

# Brûlures

Revue Française de Brûlologie

**Éditorial** 123

*A. Le Touze*

**Tables Rondes du Congrès 2012**

« Chirurgie : les couvertures définitives » 124

« Réanimation : le poumon du brûlé » 133

**Ventilation percussive  
à haute fréquence chez le brûlé.  
Pourquoi ? Comment ?** 136

*F. Ravat, D. Jaudoin, H. Bruel, C. Ponthus,  
E. Chung, JC. Poupelin, J. Payre*

**Article original**

**La réparation du préjudice corporel  
subi par une victime** 147

*V. Nakache, B. Perez*

**Notice nécrologique** 150

**Simone Teich Alasia**

**Index** 151



# Éditorial

## Brûlures

Revue Française  
de Brûlologie

### Composition, impression

Techni Média Services  
B.P. 225  
85602 Montaigu Cedex  
Tél. 02 51 46 48 48  
Fax : 02 51 46 48 50  
edition@technimediaseservices.fr  
www.technimediaseservices.fr

### Comité de rédaction

Rédacteur en chef  
Serge BAUX

Rédacteur en chef adjoint  
Marc CHAOUAT

Secrétaire de rédaction  
Jacqueline CHARRÉ

#### Membres

Christine DHENNIN  
Françoise LEBRETON  
Jacques LатарJET  
Ronan LE FLOCH  
Jocelyne MAGNE  
François RAVAT  
(responsable du site web)  
Claude ROQUES  
Marie-Françoise TROMEL

### Comité de lecture

(composition provisoire)

Laurent BARGUES  
Marc BERTIN-MAGHIT  
Sandrine CALVO-RONCIER  
Vincent CASOLI  
Michel MELEY  
Anne LE TOUZE  
Jean-Baptiste DAIJARDIN  
Geneviève GOUDET-LUNEL  
Yves-Noël MARDUEL  
Jean-Michel ROCHET  
Hauviette DESCAMPS  
Jean-Marie SONNECK  
Anny-Claude LOUF  
Monique STEPHANT

revue-brulures@orange.fr

www.brulure.org

Le fonctionnement des centres de brûlés est actuellement difficile sur le plan financier en raison de la tarification à l'acte, difficile sur le plan humain en raison de la démographie médicale, et modifié par la réorganisation territoriale qui regroupe des unités, faisant au passage disparaître quelques lits...

La prise en charge des enfants brûlés n'échappe pas à ces difficultés.

Un enfant brûlé est-il d'abord un brûlé ou d'abord un enfant ? Il est les deux à la fois, très certainement et sa prise en charge doit répondre à la fois aux exigences techniques et spécifiques des traitements actuels des brûlures mais aussi prendre en considération les spécificités pédiatriques tant sur le plan somatique que sur le plan psychologique. 40% des patients hospitalisés pour brûlure sont des enfants et 30% des hospitalisations pour brûlures concernent des enfants de moins de 4 ans. Il est donc légitime de se poser la question de l'organisation de leur prise en charge.

La plupart des enfants brûlés sont des victimes d'accidents domestiques par ébouillement notamment pour les moins de 4 ans : ce sont des brûlures souvent sur moins de 30% de la surface corporelle et de 2<sup>nd</sup> degré intermédiaire à profond. Ce ne sont pas, au sens du PMSI, des brûlures graves. Néanmoins, ces brûlures peuvent avoir des conséquences fonctionnelles et sur la croissance si elles ne sont pas prises en charge selon les recommandations de la SFETB.

Les brûlés graves (2,8% des enfants brûlés) relèvent d'une prise en charge en centre de brûlés. Plus ces patients sont jeunes, plus il va falloir trouver une structure avec environnement pédiatrique. Une trentaine de lits est répertoriée au sein d'unités pédiatriques de traitement des brûlures en France métropolitaine, unités de structure et de fonctionnement aussi variées qu'il y a de centres. Sept centres de brûlés ainsi que les trois centres des DOM-TOM acceptent les enfants, le plus souvent au-delà de 2-3 ans ou au-dessus d'un certain poids. En effet, les nourrissons posent des problèmes très spécifiques tant en ce qui concerne la réanimation, la nutrition mais aussi la cicatrisation et le potentiel de croissance. Pour les enfants plus grands, la prise en charge se rapproche de celle des adultes, même si on pourrait souhaiter un environnement pédiatrique (présence des parents sans limitation horaire, divertissements, scolarisation si l'état de l'enfant le permet). Actuellement la plupart des enfants présentant des brûlures graves sont dirigés sur des centres de brûlés.

Tous les autres enfants brûlés sont actuellement pris en charge en hospitalisation de façon très diverse : certains par les centres de brûlés et bénéficient alors de toute la

chaîne de soins, d'autres sont pris en charge dans des services de chirurgie pédiatrique avec ou sans chirurgien à compétence de chirurgie plastique, d'autres enfin sont hospitalisés en pédiatrie et greffés par des chirurgiens orthopédistes.

Enfin, un nombre de brûlures peu étendues, notamment les brûlures de la main des petits, sont parfois traitées en externe, confiées à des infirmières libérales bien démunies devant ces pansements difficiles à réaliser tant sur le plan technique que sur le plan de la douleur et qui entraînent plusieurs semaines avant d'arriver à avoir un avis compétent... quand ce n'est pas déjà au stade de séquelles.

Bon nombre de ces brûlures ne justifiant pas d'une prise en charge de réanimation pourrait bénéficier d'avis en centre de brûlés, de soins délocalisés en milieu pédiatrique avec contrôle régulier et gestes chirurgicaux en ambulatoire ou en hospitalisation très courte dans le « centre de compétence ». Il convient donc de développer la prise en charge en réseau de soins ce qui permettrait à ces enfants de bénéficier des soins techniques spécialisés et de conditions d'hospitalisation plus pédiatriques et plus proche de leurs parents.

Pour ce qui est des soins d'aval, un certain nombre de centres de soins de suites et de rééducation pédiatriques dispose de lits pour la prise en charge des brûlés après la phase aigüe, répartis sur le territoire de façon à peu près homogène. Cependant le nombre de lits reste insuffisant si tous les patients à risque fonctionnel devaient y séjourner. Des places d'hôpital de jour permettent la prise en charge de certains patients : confection d'appareillage de posture, bilans fonctionnels... Là encore le travail en collaboration étroite avec le secteur libéral s'avère nécessaire.

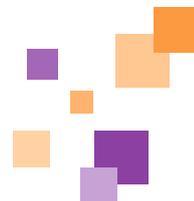
Quant aux soins thermaux, ils nécessitent la présence des parents en l'absence de centre d'hébergement pour enfants et adolescents. Souvent, l'organisation matérielle est difficile pour les familles (Allocation de présence parentale, MDPH,...) Cela est en cours d'évolution à La Roche Posay grâce à l'association « A sa vie ».

A l'heure où les SIOS sont revus, il faut prendre soin de développer le travail en réseau et d'identifier des centres « labellisés » travaillant en étroite collaboration avec les centres de brûlés pour la prise en charge des enfants brûlés ne relevant pas nécessairement d'une hospitalisation prolongée en centre de brûlés mais nécessitant cependant des soins spécialisés de qualité pour leur permettre une croissance normale sans séquelle fonctionnelle.



Anne LE TOUZE

## Table Ronde du 32<sup>e</sup> Congrès de la S.F.E.T.B. : « Chirurgie : les couvertures définitives »



La table ronde chirurgicale du 32<sup>e</sup> congrès de la SFETB portant sur la couverture des brûlures au stade aigu en dehors des autogreffes a été divisée en deux parties : la première, le mercredi 13 juin, a traité des couvertures temporaires et les résumés des interventions sont parus dans le numéro 3 du volume XIII de la revue. Ce sont les résumés de la seconde partie (jeudi 14 juin) modérée par A. Le Touze et J.-P. Comparin, portant sur les couvertures définitives qui suivent.

La séance a commencé par une controverse sur l'utilisation des dermes artificiels à la phase aiguë, **P. Duhamel** (Percy) présentant les arguments pour et **M. Chaouat** (St-Louis) les réserves sur leur usage. Les deux auteurs ont bien voulu résumer leurs interventions.

### Texte de P. Duhamel :

Les dermes artificiels (D.A.), en un ou deux temps opératoires, ont révolutionné la prise en charge et l'avenir fonctionnel des brûlures profondes des mains après une excision adaptée, mais également la stratégie de prise en charge et de couverture des grands brûlés.

Les DA ont actuellement deux grandes indications :

- la restauration d'un néo derme, en particulier pour les zones fonctionnelles (mains, face, mais aussi coudes, genoux...). La qualité des résultats fonctionnels obtenus est indéniable – nous avons tous pu le constater, en particulier nos confrères rééducateurs – sous réserve d'indications bien sélectionnées, limitées aux brûlures profondes avec destruction du derme+++.
- les DA prennent également une place centrale dans la stratégie d'excision greffe précoce en facilitant la gestion et l'optimisation des sites donneurs de greffes de peau mince pour les très grands brûlés (schéma 1).

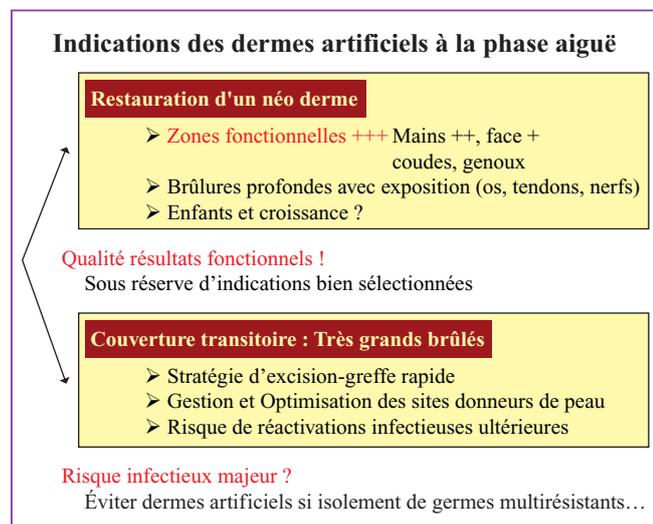


Schéma 1 : Indications des dermes artificiels à la phase aiguë.

Cette stratégie d'EGP a démontré son efficacité en termes de survie, limitation du risque infectieux, mais également d'épargne sanguine. Néanmoins, beaucoup reprochent aux DA leur coût et un risque infectieux très élevé. Certes, il faut si possible éviter l'utilisation de DA lorsque des germes multirésistants ont été isolés au niveau du site opératoire. Néanmoins, le risque infectieux chez les patients brûlés n'est pas lié à l'utilisation des dermes mais étroitement corrélé à la surface corporelle brûlée, à la durée de séjour hospitalier et à des procédures invasives type cathéter central.

Deux types de dermes artificiels sont actuellement à notre disposition (figure 1) : DA en un ou deux temps. Ils peuvent être utilisés seuls ou associés à une TPN (thérapie par pression négative) permettant d'accélérer la maturation de la matrice pour les DA en deux temps et en fiabilisant la greffe à l'image d'un bourdonnet pour les DA en un seul temps opératoire.

### 2 Types de dermes artificiels

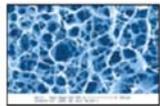
**2 Temps**  
**Integra® :**

- 1<sup>er</sup> derme artificiel : Yannas and Burke 1986
- matrice dermique double couche à base de collagène avec film silicone
- 2 temps opératoires
- couverture transitoire, gestion des sites donneurs...



**1 Temps**  
**Matriderm® :**

- matrice de 1 mm d'épaisseur (collagène bovin type I, III, V) avec fibres d'élastine
- structure tridimensionnelle poreuse (pore sizes ~100 µm)
- 1 seul temps opératoire,
- SSI pas de problème de disponibilité en SD de GPM



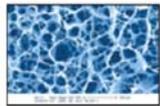



Figure 1 : Présentation des deux types de dermes artificiels.

Quoi qu'il en soit, les DA ont des avantages : couverture transitoire, gestion et optimisation des sites donneurs chez les très grands brûlés, restauration d'un néo derme (aspect cosmétique et fonctionnel), limitation des phénomènes de rétraction, mais aussi des inconvénients : coût, risque infectieux, peu ou pas d'études comparatives par rapport à des greffes de peau mince.

### Pour ce qui est de leur utilisation à la main, quelles sont les indications ?

Les deux grandes catégories de dermes artificiels disponibles ont été rappelées : l'Integra® est un derme artificiel à base de collagène bovin recouvert d'une feuille de silicone qui joue un rôle d'épiderme transitoire. Il est habituellement utilisé en deux temps opératoires. Un délai de trois semaines est



classiquement recommandé avant réalisation d'une greffe de peau mince (une forme single layer est actuellement disponible mais n'a pas été utilisée par les auteurs).

Le Matriderm® est une matrice de 1 mm d'épaisseur associant collagène bovin et fibres d'élastine, permettant une reconstruction en un seul temps opératoire.

La TPN a démontré son intérêt pour réduire le délai de maturation de l'Integra® avec une greffe possible dès le 12<sup>e</sup> jour, avec une seule réfection de la thérapie par pression négative entre J0 et J12.

Les dermes artificiels sont à réserver aux brûlures profondes avec destruction du derme, plus ou moins associées à une atteinte des structures sous-jacentes (os, tendons dans le cadre d'expositions limitées en terme de surface, sur le principe du pont cutané...). Dans tous les cas, il faut garder le maximum de longueur et disposer d'un sous-sol bien vascularisé. Dans le cas contraire, l'indication est celle d'une couverture par lambeau ou de savoir attendre un sous-sol greffable (intérêt de la TPN).

Les auteurs ont présenté, avec un recul de trois ans, les résultats d'une étude comparative intra individuelle concernant la prise en charge au stade aigu des brûlures profondes des mains par derme artificiel. Il s'agissait de deux patients présentant de façon similaire des brûlures profondes des deux mains, survenues dans un cadre accidentel d'explosion de gaz en espace clos.

L'excision des brûlures avait été effectuée à une semaine post brûlure, avec utilisation de Matriderm® pour la main droite associée à une greffe de peau mince réalisée dans le même temps opératoire, et la matrice dermique Integra® (mesh graft par 1) utilisée pour la main gauche, associée à une thérapie par pression négative (VAC®). La TPN avait été maintenue pendant une durée de douze jours avec une P° continue de -75 mm Hg avec seulement un changement de mousse de polyuréthane à une semaine suivi à J12 par la réalisation d'une greffe de peau mince (mesh graft par 1), prélevée en zones saines, indemnes de prélèvement (deux temps opératoires).

Les résultats cliniques et histologiques ont été évalués de façon comparative entre les deux stratégies.

Il n'y a pas de différence significative entre les deux procédures en terme de prise de greffe.

L'Integra® et le Matriderm® permettent une restauration dermo-épidermique de bonne qualité favorable à la réhabilitation fonctionnelle des mains gravement brûlées.

Les résultats à long terme démontrent une restauration à fois sur le plan fonctionnel mais aussi cosmétique.

Il n'y a pas de différence en termes de mobilité des mains et des poignets. Une excellente pliability cutanée est notée des deux côtés. On note seulement une légère différence de pigmentation et de vascularisation entre les deux procédures avec une résolution des phénomènes inflammatoires plus rapide avec le Matriderm® qu'avec l'Integra®.

L'évaluation histologique a permis de constater la formation d'un néo derme en tout point comparable au derme natif pour chacune des deux procédures, avec en particulier restitution d'une ligne de crête dermo-épidermique, témoin d'une bonne maturation de la jonction derme épiderme.

Ainsi, après mise en place de la greffe de peau mince, on observe une colonisation progressive de la matrice du derme artificiel avec d'intenses phénomènes inflammatoires. La matrice dermique est progressivement résorbée, laissant place à une restauration quasi complète sous forme d'un néo derme.

