14 736	81	13 087	5 005	8 082
					34	29 520	14 661	14 859	82	12 435	4 624	7 811
					35	29 445	14 659	14 786	83	10 549	3 827	6 722
					36	29 972	14 925	15 047	84	9 924	3 524	6 400
					37	29 949	15 014	14 935	85	8 908	2 997	5 911
					38	30 892	15 471	15 421	86	7 530	2 396	5 134
					39	29 911	14 972	14 939	87	6 547	2 145	4 402
					40	31 555	15 884	15 671	88	5 734	1 793	3 941
					41	31 313	15 720	15 593	89	4 946	1 480	3 466
					42	31 331	15 733	15 598	90	3 680	1 041	2 639
					43	31 384	15 491	15 903	91	2 842	748	2 094
					44	30 150	15 162	14 988	92	2 167	507	1 660
					45	24 019	11 780	12 239	93	1 639	365	1 274
					46	23 851	11 809	12 042	94	1 288	306	982
					47	23 831	11 898	11 933	95 ou +	2 830	508	2 322

- Il s'agit de l'âge atteint au cours de l'année 1990

- La date de référence du recensement étant le 5 mars 1990 (pour la Métropole) et le 15 mars 1990 (pour les DOM), l'âge "0" n'est pas complet : il ne comprend qu'une partie de la génération 1990.

ANNEXE 2 : taux d'augmentation de la population dans le pays Basque et les Landes

TAUX D'AUGMENTATION DE LA POPULATION

(POPULATION PERMANENTE / POPULATION SAISONNIERE)

VILLE	POPULATION RESIDENTE	POPULATION SAISONNIERE	TAUX D'AUGMENTATION
<u>COTE BASQUE</u>			
ANGLET	30 364	47 000	X 1.5
BAYONNE	42 970	64 400	X 1.5
BIARRITZ	26 579	106 000	X 4
BIDART	3 003	18 000	X 6
GUETHAY	1 042	7 000	X 7
HENDAYE	11 112	50 000	X 4.5
St JEAN DE LUZ	12 705	43 000	X 3.4
<u>INTERIEUR</u>			
ASCAIN	2 159	10 000	X 4.7
CAMBO-LES-BAINS	4 018	6 000	X 1.5
ESPELETTE	1 411	2 000	X 1.4
HASPARREN	5 611	6 400	X 1.15
St ETIENNE DE BAIGORRY	1 691	3 400	X 2
St PEE SUR NIVELLE	3 056	14 000	X 4.5
SARRE	1 930	3 000	X 1.6
MAULEON	4 099	4 900	X 1.2
St JEAN PIED DE PORT	1 563	15 000	X 10
St PALAIS	2 097	3 100	X 1.5
TARDETS	3 647	7 000	X 2
<u>LANDES</u>			
LABENNE	2 130	14 000	X 6.5
CAPBRETON	5 200	60 000	X 11.5
HOSSEGOR	2 570	30 000	X 11.5
SEIGNOSSE	1 410	40 000	X 28.5

ANNEXE 3 : lits actifs d'hospitalisation

SECTEUR 4 - LANDES -

Disciplines	MEDECINE		CHIRURGIE		NEURO	GYNECOLOGIE-OBSTET.		TOTAL
	TOTAL	Dr ALTER.H.C.	TOTAL	Dr ALTER.H.C.	CHIRURGIE	TOTAL	Dr ALTER.H.C.	M.C.O.
<u>Publics</u>								
CH. MONT DE MARSAN	194		130			46		370
CHG. DE DAX	186	11	91	6		38		315
HOP. SAINT SEVER	15							15
sous-total public	395	11	221	6		84		700
<u>Privés</u>								
Polycl. LES CHENES à AIRE/ADOUR	23	1	35	2		15		73
CL. des LANDES à MT DE MARSAN	1	1	75	5		10		86
CL. de la CROIX BL. à MT DE MARS.			13	2				13
CL. des REMPARTS à MT DE MARS.			7	2				7
Polycl. ST VINCENT à DAX	5		55	4		5		65
CL. JEAN LE BON à DAX	5		28	8				33
CLINIQUE MAYLIS à NAROSSE	14							14
SANTE-SERVICE DAX	20	20						20
sous-total privé	68	22	213	23		30		311
TOTAL SECTEUR	463	33	434	29		114		1 011