Au total, l'épaisseur de l'épiderme, la maturation de la membrane basale, la ligne de crête et la maturation de la MEC sont similaires entre les deux procédures.

L'équipe de l'HIA Percy confirme ainsi les résultats d'autres études qui démontrent que les DA sont à l'origine d'une restauration dermique de qualité.

**Les dermes artificiels présentent un intérêt pour la couverture des autres zones fonctionnelles comme dans le cas des genoux ou des coudes, zones fonctionnelles par essence (schéma 2).**

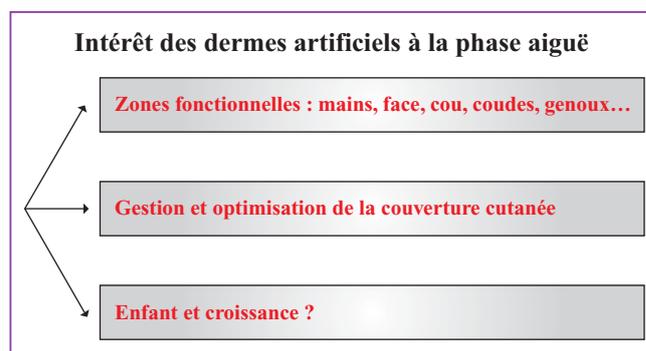


Schéma 2 : Intérêt des dermes artificiels à la phase aiguë.

**Pour la face**, les dermes artificiels sont indiqués pour les brûlures profondes pan faciales avec destruction du derme. Dans le cadre des brûlures pan faciales, les auteurs précisent que le scalp n'est pas suffisant comme site donneur de greffes de peau mince. Il faut alors si possible, dès l'admission, préserver un capital de peau saine afin d'assurer la couverture faciale ultérieure sur derme artificiel (tronc, membres inférieurs), en sachant qu'il existe un risque de dyschromies lorsque le site donneur est choisi sur le tronc ou les membres inférieurs. L'essentiel, c'est d'impérativement respecter le principe des unités anatomiques décrites par Gonzalles Ulloa. À partir de cas cliniques, l'équipe de Percy a présenté la stratégie de prise en charge de ces patients ainsi que les résultats cosmétiques et fonctionnels à long terme.

**Des phénomènes hypertrophiques voire chéloïdes sont souvent observés chez l'enfant.** À partir d'un cas clinique, les auteurs présentent l'intérêt de ces dermes artificiels (Integra®) associés aux procédures habituelles : pressothérapie, crénothérapie voire corticothérapie intra lésionnelle, en soulevant la question de leur place chez l'enfant !

En conclusion :

Les DA en un ou deux temps opératoires ont clairement démontré leur intérêt dans la prise en charge des grands brûlés et leur place au stade aigu. L'étude histologique confirme la restauration d'un néo derme proche du derme natif comparable avec Matriderm® et Integra®, avec des résultats fonctionnels similaires.





**Texte de M. Chaouat** (avec la collaboration de D. Boccara et M. Mimoun) :

Le principe des dermes artificiels est bien connu : une matrice acellulaire, sorte de « squelette dermique », est colonisée plus ou moins rapidement par les cellules et une néo vascularisation provenant de l'hôte. Une greffe dermo-épidermique mince est réalisée dans le même temps ou ultérieurement, puis cette matrice est remplacée progressivement par un tissu néoformé.

L'objectif initial du développement industriel de ces produits est une meilleure reconstitution de la peau pour un meilleur résultat cosmétique et fonctionnel.

Si cet objectif était toujours atteint et s'il n'y avait aucun inconvénient à l'utilisation de cette technique, il serait logique de l'utiliser pour tous les brûlés, dans toutes les localisations. Or, quasiment aucun brûlologue ne prône l'utilisation des dermes artificiels dans tous les cas.

Les freins à l'utilisation systématique sont en fait nombreux et découlent des inconvénients de cette méthode. Comme avant toute décision thérapeutique, il est indispensable de mettre en balance ces inconvénients avec le bénéfice escompté.

Avant d'envisager le côté médical, soulignons tout d'abord le coût élevé de ces substituts dermiques qui nous impose une utilisation sélective. De manière approximative, le coût au cm<sup>2</sup> est entre 4 et 5 euros pour le Matriderm<sup>®</sup> et l'Integra<sup>®</sup> comparé à 1,5 euros pour l'allogreffe et 0,35 euro pour l'E.Z.Derm<sup>®</sup>.

Afin d'étayer la réflexion thérapeutique, nous pouvons ainsi lister les éléments qui limitent leur utilisation systématique :

- Il semble tout à fait inutile et illogique d'utiliser un derme artificiel dans le cas d'excision tangentielle puisqu'il persiste un derme autologue in situ.
- La technique est délicate avec une durée d'intervention augmentée pour les substituts en un temps ou la nécessité de deux temps opératoires avec trois semaines incompressibles.
- Le risque infectieux pour les substituts en deux temps est bien connu et rapporté dans de nombreux articles (de 16% à 42% suivant les études d'infection locale plus ou moins invasive). Cela s'explique par le fait que ces substituts constituent au départ un corps étranger inerte sans défense biologique. Ce risque infectieux compromet le principe même de la technique et fait prendre un risque général au patient lorsque l'infection est invasive.
- Les substituts en un temps constituent une interposition entre la greffe dermo-épidermique et le sous-sol vascularisé. Seule l'imbibition à travers ce substitut dermique permet la survie des greffons avant l'obtention de la recolonisation et de la revascularisation du substitut et des greffons. L'exigence de qualité vasculaire du sous-sol est donc cruciale et peut être comparée à une greffe de peau totale. Ainsi, une excision à la graisse, moins bien vascularisée que le derme ou l'aponévrose, permet-elle cette survie du greffon ou cette technique doit-elle conduire à approfondir systématiquement l'excision au plan aponévrotique pour améliorer sa fiabilité ?

Les items précédents expliquent un taux de prise de greffe diminué par rapport à une autogreffe seule classique (taux de prise diminué par rapport à l'autogreffe seule : 73% versus 82%). Le risque d'échec est accru du fait des risques d'infections, surtout pour les substituts en deux temps. Les substituts en un temps exposent au risque d'échec du fait de l'épaisseur cumulée (derme artificiel-greffon) et du risque de décollement par les forces de cisaillement pouvant s'exercer au-dessous et au-dessus du derme artificiel. L'échec partiel ou total de ces greffes avec substituts dermiques a pour conséquences une perte de la greffe autologue pour les substituts en un temps et si le substitut est en deux temps, tout ou partie de la greffe redevient classique et décalée dans le temps.

- L'impossibilité de faire une culture d'épiderme. Le couple derme artificiel en deux temps (type Integra<sup>®</sup>) et culture d'épiderme (qui nécessite trois semaines) aurait pu être le couple idéal. Or cette association aboutit à un échec probablement dû à une vascularisation plus précaire que le sous-sol habituel.
- L'impossibilité de faire une excision complémentaire dans les cas d'excision économe comme au niveau du visage, car une fois le substitut posé, il occulte totalement le sous-sol. Certains utilisent le E.Z.Derm<sup>®</sup> dans cette indication afin de pouvoir, après quelques jours, refaire un éventuel complément d'excision le plus économe possible.

#### **Avantages « subsidiaires » des dermes artificiels :**

L'expérience de l'utilisation des substituts dermiques et notamment de l'Integra<sup>®</sup> a fait apparaître certains avantages « subsidiaires » permettant d'élargir les objectifs et donc les indications par rapport à l'objectif de bénéfice cosmétique et fonctionnel.

- Son utilisation comme couverture temporaire découle au départ d'un inconvénient majeur du délai d'environ trois semaines des substituts dermiques en deux temps. L'idée a été d'utiliser le délai de trois semaines comme un atout permettant de considérer l'Integra<sup>®</sup> comme un substitut temporaire, la couche de silicone jouant le rôle de barrière étanche. Dans cette indication, il s'adresse essentiellement aux grands brûlés où les autogreffes doivent être différées pour des raisons de pénurie de zones donneuses ou des raisons liées à l'état général. Il est alors en concurrence directe avec les allogreffes plus classiques. On pourrait alors qualifier son utilisation « d'allogreffe like ». Comparé aux allogreffes, on perd néanmoins la possibilité de réaliser une greffe en sandwich et l'apport biologique de l'allogreffe.
- Les dermes artificiels permettent parfois de greffer une zone en partie dévascularisée comme un tendon sans péri-tendon ou un segment osseux dépériosté. Ce phénomène déjà connu pour les greffes de peau totale pourrait être qualifié d'effet pontage. Les cellules et les néo vaisseaux enjambent la zone dévascularisée en colonisant le derme artificiel au-dessus de cette zone. Cependant, si cette capacité peut être mise à profit dans certains cas, elle impose une parfaite vascularisation au pourtour de la zone dévascularisée et que



cette zone reste de petite taille, sans quoi l'effet pontage s'épuiserait. Ces conditions sont rarement remplies dans le cas de brûlures électriques par exemple.

- L'utilisation des dermes artificiels permet et impose même des greffes dermo-épidermiques très fines car des greffes plus épaisses paraissent inutiles et risquent même un échec car l'épaisseur à revasculariser serait trop importante. Ainsi, les zones donneuses sont moins abimées et plus rapidement réutilisables si besoin.

Les éléments décisionnels sont différents chez un grand brûlé à risque vital et chez un petit brûlé et pourraient être résumés de la façon suivante (schéma 3) :

### Indications chez un grand brûlé

**Mettre en balance pour les substituts en un temps:**

- > Le risque d'échec supérieur
- > Le bénéfice cosmétique potentiel

**> pour les substituts en deux temps:**

- > Le risque infectieux supérieur
- > Le renoncement à l'allogreffe (sandwich) et à la culture d'épiderme
- > Effet « allogreffe like »
- > Le bénéfice cosmétique potentiel

### Indications chez un petit brûlé

**Mettre en balance pour les substituts en un temps:**

- > Le risque d'échec supérieur
- > Le prélèvement plus mince
- > Le bénéfice cosmétique potentiel

**pour les substituts en deux temps:**

- > Le risque infectieux supérieur
- > Le délai de 3 semaines
- > Le bénéfice cosmétique potentiel

Schéma 3 : Indications chez un grand et un petit brûlé.

En conclusion de ces éléments décisionnels, il semble apparaître que l'utilisation des substituts dermiques en phase aiguë doit se discuter dans des indications très ciblées de recouvrement de la face, des mains et de certaines zones dévascularisées de petite surface.



**E. Dantzer (Toulon)** termina cette première partie de la table ronde après le « duel » Duhamel-Chauvat par un exposé sur les « **Intérêts et mécanismes d'actions des dermes équivalents : couverture en un temps** ». Après avoir rappelé les modifications qu'entraînent la brûlure sur la physiologie de la peau, en particulier la transformation du fibroblaste en myofibroblaste synthétisant le collagène de façon anarchique,

facteur de rétractions et d'hypertrophie cicatricielle, il insiste sur la prévention par excision-greffe précoce (qui en outre améliore les chances de survie et diminue la morbidité) avec le remplacement des deux composantes de la peau : derme et épiderme. Les greffes dermo-épidermiques habituelles ont tendance à adhérer aux plans profonds et peuvent être responsables de séquelles fonctionnelles ou inesthétiques et de plus ne sont pas toujours disponibles en quantité suffisante.

Une solution, envisagée dès 1981 par Yannas et Burke, est de faire appel à des équivalents dermiques, apportant une couverture immédiate des zones excisées avec un tissu fonctionnel.

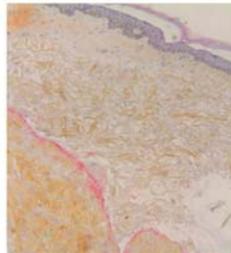
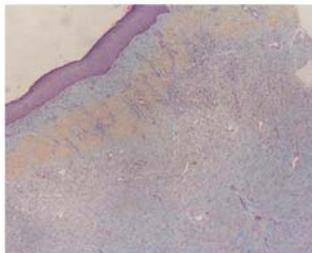
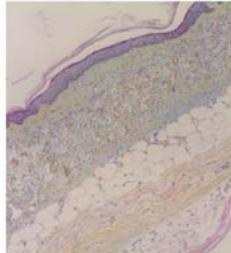
Le principe est le suivant :

La matrice tridimensionnelle dermique sert de canevas à la colonisation cellulaire. Progressivement, elle est biodégradée et remplacée par des éléments dermiques endogènes dont l'architecture définitive est histologiquement normale (figure 2).



Figure 2 : Aspect histologique à 15 mois.

La couverture en un temps peut être assurée avec le Matriderm® matrice tridimensionnelle de collagène dermique bovin (type I, III, V) et d'élastine (obtenue par hydrolyse du ligament nuchal bovin) de 1 mm d'épaisseur (figures 3 a, b, c et d).

<p><b>Fig. 3a : J7</b> Matriderm® peu cellulaire, Pas de Vx</p> 	<p><b>Fig. 3b : J15</b> Épaississement du d. papillaire, Phase cellulaire, Vx++</p> 
<p><b>Fig. 3c : J21</b> Collagène jeune, Matriderm® s'estompe, Vx++</p> 	<p><b>Fig. 3d : 3 mois</b> Derme dense, Élargissement du néo derme, Crêtes épidermiques</p> 

Figures 3 a, b, c et d : Évolution histologique d'une couverture en un temps par Matriderm®.

En pratique, la programmation rapide de l'excision réclame un bilan lésionnel précis (surface et profondeur des brûlures), le choix des sites à couvrir par derme équivalent (en évitant le dos, les fesses et les articulations à cause des risques mécaniques de décollement).

Les conditions de réanimation sont nécessaires et doivent être parfaites :

- balance hydro-électrolytique,
- nutrition,
- contrôle de l'infection,
- assistance respiratoire,
- lutte contre la douleur.

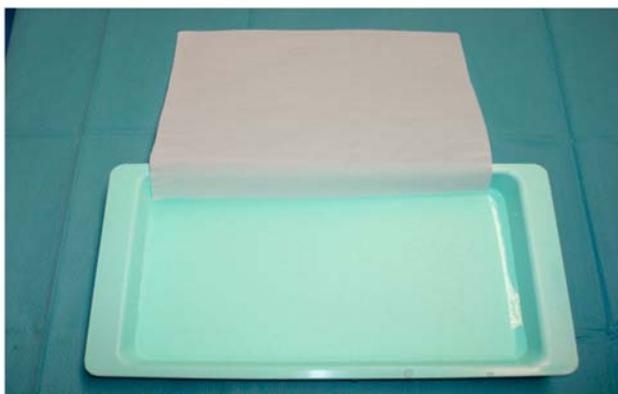
L'intervention est programmée pour les cinq premiers jours (tout retard est préjudiciable).

Localement, l'hémostase doit être parfaite, en évitant cependant les plages étendues de cautérisation et l'excision doit bien entendu être totale, tout résidu de tissu dévitalisé compromettant la prise et favorisant l'infection. On doit aussi éviter tout contact entre néo derme et zone brûlée non excisée.

Les soins post opératoires comprendront un appareillage compressif sur mesure, la rééducation et l'ergothérapie habituelle avec si nécessaire des orthèses statiques et dynamiques.

Un exemple d'application dans lequel une greffe dermo-épidermique est posée et agrafée sur la matrice est montré figures 4 et 5.

#### Chirurgie en un seul temps opératoire



Après ré-hydratation, la matrice est appliquée et ajustée aux dimensions de la lésions.

Figure 4 : La matrice.



Figure 5 : Agrafage de la greffe dermo-épidermique sur la matrice.

Des résultats spectaculaires tel que celui des figures 6 a, b et c sont montrés ci-dessous..



Figure 6 a : Patient de 84 ans. Brûlures par essence enflammée. 20% SCT



Figure 6 b : Patient à J8.



Figure 6 c : Patient à 6 mois.

Des complications sont possibles : hématome, déplacement d'un des éléments mécaniques, infection, absence de prise. Mais au total, la restauration des plans de glissement anatomiques obtenue par le derme équivalent permet de prévenir les adhérences et ainsi d'améliorer la souplesse et les résultats fonctionnels.



La couverture en un temps fait que les délais de cicatrisation sont les mêmes que ceux d'une greffe dermo-épidermique classique et permet au besoin un complément par une greffe fine s'il le faut.

On peut ainsi espérer une rééducation plus précoce, une amélioration des résultats tant fonctionnels qu'esthétiques (en particulier au niveau des mains), une réduction des séquelles et donc de la chirurgie secondaire ainsi que la réduction de la durée des séjours hospitaliers.



Les trois dernières interventions de cette table ronde, toujours modérée par A. Le Touze et J-P. Comparin, ont porté sur le recouvrement des éléments nobles exposés.

**M. Brachet** présenta d'abord la « **Gestion des éléments nobles exposés : plaidoyer pour les lambeaux** », travail de l'équipe de l'hôpital Percy (Clamart), soit, associés à **M. Brachet : A. Duhaux, S. Fossat, P. Duhamel, B. Bauer et E. Bey.**

Des exemples sont montrés d'emblée concernant des mains gravement brûlées et qui comportent des risques de séquelles fonctionnelles lourdes avec des amputations pluridigitales pour lesquelles la reconstruction est complexe, avec pourtant la nécessité de refaire une pince pollicio-digitale. Des lambeaux abdominaux, aboutissant à des moignons qui font l'objet d'une ouverture-creusement créant une première commissure avec résection du deuxième métacarpien, sont présentés ainsi que des lambeaux locaux (type interosseux dorsal) et des transferts d'orteils.

Les principes majeurs sont la préservation d'une longueur maxima du squelette et la couverture par lambeaux. Mais les auteurs remettent surtout à l'honneur le lambeau-greffe décrit par Pierre Colson en 1967, avec cependant quelques modifications : site donneur sur l'abdomen ou la cuisse au lieu du bras opposé en faisant attention au maintien des ouvertures commissurales et avec un brochage en position intrinsèque+ si possible. Des exemples probants de l'intérêt de la méthode sont montrés, méthode qui a pour elle sa simplicité technique et sa fiabilité, la qualité de la couverture qui permet la réhabilitation fonctionnelle et la conservation de la longueur des segments digitaux.

Contre elle, on peut retenir la difficulté du nursing, les raideurs articulaires rançon des trois semaines d'immobilisation. De plus, la gravité des lésions ostéo-articulaires initiales peut expliquer certains échecs.

Les alternatives sont cependant limitées : lambeaux locorégionaux pour des pertes de substance localisées avec peau saine adjacente, lambeau d'avancement de Hueston, lambeau interosseux postérieur (même en peau brûlée on peut utiliser la palette fascio-graisseuse).

Au total cependant, le lambeau-greffe répond malgré ses contraintes aux impératifs fonctionnels et permet de respecter la longueur des doigts (figures 7, 8 et 9). Les alternatives de sauvetage dans les lésions sévères sont peu nombreuses et l'amputation est alors bien souvent fatale.

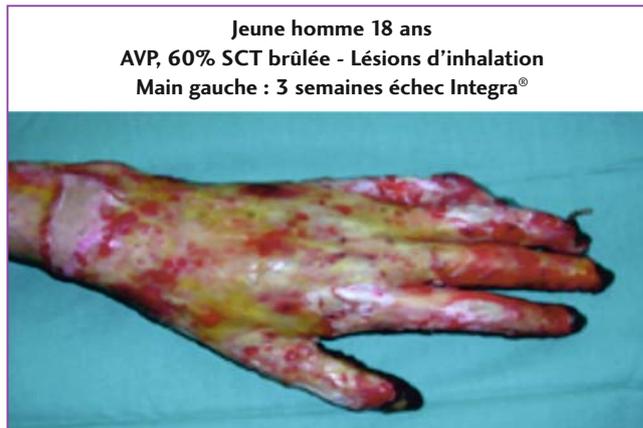


Figure 7 : Échec d'excision couverture immédiate par substitut.



Figure 8 : La plasticité du lambeau de Colson permet la répartition secondaire des lésions profondes.



Figure 9 : Résultat à 2 ans.



L'exposé suivant a été fait par **V. Casoli (Bordeaux)** sous le titre : « **Les couvertures définitives du brûlé au stade aigu. Intérêt des substituts collagéniques dans la couverture des éléments nobles** ».

La technique préconisée est la suivante (figures 10 et 11) :  
 - excision de type carcinologique des tissus non viables ;  
 - hémostase parfaite par coagulation sous irrigation de sérum adrénaliné ;

- Integra® fixé sur la peau périphérique saine par agrafes métalliques ou colle Indermil® ;
- pansement avec tulle bétadiné ;
- immobilisation (par exemple main et poignet par attelle, doigts par broches) ;
- pansement tous les 3 jours ;
- greffe de peau : épaisseur 0,15 mm à J21.



Figure 10 : Exemple d'une main brûlée profondément et traitée selon les principes exposés.



Figure 11 : Résultat après amputation de l'index, couverture des articulations et réfection des tendons extenseurs.

Des procédures en un temps sont possibles sur des lésions plus localisées (figures 12 et 13).



Figure 12 : Lésions limitées avec berges saines.



Figure 13 : Résultat final.

Des complications telles qu'un hématome ou une infection locale sont possibles.

Les conditions d'utilisation sont :

- une bonne préparation du sous-sol, sans tissu nécrotique et bien vascularisé ;
- une plaie non infectée ;
- une bonne immobilisation ;
- une asepsie maximale ;
- un apprentissage de la réalisation des pansements et de la gestion des complications tant pour l'équipe hospitalière que pour un personnel libéral apte à prendre en charge la poursuite du traitement.

La procédure en un temps (Matriderm® ou Integra®) ne peut s'appliquer qu'à une petite surface, très bien vascularisée, avec une peau périphérique saine ; un pansement de tulle gras multicouche spécifique est laissé en place quatre à cinq jours avec une immobilisation rigoureuse.

Les indications de ces couvertures immédiates, en un temps ou plus souvent en deux temps sont donc les brûlures profondes avec des berges cutanées saines et bien entendu en dehors des excisions tangentielles. Ce sont donc les expositions des tendons, des os, des articulations.

Sont ainsi permis le sauvetage de la longueur osseuse (en fait donc par exemple le sauvetage du doigt), la réfection d'une capsule articulaire, d'un plan de glissement tendineux avec une qualité remarquable de la réparation cutanée.

.....

La dernière intervention, qui associait **P. Perrot, L. Bourdais, C. Kitsiou, G. Martin, F. Bellier et F. Duteille** (Nantes), a été présentée par **P. Perrot** : « **Gestion des éléments nobles exposés : les lambeaux** ».

L'utilisation de lambeaux était il y a quelques années fréquente dans les brûlures, même si certaines indications étaient discutables. L'évolution des techniques (traitement par pression négative, substituts cutanés,...) a changé beaucoup de problèmes. Quelle est la place actuelle des lambeaux ? Leur indication paraît plus rare mais reste indiscutable dans certains cas extrêmes.



Des exemples sont montrés :

- lambeau hétéro digital type cross-finger pour couvrir un tendon fléchisseur et un pédicule vasculo-nerveux exposé par une brûlure électrique ;
- lambeau hétéro digital rétrograde pour couvrir une articulation exposée par une brûlure électrique ;
- lambeau inter métacarpien pour couvrir une articulation exposée par une brûlure électrique ;
- lambeau libre de type fascia superficialis temporalis greffé en peau mince ;
- double lambeau libre grand dorsal-dentelé antérieur avec greffe mince pour sauvetage du pied lors d'un purpura fulminans ;
- lambeau libre de grand dentelé avec greffe mince pour couverture de l'articulation métatarso phalangienne du premier rayon du pied ;
- lambeau musculaire pédiculé (gastrocnémien médial) pour couverture d'un genou brûlé ;
- lambeau musculaire de grand dorsal pour couvrir une épaule exposée avec amputation transhumérale controlatérale à la suite d'une brûlure électrique (figures 14, 15, 16 et 17).



Figure 14 : Brûlure électrique membre supérieur gauche qui sera amputé.



Figure 15 : Même blessé : épaule droite profondément atteinte articulation exposée.



Figure 16 : Sauvetage de la scapulo-humérale par lambeau de grand dorsal.



Figure 17 : Résultat final.

Les avantages des lambeaux sont nombreux :

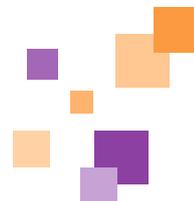
- apport vasculaire,
- aide à la consolidation
- comblement des cavités,
- effet anti-infectieux,
- aide à la reconstruction par apport pluritissulaire,
- et donc au total qualité cicatricielle de haut niveau.

Cependant, les lambeaux libres présentent des difficultés importantes : épisodes inflammatoires violents lors de la phase aiguë avec gangue fibreuse autour des vaisseaux et il faut compter avec des veines souvent détruites exigeant un bilan préopératoire minutieux.

Si les greffes de peau mince restent le traitement le plus fréquent de la brûlure aiguë, si dans des cas très particuliers la greffe de peau totale peut être utile, si sont arrivés plus récemment dans l'arsenal thérapeutique les dermes artificiels et la thérapie par pression négative, les lambeaux gardent une place certes moins fréquente mais indiscutable. Toutes ces techniques sont complémentaires et non concurrentes.

Les auteurs des articles déclarent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt (ni financier, ni en nature, ni en service) entre eux et une organisation commerciale qui peut être liée directement ou indirectement avec leur présentation.

## Table Ronde du 32<sup>e</sup> Congrès de la S.F.E.T.B. : « Réanimation : le poumon du brûlé »



Cette table ronde a été présentée en deux parties : de la première séance qui s'est déroulée le mercredi et qui fut modérée par M. Chobli, P. Ainaud et R. Le Floch, nous n'avons malheureusement pu recueillir les interventions de F. Bird et de A. Bougatef. F. Ravat a pour sa part transmis un article que l'on trouvera plus loin.

La seconde partie sur « les pathologies spécifiques et non spécifiques », modérée le jeudi par A.A. Messadi, C. Magnin et E. Noux, a fait l'objet de deux articles parus dans le précédent numéro. S'y ajoutent les résumés des interventions de C. Fuilla et de J-M. Constantin réalisés par R. Le Floch et présentés ci-dessous.

### ► Intoxication par les fumées d'incendie

#### Dr Claude Fuilla

Conseiller médical du directeur général - Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises - Paris (75)

En 2011, les sapeurs-pompiers sont intervenus à 317 909 reprises en raison d'un incendie, secourant 15 140 victimes et déplorant 459 décès (3% de mortalité). Cette morbi-mortalité peut avoir des origines traumatique (défenestration, blast), thermique (flammes, gaz chauds) ou toxique, variablement associées, cette dernière entraînant une mortalité de près des 2/3. La première description de la toxicité des fumées d'incendie a été faite par Aub [1] relatant les victimes de l'incendie du Coconut Grove. Il a constaté que nombre de morts étaient peu brûlés, qu'il n'existait pas de corrélation entre la gravité de la brûlure et celle du syndrome d'inhalation et que des patients souffraient de détresse respiratoire (parfois retardée). La toxicité des fumées d'incendie est locale (thermique, chimique, mécanique) et générale par le biais de la raréfaction de l'oxygène ambiant et de divers produits de la combustion. À titre d'exemples, la combustion du PVC dégage de l'acide chlorhydrique, celle des composés carbonés naturels (bois, coton, papier) des aldéhydes parmi lesquels l'acroléine et le formaldéhyde, le Téflon produit de l'acide fluorhydrique quand les « plastiques » (polyacrylonitriles, polyuréthanes, polyamides) génèrent des oxydes nitreux. La toxicité directe entraîne une augmentation de la perméabilité capillaire pulmonaire et un œdème lésionnel, une bronchoconstriction, un œdème bronchique qui peuvent évoluer sur 6 à 12 heures. La toxicité tissulaire est liée à l'hypoxie, à la production de CO et de CO<sub>2</sub> ainsi qu'à celle de nombreux agents parmi lesquels l'acide cyanhydrique (HCN), le peroxyde d'azote (méthémoglobinisant), le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), divers dérivés organiques volatils (benzène, nitrométhane, acétate d'alkyle...), tous produits ubiquitaires dans l'environnement d'une habitation. Les concentrations de cyanure et de CO ne sont pas liées [2].

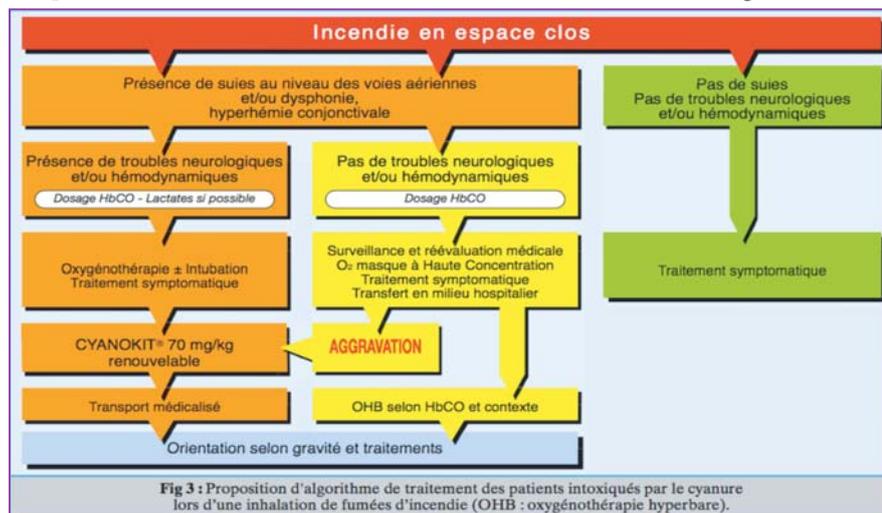
La concentration sanguine de cyanure chez des patients décédés dans un incendie (en moyenne 116 µmol/L [3]) est 25 fois plus élevée que chez les témoins, quadruple de celle des survivants. Le cyanure est le résultat de la combustion de polymères azotés, les pires étant les polyacrylonitriles (1g produisant 1 500 ppm d'HCN [4]) et la résine mélamine [5]. Outre la nature du matériau, la température joue aussi un rôle (au-delà de 600°C, la production d'HCN est parallèle au contenu en azote du matériau), de même que la concentration ambiante en O<sub>2</sub>, la production d'HCN augmentant avec la raréfaction en O<sub>2</sub> [6]. En se fixant sur l'ion Fe de la cytochrome oxydase mitochondriale, l'ion cyanure inhibe son fonctionnement, entraînant un arrêt de la formation d'ATP et donc une hypoxie tissulaire.

Le syndrome d'inhalation de fumées d'incendie est le résultat d'une cascade hypoxique, à laquelle participent la baisse de la FIO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, l'altération de l'hématose par l'atteinte broncho-alvéolaire, la diminution de la capacité de transport de l'O<sub>2</sub> (carboxyhémoglobine, méthémoglobine), l'atteinte tissu par HCN +/- CO, toutes les étapes de la respiration étant donc touchées.