SECTEUR 6 - BERN - HAUTE SOULE -

Disciplines	MEDECINE		CHIRURGIE		NEURO	GYNECOLOGIE-OBSTET.		TOTAL
	TOTAL	Dr ALTER.H.C.	TOTAL	Dr ALTER.H.C.	CHIRURGIE	TOTAL	Dr ALTER.H.C.	M.C.O.
<u>Publics</u>								
CH PAU	344	32	150	10		35		529
CH.OLORON	64		45			14		123
CH ORTHEZ	90		34			16		140
HL MAULEON	5							5
sous-total public	503	32	229			65		797
<u>Privés</u>								
Clinique TRESPOEY à PAU	62	2						62
Clinique MARZET à PAU	14	4	119	7				133
Cliniq.ECOT GAUCHER à PAU	4		64	4				68
Clinique PASTEUR à PAU	18		60	10				78
Polycl.OLCOMENDY à OLORON	16	1	62	2		15		93
Clinique LARRIEU à PAU			73					73
Clinique LABAT à ORTHEZ	1	1	58	2				59
Clinique Les CIGOGNES à PAU	2					40		42
Clinique LAGRANGE à PAU	5					38		43
Clinique PRINCESS à PAU	29							29
Clinique LE CHATEAU à ARESSY	100	2						100
S.M.Les EAUX CHAUDES à LARUNS	40							40
Clinique LAFITTE à MONEIN	15							15
Hopital ST.ANTOINE à TARDETS-S.	10							10
sous-total privé	316	10	436	25		93		845
TOTAL SECTEUR	819	42	665	25		158		1 642

SECTEUR 7 - PAYS BASQUE - Sud-Ouest des LANDES -

Etablissements	Disciplines	MEDECINE		CHIRURGIE *		NEURO	GYNECOLOGIE-OBSTET.		TOTAL M.C.O.
		TOTAL	Dt ALTER.H.C.	TOTAL	Dt ALTER.H.C.	CHIRURGIE	TOTAL	Dt ALTER.H.C.	
<u>Publics</u>									
	CHInt. COTE BASQUE	359	23	100		20	40		519
<u>Privés</u>									
	Clinique DELAY à BAYONNE	10		25	2				35
	Cl.Médicale PAULMY à BAYONNE	28							28
	Cliniq.CH.PAULMY à BAYONNE			42					42
	Clinique LAFARGUE à BAYONNE	17	1	49	4		29		95
	Clinique LAFOURCADE à BAYONNE	26	1	84	11		37		147
	Clinique St ETIENNE à BAYONNE	12	1	108	5				120
	Polyclinique AGUILERA à BIARRITZ	83	2	101	7		8		192
	Cent.CHIR.OCC.ST JEAN -de-LUZ			2	2				2
	Clin.ST JEAN de LUZ	4	2	55	5				59
	Fondation LURO à ISPOURE	10		25					35
	C.M.C. SOKORRI à ST-PALAIS	23	1	42	2		10		75
	Cent.Medic. BEAULIEU à CAMBO	137							137
	Clinique TOKI EDER à CAMBO	7							7
	SANTE SERVICE BAYONNE	50	50						50
	sous-total privé	407	58	533	38		84		1 024
TOTAL SECTEUR		766	81	633	38	20	124		1 543

BIBLIOGRAPHIE

1 - WATTEL F.

Introduction. In : Oxygénothérapie Hyperbare et Réanimation, Eds, Masson, Paris, 1990, 1-3.

2 - BERT P.

La pression barométrique. In : recherche de physiologie expérimentale, Eds, Masson, Paris, 1878.

3 - BRUMMELKAMP W. H., HOGENDJICK J., BOERMA I.

Treatment of anaerobic infections (clostridial myositis) by drenching the tissues with oxygen under high atmospheric pressure, *Surgery*, 49 : 291-302, 1961.

4 - DAVIS J. C., HUNT T. K.

Hyperbaric oxygen therapy. In : A committee report, Undersea Medical Society, Bethesda, Meriland, 1977.