Le diagnostic repose sur les signes d'exposition : incendie en milieu clos, suies oropharyngées, irritation (conjonctivite, dysphonie, dyspnée, toux, râles bronchiques) et sur les signes d'intoxication, qui sont neurologiques (céphalées, troubles du comportement, troubles de conscience) et cardio-vasculaires (collapsus, arrêt circulatoire). L'existence de suies au niveau des voies aériennes supérieures a des valeurs prédictives d'intoxication cyanhydrique positive de 98% et négative de 99% respectivement [7]. L'intoxication est souvent mixte, oxycarbonée (taux d'HbCO >5%, concentration sanguine de CO > 0,5 mmol/L ou > 1,25 mL%) et cyanhydrique (CN > 30 µmol/L). Notons qu'une lactacidémie > 10 mmol/L signe pratiquement l'intoxication au cyanure [8].

Le traitement symptomatique est l'oxygénothérapie, éventuellement hyperbare en cas d'intoxication sévère au CO. En cas d'intoxication cyanhydrique, il s'agit soit d'augmenter l'élimination du cyanure soit de le complexer pour le rendre atoxique. Le thiosulfate est un substrat de la rhodanèse hépatique, qui va y adjoindre un ion cyanure pour former un thyocyanate atoxique, éliminé par voie urinaire. L'EDTA dicobaltique (Kélocyanor<sup>®</sup>) fixe le CN<sup>-</sup>, de même que l'hydroxocobalamine (Cyanokit<sup>®</sup>). Si cette dernière est atoxique et dénuée d'effets secondaires autres que la coloration rose du patient et des liquides biologiques, l'EDTA peut entraîner des troubles du rythme, une hypotension ou des douleurs thoraciques, en particulier s'il est utilisé hors intoxication cyanhydrique. Il est aussi possible d'utiliser des agents méthémoglobinisants (nitrite d'amyle, nitrite de sodium), afin

de fixer l'ion CN sur les radicaux Fe<sup>3+</sup>, mais ceci aux dépens du transport d'oxygène. C'est donc l'hydroxocobalamine qui, malgré son coût, est l'antidote de choix en cas d'intoxication cyanhydrique. Cinq grammes peuvent neutraliser 40 µmol/L de CN. En cas d'arrêt circulatoire dans un contexte d'inhalation de fumées il est préconisé, en plus des manœuvres de ressuscitation, d'injecter, à 2 reprises, 70 mg/kg de Cyanokit®. En cas de coma, cette même dose unitaire sera utilisée et souvent répétée (couplée à l'intubation et à la ventilation en oxygène pur). L'association « suies dans les voies aériennes + troubles des fonctions supérieures + hypotension » est l'indication d'une oxygénothérapie à haut débit et d'une injection de 70 mg/kg d'hydroxocobalamine. Un algorithme (annexe 1) de traitement des intoxications par fumées a été publié en 2011 [9]. À noter que la présentation proposait une riche iconographie comprenant des clichés d'intervention sur incendie de la BSPP.



## Bibliographie

- 1• Aub J, Pittman H, Brues A. The pulmonary complications of burns. *Ann Surg* 1943; 117: 834-40
  - 2• Bertol E, Mari F, Orzalesi G, Volpato I. Combustion product from various kinds of fibers : toxilogical hazards from smoke exposure. *Forens Sci Int* 1983; 22: 111-6.
  - 3• Baud F, Barriot P, Toffis V, Riou B, Vicaut E, Lecarpentier Y. Elevated blood cyanide concentrations in victims of smoke inhalation. *N Engl J Med* 1991; 325: 1761-6
  - 4• Alarie Y. The toxicity of from polymeric materials during thermal decomposition. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*. 1985; 25: 325-47
  - 5• Ballentyne B, Marrs T. Post-mortem features and criteria for the diagnosis of acute lethal cyanide poisoning. In : Ballentyne B, Marrs T, editors. *Clinical and experimental toxicology of cyanides*. Bristol : John Wright; 1987: 217-247
  - 6• Morikawa T. «Evolution of Hydrogen Cyanide during Combustion and Pyrolysis,» *J Combustion Tox*1978;3:315-30
  - 7• Baud F, Benaisa ML, Hantson P. Intoxication par fumées d'incendie. In *Réanimation médicale*. Masson ed. 2001: 1558-1562
  - 8• Baud F, Borron S, Mégarbane B, Trout H, Lapostolle F, Vicaut E et coll. Value of lactic acidosis in the assessment of the severity of acute cyanide poisoning. *Crit Care Med*. 2002;30:2044-50
  - 9• Lapostolle F, Fuilla C, Lambert Y. Prise en charge des intoxications aux cyanures lors de l'inhalation de fumées d'incendie. *Revue des SAMU* juin 2011: 263-7
- Annexe 1 : Algorithme de prise en charge des victimes de fumées d'incendie, d'après [9]

## ► Le SDRa (Syndrome de Détresse Respiratoire Aiguë) en 2012

Pr Jean-Michel Constantin

Réanimation polyvalente - CHU Clermont-Ferrand (63)

Depuis 1994, le SDRa est défini comme une hypoxie aiguë (P/F < 200) avec des opacités radiologiques bilatérales, en l'absence de défaillance cardiaque ou d'hypervolémie [1]. Le SDRa peut être primaire, faisant suite à une atteinte pulmonaire (pneumopathie, inhalation de fumées...) ou secondaire à une pathologie extra-pulmonaire, en particulier septique. Plus récemment [2], la classification de Berlin se propose de répartir les SDRa en peu intenses, modérés et sévères selon le rapport P/F, le niveau de PEP et l'étendue des anomalies radiologiques. La mortalité du SDRa est passée de 50% dans les années 1994/95 à 30% 10 ans plus tard [3].

Les anomalies histologiques (inondation alvéolaire, altération du surfactant, excès de tissu) et physiologiques (diminution de la clairance alvéolaire) entraînent une diminution du volume gazeux global (dérecrutement), ce dérecrutement pouvant être augmenté par une simple aspiration bronchique et mal compensé par des manœuvres de recrutement ultérieures.

La prévention des baro et volotraumatismes par le biais de la limitation des pressions intrathoraciques a conduit à la notion de «ventilation protectrice» qui est celle préconisée depuis 2000 [4]. En outre, la soumission du poumon à des pressions et/ou des FIO<sub>2</sub> élevés peut amplifier et pérenniser les phénomènes inflammatoires pulmonaires [5]. La pression à ne pas dépasser est de 30 mmHg. En mode à volume contrôlé, cette pression est la pression de plateau quand il s'agit de la pression d'insufflation en mode à pression contrôlée (le débat entre les deux modes n'étant pas tranché). Le volume courant-cible (ou réglé) est de 6 à 8 mL.kg<sup>-1</sup>, le poids de référence étant le poids idéal, la fréquence étant la plus élevée ne générant pas d'auto-PEP.

Le but de la PEP est triple : éviter le dérecrutement, s'opposer au collapsus bronchiolaire, s'opposer à la compression extrinsèque. Il est difficile de prévoir quelle est la bonne PEP (recrutement maximal sans surdistension) qui semble se situer à 20-25 cmHg [6] tant les facteurs impliqués sont nombreux (SDRa focal ou diffus, morphologie pulmonaire, facteurs liés au patient lui même...) et actuellement, seule la méthode par essais à divers niveau de PEP peut être utilisée. Dans le SDRa diffus, la diminution de l'expression du récepteur RAGE (Receptor for Advanced Glycation End products) pourrait permettre d'évaluer la bonne PEP [7].



Les manœuvres de recrutement ont pour but de permettre l'aération d'alvéoles saines, tous les patients n'étant pas répondeurs. On peut utiliser le maintien d'une CPAP à 40 cm H<sub>2</sub>O pendant 30 à 60 secondes, une série de 10 insufflations à ce même niveau, le soupir ou la ventilation percussive.

En ce qui concerne les traitements non-ventilatoires, seule la curarisation a fait l'objet d'une étude [8].

On peut proposer un arbre décisionnel pour la prise en charge du SDRA (annexe 2).

## Bibliographie

1• Bernard G, Artigas A, Brigham K, Carlet J, Falke K et coll. The American-European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1994;149: 818-24

2• The ARDS definition task force. Acute respiratory distress syndrome: The Berlin definition. *JAMA.* 2012;307:2526-2533

3• Zamboni M, Vincent JL. Mortality rates for patients with acute lung injury/ARDS have increased over time. *Chest.* 2008;133(5):1120-1127

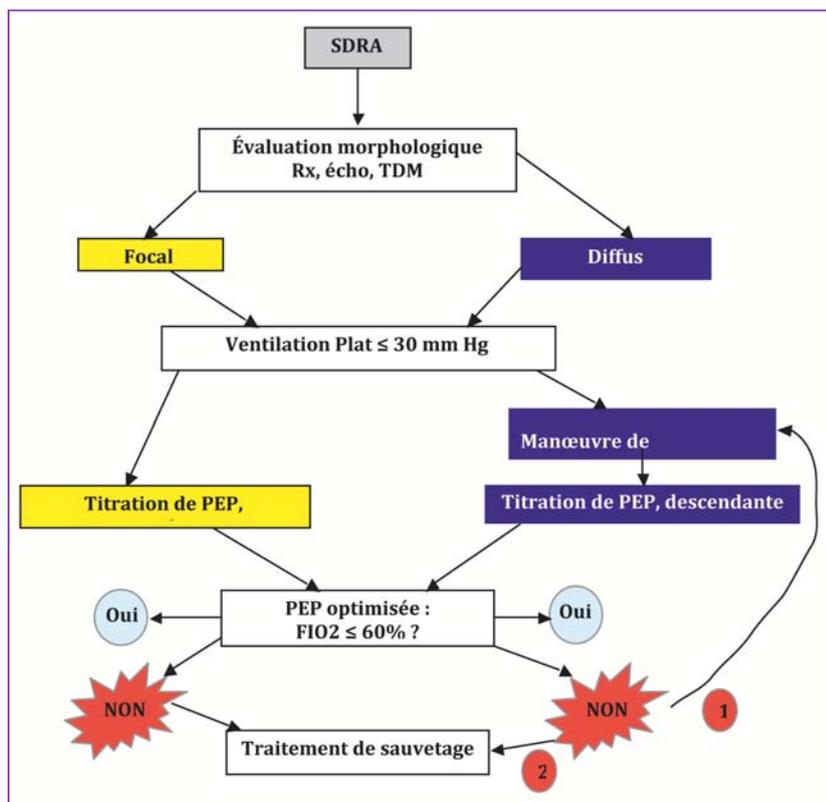
4• The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with Lower Tidal Volumes as Compared with Traditional Tidal Volumes for Acute Lung Injury and the Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med* 2000; 342:1301-8

5• Ranieri M, Suter P, Tortorella C, De Tullio R, Dayer JM, Brienza A et coll. Effect of mechanical ventilation on inflammatory mediators in patients with Acute Respiratory Distress Syndrome: A randomized controlled trial. *JAMA* 1999; 282: 54-61

6• Borges J, Okamoto V, Matos G, Carames M, Aranes P, Barros F et coll. Reversibility of lung collapse and hypoxemia in early acute respiratory distress syndrome. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2006; 174: 268-278.

7• Jabaudon M, Futier E, Roszyk L, Chalus E, Guerin R, Petit A et coll. Soluble form of the receptor for advanced glycation end products is a marker of acute lung injury but not of severe sepsis in critically ill patients. *Crit Care Med* 2011, 39: 480-8

8• Papazian L, Forel JM, Gacouin A, Penot-Ragon C, Perrin G, Loundou A et coll. Neuromuscular blockers in early acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2010, 363: 1107-16.



Annexe 2 : Arbre décisionnel traitement ventilatoire du SDRA.

Les auteurs des articles déclarent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt (ni financier, ni en nature, ni en service) entre eux et une organisation commerciale qui peut être liée directement ou indirectement avec leur présentation.



## 3M invente le sparadrap atraumatique, sûr et repositionnable

3M™ Micropore™ Silicone, la technologie au service

des professionnels de santé



Peaux très sèches, peaux âgées, peaux fragilisées par un traitement médicamenteux ou une radiothérapie, zones sensibles comme le visage... toutes ses situations peuvent désormais bénéficier de l'innovation de 3M™ Micropore™ Silicone, pour une fixation optimale et atraumatique.

### Informations pratiques

3M™ Micropore™ Silicone est disponible en pharmacie et distributeurs spécialisés et existe en deux dimensions :

- Rouleau de 2,5 cm x 5 m, tarif LPPR\* TTC : 1,02 €
- Rouleau de 5 cm x 5 m, tarif LPPR\* TTC : 2,03 €

\* Liste des Produits et Prestations Remboursables



# Ventilation percussive à haute fréquence chez le brûlé. Pourquoi ? Comment ?

F. RAVAT<sup>1</sup>, D. JAUDOIN<sup>2</sup>, H. BRUEL<sup>2</sup>, C. PONTIUS<sup>2</sup>, E. CHUNG<sup>2</sup>, J.C. POUPELIN<sup>1</sup>, J. PAYRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Anesthésiste-réanimateur, <sup>2</sup>Masseur-kinésithérapeute  
Centre des brûlés, Centre hospitalier Saint-Joseph et Saint-Luc - Lyon (69)



## Résumé

La ventilation percussive à haute fréquence (VPHF) semble particulièrement adaptée à la ventilation du patient brûlé. En effet elle permettrait de prévenir les effets délétères associés à la ventilation mécanique conventionnelle tout en offrant un avantage en matière de désencombrement, avantage précieux chez le patient brûlé surtout s'il est victime d'un syndrome d'inhalation de fumées. Ce travail propose une mise au point sur la ventilation et tente de faire le point sur les avantages et inconvénient de la VPHF chez le brûlé, en s'appuyant notamment sur une expérience de terrain de plusieurs années.

Apparue il y a une vingtaine d'années, la ventilation percussive à haute fréquence (VPHF) tendrait actuellement à s'imposer progressivement dans les centres de brûlés comme la méthode de choix pour la prise en charge du syndrome d'inhalation de fumées et de ses conséquences ventilatoires. Il semble utile de faire le point sur cette méthode et de tenter de savoir quelle est sa vraie place, pourquoi y avoir recours et comment la mettre en œuvre ?

### ► Effets délétères induits par la ventilation mécanique

On sait depuis plusieurs années que la ventilation mécanique peut être à l'origine d'effets délétères pouvant entraîner - per se - une mortalité chez l'animal sain et une surmortalité chez l'homme [1,2]. Cette morbidité associée à la ventilation mécanique est expliquée par la libération de cytokines (« biotrauma ») à l'origine d'un œdème pulmonaire pouvant provoquer un syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) [3,4,5]. Les cytokines peuvent même, à l'occasion d'une diffusion systémique, être à l'origine d'une défaillance polyviscérale associée à la ventilation mécanique [3,4,5].

La libération de cytokines est sous-tendue par deux mécanismes physiopathologiques :

- la distension alvéolaire provoquée par un volume insufflé excessif (volutrauma) ou par une pression excessive (barotrauma) [4,5] ;
- des forces d'étirement (« shear stress ») entre alvéoles de constantes de temps très différentes [4,5]. En effet, à l'interface

entre deux alvéoles de distensibilité différente, il se développe, lors de chaque cycle ouverture-fermeture, une force de striction dont la valeur peut être suffisamment élevée (jusqu'à 400 mmHg) pour provoquer un traumatisme alvéolaire. Ce mécanisme a été appelé « atelectrauma ».