5 - WATTEL F., MATHIEU D.

Rapports de recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 1994.

6 - PERRET C.

Recommandation du jury, *Bull. Méd. Sub. et Hyp.*, 4 (suppl.) : 89, 1994.

7 - MATHIEU D.

Base physiologique et physique de l'OHB. In : Oxygénothérapie Hyperbare et Réanimation, Eds, Masson, Paris, 1990, 5-8.

8 - FEISS P., GAY R.

Le Transport de l'Oxygène. Ann. Anesthésie Franç., XV, 8 : 23-32, 1974 .

9 - LAMBERTSEN C. J., KOUGE R. H., COOPER D. Y., EMMAL A. L.,
LOESCHICKE H. H., SCHMIDT C. F.

Oxygen Toxicity : effects in man of oxygen inhalation at 1 and 3,5
atmospheres upon blood gaz transport ., J. Appl. Physiol., 5 : 471-486, 1953.

10 - BAUER Ph., LARCAN A., BROUSSOLLE B.

Effet Cardio-respiratoire de l'Oxygène Hyperbare. In : Oxygénothérapie
Hyperbare et Réanimation, Eds, Masson, Paris,1990, 8-15.

11 - COGET J. M., WATTEL F., MATHIEU D., MILLIEN J. P.

Utilisation de l'Oxygène Hyperbare dans l'Ischémie Critique des membres.
Rapports introductifs, textes des experts, Première Conférence Européenne de
Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 186-188, 1994.

12 - CHAVATTE P., ROMOND C.

Effet sur les micro-organismes bactériens. In : Oxygénothérapie Hyperbare et
Réanimation, Eds, Masson, Paris,1990 , 15-22.

13 - MATHIEU D., WATTEL F.

Oxygénothérapie Hyperbare. In : Technique en réanimation, Eds, Masson,
Paris, 1989,355 -376.

14 - VAN UNNIK A. J. M.

Inhibition of toxin production in *Clostridium perfringens* in vitro by
hyperbaric oxygen, Antonie VAN LEEUWENHOEK, 31 : 181-186, 1965.

15 - MADER J.T., ADAMS K. R., SUTTON T. E.

Infections diseases : pathophysiology and mechanisms of hyperbaric oxygen.
J. Hyperbaric Med., 2 : 133-140., 1987.

- 16 - THOM S.R., CAVERMANN M.V., HART G.B.
Intermittent hyperbaric oxygen therapy for reduction of mortality in experimental polymicrobial sepsis. *J. Infect. Dis.*, 154 : 504-510., 1986.
-
- 17 - KNIGHTON D.R., HALLIDAY B., HUNT T.K.
Oxygen as an antibiotic. A comparison of inspired oxygen concentration and antibiotic administration on in vivo bacterial clearance. *Arch. Surg.*, 121 : 191-195, 1986.
- 18 - MATHIEU D., WATTEL F., NEVIERE R.
Effet sur les phénomènes de réparation conjonctive et osseuse. In : *Oxygénothérapie Hyperbare et Réanimation*, Eds, Masson, Paris, 1990, 32-43.
- 19 - MEHN W.J., PIMSLER M., BECKER R.L., LISSNER C.R.
Effect of oxygen on in vitro fibroblast cell proliferation and collagen biosynthesis., *J. Hyperbaric Med.*, 3 : 227-234, 1988.
- 20 - NEMIROFF P.M., MERWIN G.E., BRANT T., CASSINI N. J.
Effect of hyperbaric oxygen and irradiation on experimental skin flaps in rats., *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 93 : 485-491, 1985.
- 21 - HALDAN J.
The relation of the action of carbonic oxide to oxygen tension., *J. Physiol.*, 18 : 201, 1895.
- 22 - SMITH D.J., FRANCIS T. J.R., TEHYBRIDGE R.J., WRIGHT J.M., SYKES J.J.W.
An evolution of the classification of decompression disorders. *Undersea and Hyperbaric Medicine*, 20 (suppl.) : 17, 1993.
- 23 - BRUBAKK A.
Decompression illness, what we do know, what we don't know ?. Rapports introductifs, textes des experts, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 1-13, 1994.

24 - MELIET J.L.