### ► Comment éviter ces effets délétères ?

Plusieurs moyens sont actuellement à la disposition du clinicien :

#### 1) Optimiser la ventilation conventionnelle

C'est tout le concept des stratégies de ventilation dites « protectrices » (« lung protective strategies ») qui font actuellement l'objet de consensus internationaux. Ces stratégies ont deux objectifs :

##### a) Limiter le baro/volutrauma

Cet objectif est sous-tendu par la mesure de la pression de plateau (fig. 1). En effet, lorsque l'on règle (manuellement ou automatiquement) un plateau de pression à la fin de l'inspiration, ceci signifie que le débit de gaz est nul (on peut le vérifier sur la courbe débit/temps). En situation de débit nul, il n'y a pas de gradient de pression, ce qui revient à dire que la pression est la même en tout point du circuit, au niveau de la prise de pression dans le ventilateur comme au niveau de l'alvéole. On peut donc interpréter la pression de plateau comme équivalente à la pression alvéolaire. De ce fait et dans la mesure où le traumatisme (volu/barotrauma) est alvéolaire, il va s'agir de ventiler le patient sans dépasser un seuil de pression « alvéolaire » au-delà duquel la probabilité de traumatisme est reconnue comme importante. Ce seuil a été mesuré à 30 cm H<sub>2</sub>O par des études expérimentales [2].

Lors d'insuffisances respiratoires aiguës majoritairement restrictives telles que le SDRA, réduire le volu/barotrauma implique de réduire de manière significative le volume courant (Vt) ce qui a pour conséquence une élévation de la capnie (PetCO<sub>2</sub>) et donc de ventiler le patient en tolérant un certain degré d'hypercapnie. Cette stratégie est appelée « ventilation



à petit  $V_t$  » par les anglo-saxons [7] et « hypercapnie permissive » par les européens [8]. Les consensus internationaux recommandent d'atteindre les objectifs suivants [6,7] :

- $P_{\text{plateau}} < 30 \text{ cm H}_2\text{O}$
- $V_t = 6 \text{ à } 8 \text{ ml/kg}$  poids idéal
- $P_{\text{etCO}_2} < 60$  ( $P_{\text{h}} > 7.2$ )

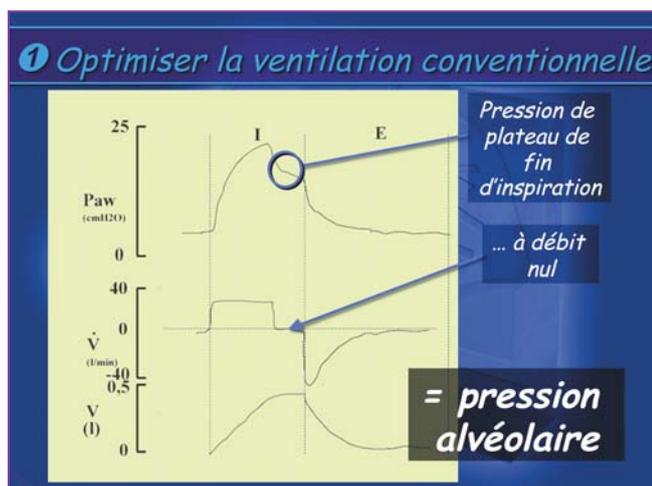


Figure 1 : Pression de plateau.

### b) Limiter l'atelectrauma (recrutement alvéolaire)

Il s'agit de maintenir un certain degré de pression alvéolaire pour éviter le collapsus, stabiliser les alvéoles et permettre d'assurer la ventilation alvéolaire sur la plage de compliance optimale. Ceci revient à éviter au maximum les cycles ouverture-fermeture et donc à éviter que ne soient générées des forces de striction entre alvéoles. Il faut pour cela procéder en deux temps : « ouvrir » le poumon en administrant une pression ou un volume défini (« manœuvre de recrutement ») puis afficher une pression positive de fin d'expiration (PEP) suffisante pour éviter que les alvéoles recrutées ne se collabent de nouveau [9,10,11]. Pour les manœuvres de recrutement, le consensus est établi sur les modalités suivantes [12,13] :

- Manœuvre en pression
- Pression d'insufflation = 40 cm H<sub>2</sub>O
- Durée = 40 secondes

À noter que l'efficacité du décubitus ventral, proposé en complément de la ventilation mécanique dans certaines situations, s'explique notamment parce qu'il réalise un recrutement alvéolaire en mobilisant les alvéoles des zones dépendantes, habituellement collabées [14].

## 2) Ne pas ventiler le malade

Il s'agit d'assurer les échanges gazeux sans utiliser l'appareil respiratoire, c'est-à-dire en utilisant des oxygénateurs à membranes tels que ceux employés dans le cadre de la chirurgie cardiaque à cœur arrêté. Ces techniques sont bien connues et ont été proposées il y a plus de trente ans [15]. Plusieurs sont à notre disposition mais leur mise en œuvre, bien que beaucoup améliorée depuis cinq ans, notamment pour l'ECMO, n'est toujours pas facile. Rappelons qu'il s'agit dans tous les cas de transporter un malade considéré comme « non transportable » dans un centre à même de mettre en œuvre la technique [16]. Les effets secondaires sont nombreux car il convient de maintenir une circulation extra corporelle

à haut débit pendant un temps prolongé (à la différence de la chirurgie cardiaque). Les problèmes rencontrés sont de ce fait multiples [17] : hémolyse liée aux pompes, thrombopénie par consommation plaquettaire, hypothermie, pertes sanguines associées à la décoagulation, thrombose des circuits... même si les progrès méthodologiques tendent à les réduire [18].

## 3) Recourir à des méthodes non conventionnelles de ventilation mécanique

### a) Ventilation liquidienne

La ventilation liquidienne est fondée sur le remplacement de tout ou partie du gaz insufflé par un liquide transporteur d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub> de la famille des perfluorocarbones (PFC). Ces molécules sont des dérivés d'hydrocarbures, inertes, radio opaques, de densité élevée et peu toxiques. Le produit le plus usité est le perflubron (Liquivent® - Alliance Pharmaceutical - USA). Lorsque la substitution en PFC atteint 100% du gaz insufflé, on parle de ventilation liquidienne totale et dans les autres cas de ventilation liquidienne partielle (VLP) [19,20].

Les bénéfices attendus sont :

- La diminution de la tension de surface qui limite le collapsus alvéolaire en fin d'expiration (effet « PEP liquide ») et améliore ainsi la compliance et l'instabilité alvéolaire en particulier au niveau des zones dépendantes [21].
- L'homogénéisation des rapports ventilation perfusion et la diminution du shunt qui contribuent à l'amélioration des échanges gazeux [20,21].

Les études expérimentales ont également permis de mettre en évidence d'autres avantages :

- Mobilisation des sécrétions bronchiques (désencombrement) en raison de la densité élevée des PFC [22].
- Propriétés anti-inflammatoires avec en particulier une diminution des taux sériques de cytokines pro inflammatoires [23] et un effet protecteur sur les pneumocytes de type II [24].
- Possibilité d'utiliser les PFC comme agent permettant de vectoriser efficacement des molécules vers l'alvéole, notamment des antibiotiques.

Une seule étude multicentrique a été menée avec la ventilation liquidienne totale. Elle a été interrompue à mi-parcours en raison d'une morbidité trop importante (pneumothorax) dans le bras traité ; ce travail n'a de ce fait jamais été publié. En revanche la VLP serait intéressante, à condition de l'accompagner d'une ventilation gazeuse respectant les recommandations des consensus internationaux (« ventilation à petit  $V_t$  ») [25]. Pour l'instant, la place de cette technique n'est pas clairement définie mais les avantages qu'elle offre pourraient la rendre intéressante dans les cas de SDRA associés au syndrome d'inhalation de fumées du patient brûlé.

### b) Ventilation à haute fréquence

Il s'agit de ventiler en délivrant un  $V_t$  très faible (proche ou inférieur à l'espace mort) à fréquence élevée (plusieurs centaines de fois par minute). Cette technique est ancienne puisque dès 1915, Henderson avait ventilé avec succès des chiens pendant plusieurs semaines en appliquant ces mêmes modalités [26].

La ventilation à haute fréquence permet ainsi d'assurer des échanges gazeux compatibles avec la survie. **Les mécanismes physiologiques qui sous-tendent l'efficacité de la méthode sont cependant complexes [27] et peuvent se résumer à des échanges par convection et par diffusion :**

- gradient de pression (échanges par convection).

Le profil des vitesses de flux, en application du principe de dispersion de Taylor, montre que plus la vitesse du flux est élevée, plus la surface du front d'onde est importante et plus la dispersion latérale est élevée. Un flux à haute vitesse favorise donc la propagation des gaz vers la périphérie des voies aériennes (fig. 2).

Le type d'écoulement joue aussi un rôle : un écoulement turbulent favorise la « mixique » des gaz alors qu'un écoulement laminaire favorise la propagation des gaz vers la distalité (fig. 3).

Les divisions bronchiques modifient l'écoulement des fluides en générant des phénomènes de vortex qui favorisent la mixique des gaz (fig. 4).

Certaines alvéoles situées dans la partie proximale de l'arbre bronchique peuvent être le siège d'une ventilation directe (fig. 5) mais ce mécanisme joue probablement un rôle mineur puisque cette éventualité paraît rare.

Le phénomène de ventilation pendulaire (« pendelluft ») peut lui aussi expliquer une partie des échanges gazeux (fig. 6). Il concerne des alvéoles adjacentes à constantes de temps très différentes : la plus distensible se vidant dans l'autre à l'expiration.

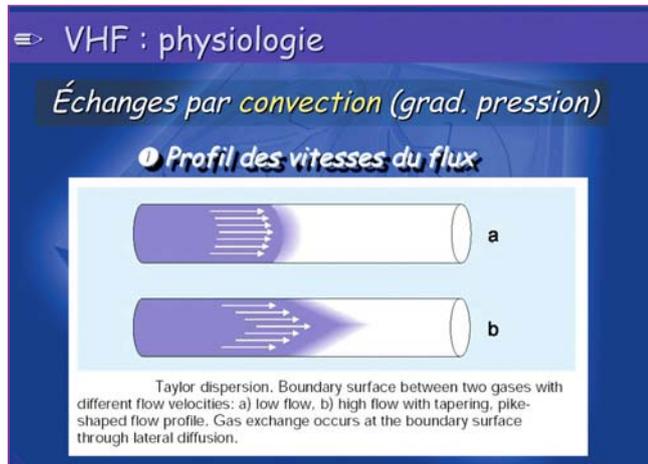


Figure 2 : Propagation des gaz entre 2 flux de vitesse différente.

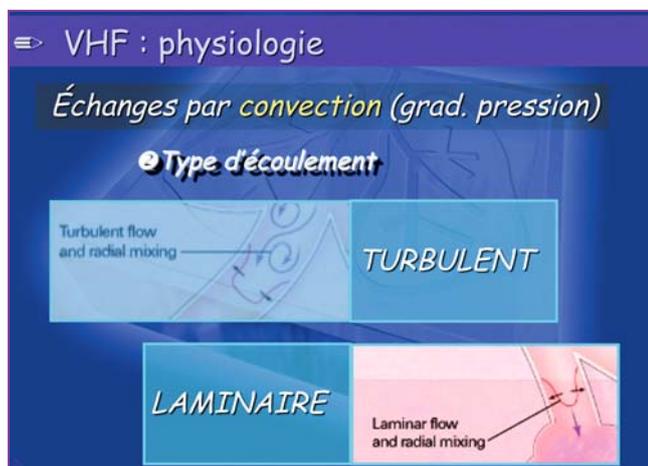


Figure 3 : Propagation des gaz entre 2 flux de vitesse différente.

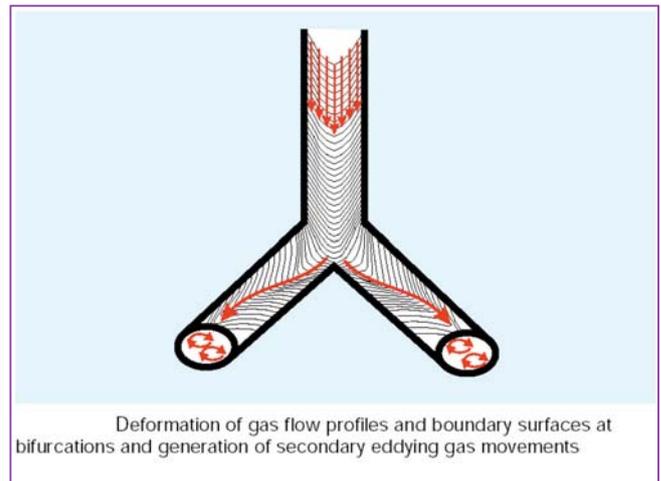


Figure 4 : Modification de l'écoulement induit par les divisions bronchiques.

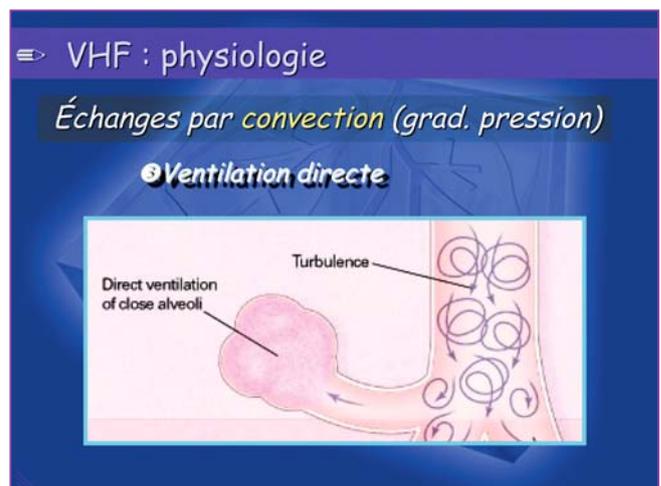


Figure 5 : Ventilation directe.

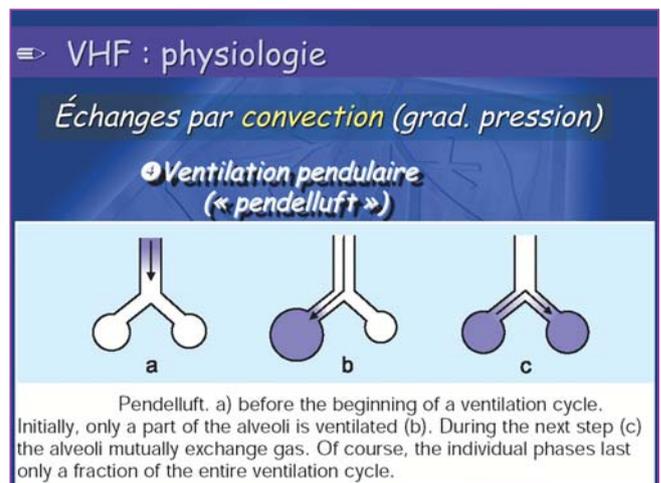


Figure 6 : Ventilation pendulaire (« pendelluft »).

- gradient de concentration (échanges par diffusion).

Il s'agit ici des mêmes mécanismes mis en jeu lors de l'épuration extrarénale : les molécules de gaz se déplacent du milieu où la concentration est la plus forte vers celui où elle est la plus faible. L'oxygène diffuse donc de l'air insufflé (haute concentration) vers l'alvéole (faible concentration) et inversement pour le CO<sub>2</sub> (fig. 7).

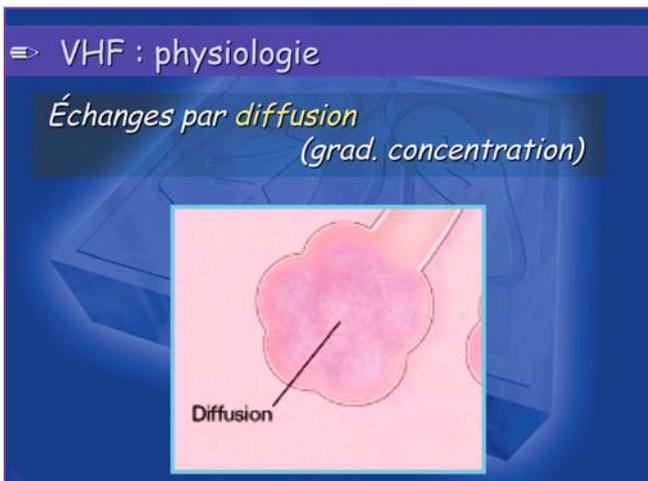


Figure 7 : Échanges par différence de concentration (diffusion).