Conduite à tenir devant un accident récent sur le lieu de plongée. In : Oxygénothérapie Hyperbare et Réanimation, Eds, Masson, Paris, 1990,49-52.

25 - BOUSSUGES A., BERGMANN E., GHIGO E., MITJAVILE N., BARTHELEMY A., SAINTY J.M.

Evaluation d'un protocole d'oxygénothérapie hyperbare à 2 ATA en O₂ pur dans le traitement des accidents neurologiques de décompression., Bull. Med. Sub. Hyp., 3 (n°2) : 49-57, 1993.

26 - NEVIERE R., MATHIEU D., MATHIEU-NOLF M., DURAK C., TEMPE J.P., BOUACHOUR G., SAINTY J.M., GRANDJEAN B., WATTEL F.

Intoxication par le monoxyde de carbone. Rapports introductifs, textes des experts, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 91-98,1994.

27 - THOM S. R., TABER R.L., MENDIGUREN I.

Delayed neuropsychiatric sequelae following CO poisoning and the role of treatment with 100% O₂ or hyperbaric oxygen. A prospective, randomized clinical study. Undersea biomed. Res., 19 (suppl.) : 47, 1992.

28 - BOUSSUGES A., BRGMANN E., BLANC P., BARTHELEMY A., SAINTY J.M.

Embolies gazeuses iatrogènes : éléments de pronostic., Bull. Med. Sub. Hyp., 4 (suppl.) : 63-70, 1994.

29 - DUCASSE J.L.

Indications de l'oxygénothérapie hyperbare en urgence et réanimation. Rapport introductif. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 30-38, 1994.

30 - DUCASSE J.L., CATHALA B.

L'oxygène hyperbare dans le traitement de l'embolie gazeuse cérébrale. Rev. Med. Toulouse, 1 : 179-185, 1983.

31 - ORIANI G.

Indication de l'oxygénothérapie hyperbare en urgence et réanimation. Rapport de synthèse. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 39-48, 1994.

32 - BAKKER D.J.

Pure and mixed aerobic and anaerobic soft tissue infections. Hyp.Oxy. Rev., 6 : 65-96, 1985.

33 - ORIANI G.

Indication de l'oxygénothérapie hyperbare en urgence et réanimation. Rapport de synthèse. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 43, 1994.

34 - ZAMBONI W.A., ROTH A.C., RUSSEL R.C., GRAHAM B., SUCHY H., KUCAN J.O.

Morphological analysis of the microcirculation during reperfusion of ischaemic skeletal muscle and effect of hyperbaric oxygen. Plast. Reconstr. Surg., 91 : 1110-1123, 1993.

35 - MATHIEU D., NEUVIERE R., PELLERIN P., PATENORE P., WATTEL F.

Medical musculo-cutaneous flap transplantation prediction of final outcome by transcutaneous oxygen measurement in hyperbaric oxygen., Plast. Reconstr. Surg., 91 : 329, 1993.

36 - ORIANI G., MIANI S.

Isckemia reperfusion injury : indications and role of hyperbaric oxygen therapy. Rapports introductifs, textes des experts, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 131-136,1994.

37 - DUCASSE J.L.

Oxygène hyperbare et cerveau : action de l'O.H.B. sur l'hémodynamique et le métabolisme cérébral. Médecine Hyperbare, Eds, Masson, Paris, 1991 : 53-60.

- 38 - KAPP J.P., PHILLIPS M., MARKOV A., SMITH R.R.
Hyperbaric oxygen after circulatory arrest : modification of postischemic encephalopathy. *Neurosurgery*, 11 : 496-499, 1982.
- 39 - CIANCI P., LUEDERS H.W., LEE H., SHAPIRO R.L., SEXTON J., WILLIAMS C., SATOR R.,
Adjunctive hyperbaric oxygen therapy reduces length of hospitalisation in thermal burns., *J.burn. care. rehabil.*, 10 : 432-435, 1989.
- 40 - DUCASSE J.L.
Indication de l'oxygénothérapie en urgence et réanimation. Rapports introductifs, textes des experts, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 73, 1994.
- 41- ORIANI G., MIANI S.
Hyperbaric oxygen activity on visual and auditory function. III international course on anesthesia and intensive care. *Alimini.*, 1 : 145-155, 1994.
- 42- MIINIKOSKI J.
Indication de l'oxygénothérapie dans les affections chroniques. Rapport introductif. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 50-59, 1994.
- 43 - MIINIKOSKI J.
Effect of oxygen supply on wound healing and formation of experimental granulation tissue. *Acta. physiol. Scand.*, 334 (suppl.) : 1, 1969.
- 44 - MARX R.E., EHELERS W. J., TAYPONGSAK P., PIERCE L.W.
Relationship of oxygen dose to angiogenesis induction in irradiated tissue. *Am. J. Surg.*, 160 : 519-524, 1990.