• Le point clé à retenir pour résumer ces phénomènes multiples et complexes est que « l'énergie transmise aux molécules de gaz par les hautes fréquences et les débits élevés tend à augmenter la « mixique » dans les voies aériennes. Le résultat net est que les gaz frais atteignent les alvéoles » (Arthur Slutsky [27]).

La technologie mise en jeu se résume habituellement en un flux de gaz frais administré à très haut débit, tronçonné à haute fréquence par un piston ou une membrane (fig. 8).

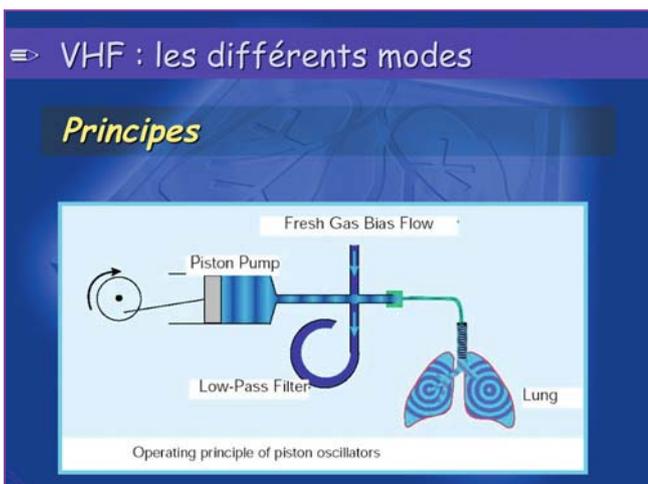


Figure 8 : Principe de la ventilation à haute fréquence.

Quatre modes de ventilation à haute fréquence sont actuellement disponibles :

• High Frequency Jet Ventilation (HFJV) / Jet Ventilation à Haute Fréquence (JVHF) :

Ce mode permet d'administrer un flux de gaz à haut débit (réglable) et à fréquence élevée (réglable). L'administration n'est possible qu'à travers un cathéter ou une sonde de très petite taille. Le gaz insufflé n'est pas humidifiable. Ceci en limite les indications aux processus de courte durée, c'est-à-dire à la chirurgie : chirurgie laryngée, chirurgie des fistules broncho-pleurales.

• High Frequency Positive Pressure Ventilation (HFPPV) :  
Ce mode permet d'administrer des gaz à pression élevée grâce à un débit de gaz frais lui aussi élevé (150-250 l/min). La gamme de fréquence est de 10-15 Hz (600-900 coups/min)

dans le cadre d'un cyclage par le temps. Le circuit est de type ouvert, l'expiration est passive et un système de venturi autorise l'admission d'air ambiant. Ce mode n'est plus disponible qu'en tant que mode additionnel sur des ventilateurs pédiatriques ; il a néanmoins permis l'essor de la ventilation à haute fréquence dans les services de néonatalogie.

• High Frequency Oscillatory Ventilation (HFO ou HFOV) :  
L'élément moteur est ici non pas un piston mais une membrane de type « haut parleur ». La force motrice est assurée par la mise en jeu de la membrane qui assure ainsi la propulsion des gaz mais également leur retrait lorsque la membrane revient à sa position d'équilibre ; l'expiration est de ce fait active, à la différence des autres modes de ventilation haute fréquence. La force motrice est proportionnelle à la taille de la membrane. Le cyclage est un cyclage par le temps, sur une gamme de fréquence comprise entre 5 et 50 Hz (300 à 3000 coups/min). Le signal obtenu inscrit une courbe sinusoïdale (fig. 9) caractérisée par l'amplitude, la pression moyenne et la PEP (différence entre le point le plus bas de la sinusoïde et le point zéro). C'est en modulant ces différents paramètres que l'on modifie les échanges gazeux :

\* **L'oxygénation** est proportionnelle à la pression moyenne (et à la  $FiO_2$ ).

\* **L'élimination du  $CO_2$**  est proportionnelle à l'amplitude du signal.

\* **Le recrutement alvéolaire** dépend de la pression moyenne, de la PEP et de la fréquence des oscillations.

Si de nombreuses études tendent à montrer que cette technique offre des avantages au sein d'une population pédiatrique ou néo-natale (au point d'en faire une méthode de référence), chez l'adulte victime d'ARDS, les résultats obtenus sont contradictoires et la place de cette technique reste à préciser [28]. Il semble néanmoins que les meilleurs résultats sont observés lorsque la technique est employée précocement en situation d'insuffisance respiratoire aiguë grave [28].

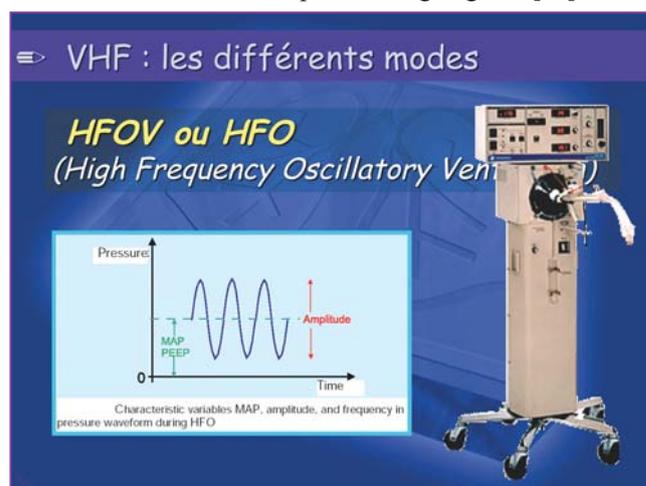


Figure 9 : Courbe pression/temps sous HFO.

• High Frequency Percussive Ventilation (HFPPV) ou Ventilation Percussive à Haute Fréquence (VPHF) :

Inventée il y a une trentaine d'années par le Dr Bird [29], tout d'abord pour assurer le désencombrement via des machines dites « de domicile », cette méthode originale insuffle un gaz à haut débit (150-250 l/min) sur la base d'un cyclage par le temps (5-15 Hz soit 300-900 cycles/min) à l'aide d'un dispo-

sitif spécifique appelé Phasitron®. Ce dispositif est en fait un convertisseur débit-pression doté d'un mécanisme de venturi mobile faisant appel aux principes d'écoulement des gaz de Bernouilli et Venturi (fig. 10). Le ventilateur proposé pour la réanimation (Percussionnaire VDR4®) est un appareil totalement pneumatique.

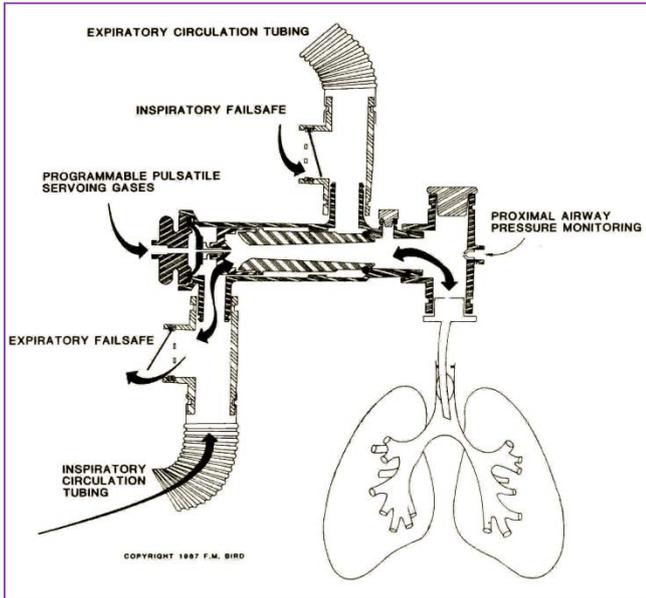


Figure 10 : Convertisseur débit/pression Phasitron® (document Percussionnaire corp.®).

La VPHF inscrit une courbe pression-temps originale avec deux niveaux de fréquence : une fréquence basse (proche de celle observée en ventilation conventionnelle) et une haute fréquence appelée « fréquence de percussion » par le constructeur (fig. 11). La courbe peut être interprétée comme une ventilation conventionnelle à deux niveaux de pression (type BIPAP) à laquelle se surajoute une haute fréquence type HFO (fig. 12); cette simplification facilite la compréhension du mode ventilatoire et aide à ajuster les réglages des paramètres :

- \* **L'oxygénation** est proportionnelle à la pression moyenne (et à la  $FiO_2$ ).
- \* **L'élimination du  $CO_2$**  est proportionnelle à la valeur de la basse fréquence.
- \* **Le recrutement alvéolaire** dépend de la pression moyenne, de la PEP et de la fréquence de percussion.

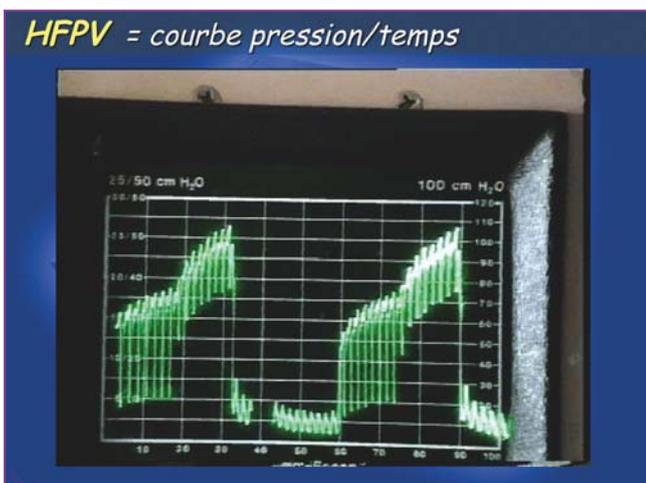


Figure 11 : Courbe pression/temps sous VPHF.

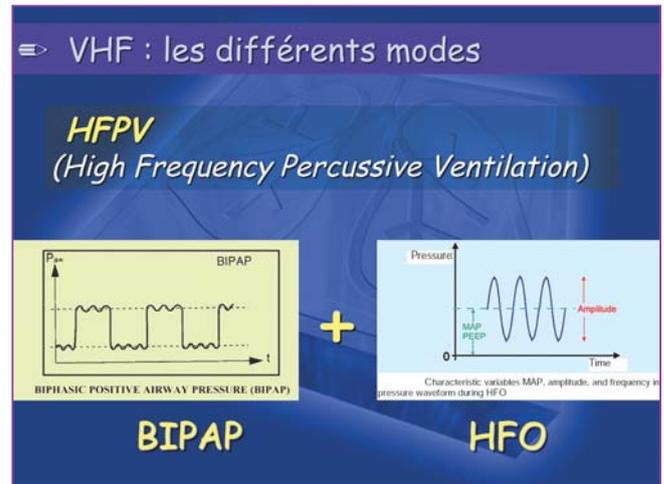


Figure 12 : Interprétation de la courbe pression/temps sous VPHF.

La VPHF a été utilisée pour la première fois chez l'adulte avec succès pour la prise en charge du SDRA en 1985 [30]. Chez le patient brûlé, plusieurs études démontrent l'intérêt de cette méthode pour limiter les conséquences du syndrome d'inhalation de fumées en améliorant les échanges gazeux et en réduisant l'incidence des pneumopathies comparativement à la ventilation conventionnelle [31-35]. Les effets bénéfiques seraient liés à la « percussion intrapulmonaire » réputée pour sa faculté à maintenir ouvertes les alvéoles et à faciliter le désencombrement (« toilette pulmonaire ») mais aussi par un effet « protecteur » lié à des pressions d'insufflation plus basses qu'en ventilation conventionnelle [36]. Ces effets bénéfiques provoquent une amélioration de la CRF (capacité résiduelle fonctionnelle), favorisent la clairance des sécrétions et limitent le barotrauma [36].

## ► Ventilation Percussive à Haute Fréquence, retour d'expérience

### 1) Premières utilisations

Le centre des brûlés dispose d'un appareil (Percussionnaire VDR4®) depuis 2004, tout d'abord mis à disposition par le constructeur puis acquis après évaluation. L'évaluation initiale n'a pas été facile car la compréhension des mécanismes sous tendant la VPHF, la médiocre ergonomie du produit et les difficultés de réglage du ventilateur ont restreint son utilisation initiale aux situations de sauvetage ci-dessous.

#### a) Cas clinique n°1

Il s'agit d'un patient de 68 ans victime de brûlures thermiques par flammes en milieu clos. Les brûlures sont graves au point d'engager le pronostic vital (29% de la surface corporelle, score de Baux = 107, indice ABSI = 10 et score UBS = 89) d'autant plus que le patient a développé un SDRA sur un syndrome d'inhalation de fumées. La défaillance respiratoire est sévère avec un Lung Injury Score (LIS) à 3,25 et un rapport P/F à 56,1 sous  $FiO_2 = 1$ . Le patient fait ainsi l'objet d'une ventilation conventionnelle conforme au consensus : mode volume contrôlé, hypercapnie permissive respectant une  $Pplat < 30$  cmH<sub>2</sub>O, sédation-curarisation. Le décubitus ventral et l'oxyde nitrique ont été testés mais le patient ne s'avère pas



répondeur. La situation respiratoire est donc très grave puisqu'en dépit d'une PEP élevée (+15 cmH<sub>2</sub>O) le rapport P/F est très dégradé. La ventilation conventionnelle conduit dès lors à une impasse thérapeutique. Il y a donc deux solutions à proposer : soit recourir à l'ECMO, soit faire appel à la VPHF. La première solution ne peut être retenue car la logistique de l'époque rend la mise en œuvre de l'ECMO quasi impossible pour ce cas particulier. Le patient est donc placé sous VPHF.

Les effets sur l'oxygénation sont spectaculaires et quasi immédiats (fig. 13) puisque le rapport P/F est multiplié par 4 en deux heures (résultat maintenu à J+1) et multiplié par 6 à J+5. La FiO<sub>2</sub> peut ainsi être abaissée à 80% dès la deuxième heure et ramenée à 50% dès J+4. L'hypercapnie disparaît dès la première heure d'utilisation.

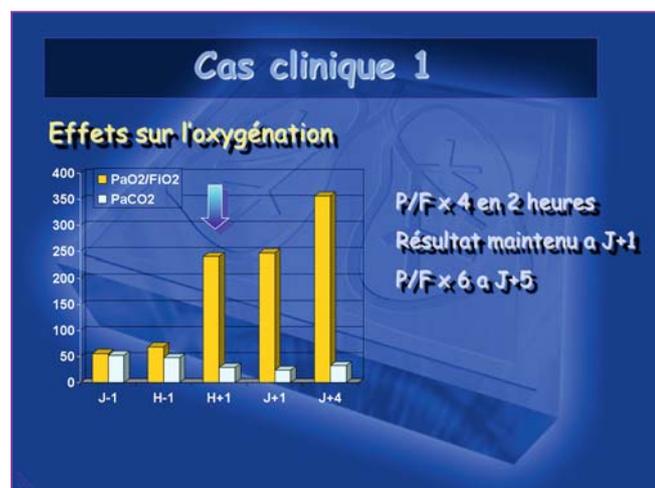


Figure 13 : Cas clinique n°1 : effets sur l'oxygénation.

Les effets sur la mécanique ventilatoire (fig. 14) sont, eux aussi, spectaculaires : la pression moyenne baisse d'1/3 dans les deux premières heures et la PEP peut aussi être réduite à une valeur inférieure à la dizaine dès J+4.

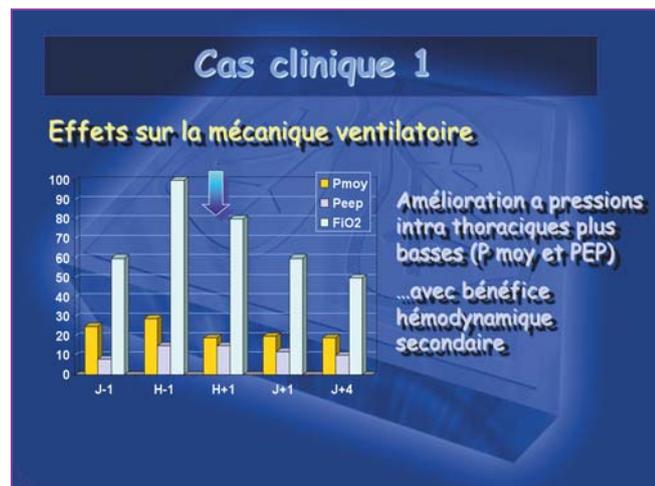


Figure 14 : Cas clinique n°1 : effets sur la mécanique ventilatoire.

Par ailleurs, parallèlement à l'amélioration des échanges gazeux, on constate de meilleures conditions hémodynamiques avec une élévation du débit cardiaque et de la pression artérielle permettant de réduire rapidement le support aminocatif. Ce bénéfice secondaire, inattendu mais important, peut être interprété comme une diminution des pressions intrathoraciques et de leur contrainte hémodynamique.

L'appareil dont l'utilisation avait été initialement prévue comme temporaire, pour passer un cap difficile, ne peut être enlevé et la VPHF doit être prolongée ; elle sera maintenue jusqu'à l'apparition des critères de sevrabilité. Le sevrage a été mené dans les règles et avec succès ; le patient a survécu.

### b) Cas clinique n°2

Ce patient de 42 ans effectuait une opération de maintenance sur une locomotive. C'est en passant à proximité de la caténaire qu'un arc électrique s'est produit, embrasant les vêtements du patient et occasionnant sa chute sur le quai. Le patient, gravement brûlé (48% SC, score de Baux = 90, UBS = 138) a rapidement développé une défaillance respiratoire aiguë grave (LIS = 3,5). Celle-ci est expliquée par un traumatisme thoracique complexe (plaie pulmonaire gauche avec pneumothorax, une contusion pulmonaire droite), aggravé par les lésions parenchymateuses produites par un syndrome d'inhalation de fumées. La prise en charge s'avère délicate puisque le poumon droit présente un syndrome restrictif type SDRA (imposant une ventilation volumétrique à petit Vt et des manœuvres de recrutement avec PEP élevée) alors que le poumon gauche, dont le parenchyme paraît sain, présente une fuite pulmonaire importante (qui impose une ventilation barométrique au plus faible régime de pression possible). Le mode ventilatoire choisi est barométrique mais il n'est pas possible d'afficher une valeur de PEP < 10 cmH<sub>2</sub>O. Dans ces conditions, la fuite persiste et les échanges gazeux sont médiocres (rapport P/F = 94,1 sous FiO<sub>2</sub> = 0,7). Il est clair que poursuivre la ventilation conventionnelle dans ces conditions conduit à une impasse. Il n'y a donc que deux choix possibles : soit recourir à la ventilation à poumons séparés, soit faire appel à la VPHF. La première solution est rapidement écartée car il s'agit de réintuber avec une sonde à double courant un patient précaire au plan respiratoire, présentant par ailleurs les conditions d'une intubation difficile – brûlures de la face – et déjà trachéotomisé. Il s'agit également de connecter le patient à deux respirateurs identiques asservis entre eux (pour que leurs cycles soient concomitants) alors même que la mécanique ventilatoire de chaque poumon est très différente, imposant certainement des réglages très différents de chaque machine. Le recours à la VPHF paraît la solution la plus réaliste.

L'amélioration des échanges gazeux est immédiate (fig. 15 et 16) avec une élévation du rapport P/F, dès la première heure, élévation en progression régulière jusqu'à J+4 où celui-ci atteint 350 (la FiO<sub>2</sub> peut ainsi être abaissée jusqu'à 0,5). L'amélioration des échanges gazeux concerne aussi le CO<sub>2</sub> puisque l'hypercapnie disparaît en quelques heures. Les effets attendus sur la mécanique ventilatoire, sont observés (fig. 16) : c'est ainsi que la baisse du régime de pressions intrathoraciques est effective permettant le tarissement de la fuite pulmonaire en 48 heures et le retrait du drain thoracique à J+4. Dans ces conditions, la ventilation devient simple à mener et la VPHF peut être interrompue vers le dixième jour, dès la constatation des premiers critères de sevrabilité. Le sevrage a été mené de manière conventionnelle et conforme aux consensus ; le patient a survécu sans séquelles graves.

## Cas clinique 2

### Effets sur l'oxygénation

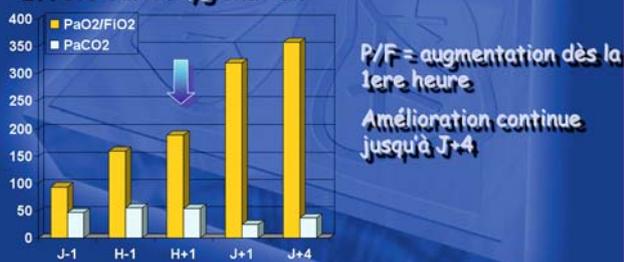


Figure 15 : Cas clinique n°2 : effets sur l'oxygénation.

## Cas clinique 2

### Effets sur la mécanique ventilatoire

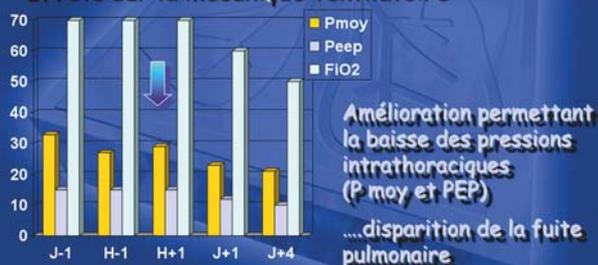


Figure 16 : Cas clinique n°2 : effets sur la mécanique ventilatoire.

### c) Cas clinique n°3

Il s'agit d'un patient de 77 ans victime de brûlures graves (36% SC, score de Baux = 133, ABSI = 11, UBS = 120) et qui développe une défaillance multiviscérale dans le cadre d'un état septique grave associé à la brûlure. La défaillance respiratoire est un SDRA qui survient alors que le parenchyme pulmonaire est indemne de toute lésion directe ; elle s'inscrit dans un syndrome de défaillance multiviscérale. Le patient fait l'objet d'une prise en charge conforme au consensus (ventilation volumétrique contrôlée en hypercapnie permissive sous sédation – curarisation, manœuvres de recrutement). Décubitus ventral et oxyde nitrique s'avèrent peu efficaces. Il est nécessaire d'administrer une PEP à +15 cmH<sub>2</sub>O pour obtenir un rapport P/F à 136,5 sous FiO<sub>2</sub> = 0,8. La situation respiratoire apparaît précaire et la prise en charge choisie semble conduire à une impasse thérapeutique. Les bons résultats obtenus précédemment avec la VPHF nous incitent à remplacer la prise en charge conventionnelle par cette technique.

On constate alors un bénéfice immédiat sur les échanges gazeux (fig. 17) : le rapport P/F est multiplié par 3 en trois heures et s'élève de manière continue jusqu'à être multiplié par 7 à J+4, la PaCO<sub>2</sub> se normalise en quelques heures. Le bénéfice concerne aussi la mécanique ventilatoire avec, comme dans les cas précédents une amélioration des échanges gazeux pour des pressions intrathoraciques plus basses (fig. 18).

Cependant, l'amélioration initiale des conditions de pressions intrathoraciques, bien qu'efficace, ne se poursuit pas au cours du temps, les valeurs obtenues après quelques heures restant les mêmes jusqu'à J+4. Si la situation respiratoire est améliorée par la VPHF, il n'en est pas de même de la situation générale et le patient décèdera à J+5 d'un syndrome de défaillance multiviscérale échappant à la thérapeutique.

## Cas clinique 3

### Effets sur l'oxygénation



Figure 17 : Cas clinique n°3 : effets sur l'oxygénation.

## Cas clinique 3

### Effets sur la mécanique ventilatoire

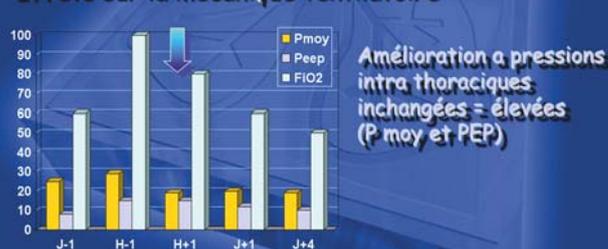


Figure 18 : Cas clinique n°3 : effets sur la mécanique ventilatoire.

## 2) Bilan

La VPHF a été utilisée pour la première fois dans notre centre pour faire face à des situations de sauvetage. Il s'agissait de cas où le thérapeute était confronté à des impasses thérapeutiques desquelles la ventilation conventionnelle ne permettait pas de s'extraire. Il n'est pas douteux que, sans recours à la VPHF, les deux premiers patients seraient décédés.

En outre, la VPHF a été utilisée dans des situations très différentes au plan physiopathologique : SDRA par agression pulmonaire directe, SDRA « extra pulmonaire » et défaillance respiratoire complexe dans le cadre d'un polytraumatisme.

Les leçons tirées de ces cas cliniques rendent indispensable à nos yeux l'implantation de la VPHF dans le centre des brûlés considérant que ne pas le faire implique une perte de chances pour le patient. Pour cela il nous faut obligatoirement prendre en compte les contraintes imposées par la mise en œuvre de la VPHF :



- La compréhension des mécanismes qui assurent les échanges gazeux sous VPHF est difficile à appréhender, à fortiori lorsqu'on n'intervient que de manière occasionnelle dans l'unité de soins (médecins de garde).

- L'ergonomie de l'appareil qui délivre la VPHF (Percussionnaire VDR4®) est médiocre avec notamment des boutons de réglages portant des libellés différents des paramètres qu'ils commandent (débit pulsé pour pression moyenne, CPAP oscillante pour PEP). Le rapport i/e en haute fréquence est commandé par un seul bouton alors qu'en basse fréquence on doit régler séparément le temps inspiratoire et le temps expiratoire. La commande de réglage de la FiO<sub>2</sub>, essentielle en matière de ventilation artificielle, est absente de la façade car positionnée sur le dessus du ventilateur et de ce fait peu visible (fig. 19).

- L'appareil est difficile à régler puisque plusieurs paramètres sont dépendants les uns des autres, rendant le processus de réglage délicat. Par ailleurs, les réglages doivent être réévalués périodiquement puisque l'appareil est conçu pour s'adapter à la mécanique ventilatoire du patient.

- Le monitoring pose problème puisque la mécanique ventilatoire est difficile à appréhender sous VPHF (absence de spirométrie, difficultés à interpréter les pressions mesurées et notamment la pression moyenne). Les seuls paramètres fiables et compréhensibles à notre disposition sont, in fine, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub> et pH. Par bonheur, lors de la mise en œuvre de la technique nous disposons de la mesure continue de ces trois paramètres à l'aide d'un dispositif à fibres optiques introduit dans le cathéter artériel du patient (système Trendcare®). Ce monitoring s'est avéré précieux.

- De plus, l'appareil, bien que pneumatique, est complexe et impose que son entretien et sa mise en place soient menés à bien par un groupe réduit de professionnels du service formés à cela.



Figure 19 : Percussionnaire VDR4®.

### 3) En pratique

Pour implanter la VPHF, il nous faut résoudre quatre types de problèmes :

- assurer l'apprentissage des utilisateurs de l'appareil, médecins de garde notamment ;
- assurer la logistique de la VPHF c'est-à-dire prévoir l'entretien, la maintenance et la mise en place de l'appareil ;

- améliorer l'ergonomie de la machine pour rendre son utilisation plus facile au quotidien ;

- définir le monitorage le plus utile en routine c'est-à-dire préciser les paramètres les plus utiles à surveiller et selon quelles modalités.

#### a) Apprentissage

Il ne semble pas possible de développer la VPHF sans un sérieux apprentissage, à l'instar de la ventilation conventionnelle, à la différence qu'avec la ventilation conventionnelle l'apprentissage est assuré au fil du temps par la formation à la réanimation.

Nous avons pour cela rédigé un memorandum de deux pages décrivant les principes de la VPHF sur la première page et sur la seconde les réglages de base ainsi que les paramètres à modifier face aux situations cliniques les plus courantes. Ce document est mis à disposition par voie d'affichage (au lit du malade et dans la chambre de garde) ainsi que sur l'intranet du service sous forme de fichier au format pdf. Il faut noter que les utilisateurs occasionnels que sont les praticiens de garde, après une période de perplexité, lorsqu'ils sont confrontés pour la première fois à la VPHF, sont rapidement convaincus, à l'usage, de son intérêt et sont de ce fait demandeurs d'une formation complémentaire qui leur est habituellement fournie au fil de l'eau par les praticiens de jour, lors des relèves ou à l'occasion de discussions informelles, voire par la littérature.

Il ne faut pas négliger non plus deux éléments de sécurité : la garde sur place est toujours doublée d'une astreinte seniorisée assurée par un des membres de l'équipe de jour et la VPHF est toujours doublée d'une ventilation conventionnelle « de secours » par un ventilateur standard pré-réglé, en ordre de marche, disponible au lit du malade. Ce dernier élément rassure les praticiens de garde et leur permet, le cas échéant de comparer la VPHF à la ventilation conventionnelle lorsqu'ils ont précisément recours à cette ventilation dite « de secours ».

Les professionnels de jour, permanents du service, se sont formés au fil du temps d'abord en assurant la VPHF lors de situations critiques telles que celles exposées plus haut, puis par des échanges avec d'autres utilisateurs y compris experts étrangers (congrès, club utilisateurs, sessions de formations spécialisées) complétés par la lecture de la littérature spécialisée. Le fabricant et le distributeur français jouent d'ailleurs un rôle très utile pour la formation des professionnels.

Lorsqu'un nouvel arrivant intègre l'équipe (assistant, interne, stagiaires étrangers), la formation de base est assurée par des cours magistraux, régulièrement mis à jour, donnés par les plus anciens, que complète une formation de terrain assurée par les plus expérimentés de l'équipe.

#### b) Aspects logistiques

L'appareil qui délivre la VPHF est complexe tant dans sa mise en œuvre que dans son utilisation. Le montage des lignes doit être rigoureux et un certain savoir-faire est indispensable à acquérir pour la mise en place de l'appareil,

notamment pour l'humidification des gaz inspirés. Il n'est pas possible que ce soit l'équipe médicale qui prenne en charge cette logistique car l'expérience nous a enseigné que cela ne fonctionne pas. La gestion technique de la machine doit être confiée à un petit nombre de professionnels susceptibles d'intervenir 24h/24 et 7 jours/7. Dans notre service c'est l'équipe de kinésithérapeutes, au nombre de quatre, qui gère cet aspect technique de la VPHF. En effet, le service dispose d'au moins un équivalent temps plein de kinésithérapeute présent pour assurer le service normal de jour et d'un équivalent temps plein, membre de l'équipe, mobilisable en astreinte en dehors du service normal de jour. Pour des raisons historiques, les kinésithérapeutes du service sont très au fait de la ventilation mécanique puisqu'ils sont issus – pour les plus anciens – d'un service de réanimation respiratoire dans lequel la gestion du parc de ventilateurs est confiée aux kinésithérapeutes. Par ailleurs plusieurs membres de l'équipe sont titulaires d'un diplôme inter universitaire d'assistance ventilatoire.