45 - BOUACHOUR G.

Bases physiopathologiques de l'indication de l'oxygénothérapie hyperbare dans les radionécroses des tissus mous. Rapport introductif. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 196-204, 1994.

46 - MARX R.E.

Radiation injury to tissue. Hyperbaric Medecine Practice, Best Publ. Flagstaff, Ar., 447-504, 1994.

47 - GIUFFRIDA G.F., ORIANI G.

Indication for hyperbaric oxygen therapy in the treatment of chronique obstructive arterial diseases. Rapport introductif. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 177-185, 1994.

48 - BAKKER D.J., MIINIKOSKI J.

Indication de l'oxygénothérapie hyperbare dans les affections chroniques. Rapport de synthèse. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 66, 1994.

49 - NEMIROFF P.M.

Hyperbaric oxygen in skin grafts and flaps. Hyperbaric Medecine Practice. Best. Publ. Flagstaff, Ar., 565-579, 1994.

50 - NEVIERE R.

Oxygénothérapie hyperbare et lambeaux pédiculés, Thèse, Lille, 1989.

51 - POISOT D.

Accidents barotraumatiques en caisson hyperbare. In : Oxygénothérapie hyperbare et réanimation, Eds, Masson, Paris, 1990, 216-223.

52 - OHRESSER Ph., WATTEL F., MATHIEU D. BERGMANN E.

Réanimation en chambre hyperbare, danger des séances et prévention. In : Oxygénothérapie Hyperbare et Réanimation, Eds, Masson, Paris, 1990, 248-250.

53 - Ministère du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle.

Décret n° 90-277 du 28 Mars 1990 relatif à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare, titre VII : surveillance médicale du personnel. Journal officiel du 29 mars 1990.

54 - SMITH J. L.

The pathological effects due to increase of oxygen tension in the air breathed. J.Physiol., 24 : 19-35, 1899.

55 - BROUSOLE B.

Toxicité pulmonaire de l'oxygène hyperbare. In : Oxygénothérapie Hyperbare et Réanimation, Eds, Masson, Paris, 1990, 235.

56 - BARTHELEMY L., MICHAUD A.

Traitement par l'oxygène hyperbare des insuffisances foeto-placentaires (principes, indications et méthodes). Bull. Med. Sub. Hyp., 3 : 19-39, 1993.

57 - OHRESSER Ph., BERGMANN E.

Indications et contre-indications de l'O.H.B.. In : Médecine hyperbare, Eds, Masson, Paris, 1991, 24-28.

58 - PELAIA P.

Oxygénothérapie, matériel et sécurité. Rapport de synthèse. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 90-96, 1994.

59 - INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES.

Recensement générale de la population 1990.

60 - INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES.

Recensement générale de la population 1990.

Population légale : Pyrénées Atlantiques, 64-1, tableau 2.

61 - INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES.

Recensement générale de la population 1990.

Population légale : Landes, 40-1, tableau 2.

62 - DIRECTION REGIONALE DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES D'AQUITAINE.

Le schéma régional d'organisation sanitaire d'Aquitaine.

Bordeaux. 1994.

63 - MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE ET DE LA SECURITE SOCIALE.

Décret n° 73-296 du 9 novembre 1973.

64 - DIRECTION REGIONALE DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES D'AQUITAINE.

Le schéma régional d'organisation sanitaire d'Aquitaine.

Bordeaux. 1994, 176-18.

65 - MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE ET DE LA SECURITE SOCIALE.

Décret n° 73-296 du 9 novembre 1973.

66 - MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE ET DE LA SECURITE SOCIALE.

Décret n° 72-1068 du 30 novembre 1972.

67 - MINISTERE DES AFFAIRES SOCIALES, DE LA SANTE ET DE LA VILLE.

La réforme hospitalière, décret n° 91-1410 du 31 décembre 1991. Chapitre 2, section 1, article R 712-2.

- 68 - MINISTERE DES AFFAIRES SOCIALES, DE LA SANTE ET DE LA VILLE.
La réforme hospitalière, loi n° 91-748 du 31 juillet 1991. Titre 1er, Chapitre 2, section 2, article L 712-19.
- 69 - MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE ET DE LA SECURITE SOCIALE
Circulaire 287 du 19 août 1973.
- 70 - MINISTERE DES AFFAIRES SOCIALES, DE LA SANTE ET DE LA VILLE.
La réforme hospitalière, loi n° 91-748 du 31 juillet 1991, modifiée par la loi n° 94-43 du 18 janvier 1994, article L 712-8.
- 71 - CHARBONNEAU P.
Direction générale de la santé. Lettre DGS-1215-PR1 du 10 novembre 1972.
- 72 - DIRECTION REGIONAL DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES
D'AQUITAINE.
Le schéma régional d'organisation sanitaire d'Aquitaine.
Bordeaux. 1994, 2-4.
- 73 - MELIET J. L., MACCHI J. p.,
Normalisation des caissons hyperbares. Rapport introductif. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 231-242, 1994.
- 74 - DESOLA J., ELLIOTT D.
Personnel education and training policies. Rapport de synthèse. Rapports et recommandations, Première Conférence Européenne de Consensus sur la Médecine Hyperbare, Lille, 97-112, 1994.

TABLE DES MATIERES

<u>LISTE DU CORPS ENSEIGNANT DE LA FACULTE</u>	1
<u>DEDICACES</u>	3
<u>PLAN</u>	7
<u>INTRODUCTION</u>	10
<u>DEFINITION</u>	12
<u>RAPPEL HISTORIQUE</u>	14
<u>BASES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DE L'O.H.B.</u>	17
<u>INDICATIONS ET PROTOCOLES THERAPEUTIQUES</u>	29
<u>INCIDENTS ET ACCIDENTS DE L'O.H.B.</u>	52
<u>REFLEXION SUR L'INTERET D'UN CAISSON EN PAYS BASQUE</u>	62
<u>REFLEXION DE L'ACTIVITE D'UN CAISSON EN PAYS BASQUE</u>	72
<u>CHOIX DU CAISSON "IDEAL", MATERIEL ET SECURITE</u>	81
<u>CONCLUSION</u>	98
<u>ANNEXES</u>	100
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	109
<u>TABLE DES MATIERES</u>	119
<u>SERMENT D'HIPPOCRATE</u>	120

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Reconnaissant envers mes maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères et s'ils devaient entreprendre la Médecine ou recourir à mes soins, je les instruirai et les soignerai sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné à jamais de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole, et que je me parjure, puissè-je avoir un sort contraire.

BON À IMPRIMER N° 34

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et PERMIS D'IMPRIMER
LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ

Résumé :

Les indications de l'O.H.B. reconnues regroupent :

- les pathologies chroniques, pour lesquelles l'intérêt des hautes pressions d'oxygène est actuellement fondé sur leur rôle de thérapie d'appoint dans la réparation tissulaire, en cas d'altération due à une déficience de l'oxygénation ;

- les pathologies urgentes, dont la rapidité de mise en pression est le principal facteur pronostic, et réduit ainsi le risque de complications ou de séquelles secondaires.

Il apparaît que la région Aquitaine souffre d'un déficit de couverture en caisson hyperbare, plus particulièrement en son pôle sud, qui compte 890 000 habitants.

Un bilan d'activité prévisionnel d'une éventuelle chambre, au sein de cette région, permet de définir un caisson «idéal». Sa taille permettrait de recevoir six sièges pour les indications chroniques, rapidement transformables en deux couchettes pour les patients nécessitant des soins de réanimation.

Mots-clés :

Oxygénothérapie
Caisson hyperbare