En pratique, c'est le réanimateur qui pose l'indication de VPHF et fixe les objectifs à atteindre, et c'est ensuite le kinésithérapeute qui met en place la machine et assure les premiers réglages. Le kinésithérapeute prend en charge le montage et la stérilisation des circuits tout comme la maintenance de l'appareillage en relation avec le service biomédical et le distributeur national.

Ces modalités sont efficaces mais ne sont pas nécessairement applicables à d'autres centres de brûlés. C'est ainsi qu'un autre centre de brûlés français qui utilise la VPHF en routine en a confié la gestion à son équipe d'infirmières anesthésistes diplômées d'état (IADE) puisque celles-ci au nombre de quatre sont strictement attachées au service et assurent une permanence sous forme d'astreinte.

### c) Ergonomie

L'ergonomie de l'appareil est médiocre et largement perfectible, en particulier pour l'interface utilisateur. Nous avons d'ailleurs largement encouragé, tout comme d'autres, le fabricant à l'améliorer. Ce dernier en est conscient car une ergonomie médiocre constitue un frein important à la diffusion de la VPHF, technique complexe à appréhender, d'autant plus que certains appareils de ventilation conventionnelle sont déjà dotés d'une ergonomie exemplaire (écrans tactiles, roue codeuse...).

Il est cependant possible d'améliorer quelque peu l'interface utilisateur. Pour notre part, nous avons choisi de remplacer le libellé de la façade par un étiquetage en français des paramètres que les boutons commandent (fig. 20). De plus, nous avons choisi des couleurs différentes pour distinguer les paramètres qui règlent la basse fréquence de ceux qui règlent la haute fréquence (fréquence de « percussion »).

De plus, lorsque la VPHF est installée, un panneau décrivant le panneau de commande et son monitoring est affiché au lit du malade (fig. 21).



Figure 20 : Percussionnaire VDR4® à l'ergonomie modifiée.

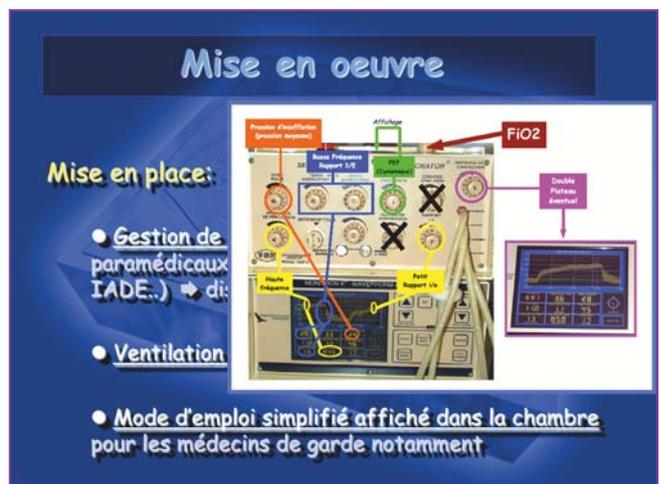


Figure 21 : Panneau affiché au lit du malade lors de chaque VPHF.

### d) Monitoring

C'est à notre sens le point faible de la méthode. En effet, il n'est pas possible d'avoir la moindre idée des volumes délivrés et des pressions mesurées (pression de crête et pression moyenne), seuls paramètres de mécanique respiratoire monitorés, ne donnant pas une idée précise de ce qui se passe au niveau alvéolaire. Par rapport à la ventilation conventionnelle, il manque un paramètre équivalent à la pression de plateau pour fixer les limites de sécurité à ne pas franchir.

Lorsque nous avons initié la VPHF, nous disposions du monitoring continu des « gazométries artérielles » (pH, pO<sub>2</sub> et pCO<sub>2</sub>). Celui-ci n'est malheureusement plus ni commercialisé ni même disponible. Nous sommes donc contraints de nous contenter de la SpO<sub>2</sub> et de la PetCO<sub>2</sub> avec les limites qui sont les leurs, notamment chez le brûlé.

La SpO<sub>2</sub> est dépendante d'un site permettant d'y placer le capteur. Il n'est pas toujours possible de disposer d'un site fiable et en peau saine chez le patient brûlé. De plus la valeur de la mesure dépend de la circulation capillaire, elle-même sous fonction de l'hémodynamique et de la température du patient. La mesure sera volontiers inopérante chez un patient hypothermique ou en état de choc, situations fréquentes chez le brûlé grave. Par ailleurs, les patients étant très souvent



manipulés (cures posturales, nursing, pansements), les déplacements du capteur sont fréquents. Tout ceci explique que la mesure de la SpO<sub>2</sub> – seul moyen d’appréhender l’oxygénation en continu – ne soit pas très fiable et s’avère très souvent artéfactée.

La mesure de la PetCO<sub>2</sub> est assurée par un dispositif dit « mainstream » à l’aide d’un capteur infrarouge étalonné par comparaison à une référence optique. La technique de mesure ne donne lieu à aucun prélèvement de gaz, le circuit respiratoire reste clos. Ceci est favorable à la prévention des pneumopathies associées à la ventilation mécanique et évite le dérecrutement mais explique les limites de la méthode : les valeurs lues sont très différentes de celles obtenues après mesure sur du sang artériel. Il existe un gradient de pression souvent supérieur à 10 mmHg qui nous interdit, de fait, toute interprétation de la valeur absolue des chiffres. Le seul intérêt de la méthode est qu’il s’agit d’une mesure continue et on peut donc espérer dégager une tendance à la hausse ou à la baisse du CO<sub>2</sub> expiré. Malheureusement, le signal n’est pas souvent stable et l’étalonnage doit être répété assez fréquemment. En somme, le seul moyen d’évaluer valablement les échanges gazeux reste la gazométrie artérielle, malheureusement discontinue, si bien que la mise en place d’une VPHF impose (pour l’instant) de multiplier les gazométries. Pour notre part nous réalisons des gazométries sur la base d’une mesure toutes les six heures que nous n’hésitons pas à répéter après chaque modification des réglages ou lorsque la situation l’exige.

## Conclusion

Proposée comme une alternative crédible à la ventilation conventionnelle, la VPHF présente des avantages qui en font, tout au moins chez le patient brûlé, une technique que l’on peut désormais proposer en première intention en lieu et place de la ventilation conventionnelle. Utilisée tout d’abord en sauvetage, celle-ci nous a convaincu de son intérêt au point de nous inciter à faire les efforts nécessaires pour nous l’approprier de sorte de pouvoir mettre en place la VPHF en routine dans toutes les situations d’insuffisance respiratoire, à titre curatif. L’expérience acquise nous permet désormais de l’utiliser également à titre préventif chez les patients victimes de syndrome d’inhalation de fumée pour éviter la défaillance respiratoire secondaire, en mettant à profit les capacités de la VPHF à assurer un désencombrement efficace. Nous envisageons aussi de l’utiliser pour le sevrage ventilatoire mais le faible nombre de machines à notre disposition nous en interdit l’usage pour l’instant.

Au terme de huit années d’expérience clinique, nous sommes convaincus de l’intérêt de la méthode pour la prise en charge des patients brûlés. Une diffusion plus large de la VPHF, notamment en réanimation polyvalente, requiert que le fabricant fasse les efforts nécessaires pour améliorer l’ergonomie de l’appareil et autorise l’accès à un monitoring performant et fiable des échanges gazeux. Il faudra aussi que l’on parvienne à établir les limites de réglage à ne pas dépasser de la même manière que la mesure de la pression de plateau fixe les limites de sécurité en ventilation conventionnelle.

## Summary

High Frequency Percussive Ventilation seems to be of major interest in order to ventilate the burn patient. It could prevent side effects associated with conventional ventilation and enhance removal of bronchial secretions, two properties very suitable for burn patient especially if smoke inhalation occurs. The present work intend to review HFPV, to assess his place as a weapon for burn care and to propose guidelines for practical use in the burn center.

## Bibliographie

- 1• Webb HH, Tierney DF. Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressures: protection by positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis* 1974;110:556-65.
- 2• Dreyfuss D, Basset G, Soler P, Saumon G. Intermittent positive-pressure hyperventilation with high inflation pressures produces pulmonary microvascular injury in rats. *Am Rev Respir Dis* 1985;132:880-4.
- 3• Tremblay L, Valenza F, Ribeiro SP, Li J, Slutsky AS. Injurious ventilatory strategies increase cytokines and c-fos m-RNA expression in an isolated rat lung model. *J Clin Invest* 1997;99:944-52.
- 4• Slutsky AS, Tremblay LN. Multiple system organ failure: is mechanical ventilation a contributing factor? *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:1721-5.
- 5• Ranieri VM, Suter PM, Tortorella C, et al. Effect of mechanical ventilation on inflammatory mediators in patients with acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 1999;282:54-61.
- 6• Artigas A, Bernard GR, Carlet J, Dreyfuss D, Gattinoni L, Hudson L, et al. The american-european consensus conference on ARDS, part 2. Ventilatory, pharmacologic, supportive therapy, study design strategies and issues related to recovery and remodelling. *Intensive Care Med* 1998 ; 24 :378-98.
- 7• The acute respiratory distress syndrome network – Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *New Engl J Med* 2000 ; 18 :1301-8.
- 8• Hickling KG, Henderson SJ, Jackson R. Low mortality associated with low volume pressure limited ventilation with permissive hypercapnia in severe adult respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1990;16:372-7.
- 9• Halter JM, Steinberg JM, Gatto LA et al. Effect of positive end-expiratory pressure and tidal volume on lung injury induced by alveolar instability. *Critical Care* 2007 ; 11 :R20.
- 10• Lachmann B. Open up the lung and keep the lung open. *Intensive Care Med* 1992;18(6):319-21.
- 11• Amato MBP, Barbas CSV, Medeiros DM, et al. Effect of a protective ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 1998;338:347-54.
- 12• Petrucci N, Iacovelli W. Lung protective ventilation strategy for the acute respiratory distress syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007(3):CD003844.
- 13• Putensen C, Theuerkauf N, Zinserling J, Wrigge H, Pelosi P. Meta-analysis: ventilation strategies and outcomes of the acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. *Ann Intern Med*. 2009;151(8):566-76.
- 14• Mancebo J, Fernandez R, Blanch L, Rialp G, Gordo F, Ferrer M, et al. A multicenter trial of prolonged prone ventilation in severe acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;173(11):1233-9.
- 15• Gattinoni L, Kolobow T, Tomlinson T et al. Low-frequency positive pressure ventilation with extracorporeal carbon dioxide removal (LFFPPV-ECCO2R) : an experimental study. *Anesth Analg*. 1978 ; 57 :470-7.
- 16• Rossaint R, Pappert D, Gerlach H, Lewandowski K, Keh D, Falke K. extra-corporeal membrane oxygenation for transport of hypoxaemic patients with severe ARDS. *Br J Anaesth* 1997 ;78 :241-6.
- 17• Morris AH, Wallace CJ, Menlove RL, et al. Randomized clinical trial of pressure-controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO2 removal for adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149:295-305.
- 18• Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane

oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2009;374:1351-63.

19• Wiedemann HP. Partial liquid ventilation for acute respiratory distress syndrome. *Clin Chest Med* 2000;21:543-54.

20• Kazerooni EA, Pranikoff T, Cascade PN and Hirschl RB. Partial liquid ventilation with perflubron during extracorporeal life support in adults: radiographic appearance. *Radiology* 1996;198:137-142

21• Morris KP, Cox PN, Mazer CD, Frndova H, McKerlie C, Wolfe R, et al. Distribution of pulmonary blood flow in the perfluorocarbon-filled lung. *Intensive Care Med* 2000;26:756-63

22• Rotta AT, Gunnarsson B, Hernan LJ, Fuhrman BP and Steinhorn DM. Partial liquid ventilation influences pulmonary histopathology in an animal model of acute lung injury. *J Crit Care* 1999;14:84-92

23• Kawamae K, Pristine G, Chiumello D, Tremblay LN and Slutsky AS. Partial liquid ventilation decreases serum tumor necrosis factor-alpha concentrations in a rat acid aspiration lung injury model. *Crit Care Med* 2000;28:479-83.

24• Van Eeden SF, Klut ME, Leal MA, Alexander J, Zonis Z, Skippen P, et al. Partial liquid ventilation with perfluorocarbon in acute lung injury: light and transmission electron microscopy studies. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2000;22:441-50

25• Hirschl RB, Pranikoff T, Gauger P, Schreiner RJ, Dechert R, Bartlett RH, et al. Liquid ventilation in adults, children, and full-term neonates. *Lancet* 1995;346:1201-1202

26• Henderson Y, Chillingsworth F, Whitney J: The respiratory dead space. *Am J Physiol* 1915, 38:1-19.

27• Slutsky AS, Drazen JM. Ventilation with Small Tidal Volumes. *N Engl J Med* 2002; 347:630-631

28• Ritacca FV, Stewart TE. Clinical review: High-frequency oscillatory ventilation in adults — a review of the literature and practical applications. *Critical Care* 2003, 7:385-390 (DOI 10.1186/cc2182)

29• Vienne M, Dziri-Richez C, Bensalah Tolba FZ, Vaillant-Ettaiche M, Navarre PY, Bougatef A. Forrest Morton Bird : quand l'aviation mène à la rééducation respiratoire. Forrest Morton Bird, or the story of an inventive aviator and respiratory physiology. *Journal de Réadaptation Médicale* 2009; 29:25-34. Doi : 10.1016/j.jmr.2008.10.002

30• Gallagher TJ, Boysen PG, Davidson DD, Miller JR, Leven SB. High frequency percussive ventilation compared with conventional mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1985;13:312-6.

31• Reper P, Wibaux O, Van Laeke P, Vandeenen D, Duinslaeger L, Vanderkelen A. High frequency percussive ventilation and conventional ventilation after smoke inhalation: a randomised study. *Burns* 2002;28:503-8.

32• Rue III LW, Cioffi WG, Mason AD, McManus WF, Pruitt Jr BA. Improved survival of burned patients with inhalation injury. *Arch Surg* 1993;128:772-80.

33• Hall JJ, Hunt JL, Arnoldo BD, Purdue GF. Use of high frequency percussive ventilation in inhalation injuries. *J Burn Care Res* 2007;28:396-400.

34• Salim A, Martin M. High frequency percussive ventilation. *Crit Care Med* 2005;33:S241-5.

34• Cortiella J, Mlcak R, Herndon D. High frequency percussive ventilation in pediatric patients with inhalation injury. *J Burn Care Res* 1999;20:232-5.

35• Reper P, Dankaert R, van Hille F, van Laeke P, Duinslaeger L, Vanderkelen A. The usefulness of combined high frequency percussive ventilation during acute respiratory failure after smoke inhalation. *Burns* 1998;24:34-8.

36• Starnes-Roubaud M, Bales EA, Williams-Resnick A, Lumb PD, Escudero JA, Chan LS, Garner WL. High frequency percussive ventilation and low FiO2. *Burns* 2012;38: 9 8 4 -91

Les auteurs des articles déclarent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt (ni financier, ni en nature, ni en service) entre eux et une organisation commerciale qui peut être liée directement ou indirectement avec leur présentation.

## Annnonce professionnelle

### CENTRE HOSPITALIER

## Saint Joseph • Saint Luc

20, quai Claude Bernard - 69007 LYON



Établissement privé participant au service hospitalier,  
Hôpital d'une capacité de 350 lits, activité polyvalente, doté d'un S.M.U.

### recherche

### Un médecin assistant spécialiste H/F en anesthésie-réanimation pour son centre des brûlés,

en CDD pour une durée de 2 ans (possibilité de renouvellement 2 ans),  
à temps plein, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 2010.

Activité polyvalente adulte et enfants, sur une structure de 15 lits dont 8 lits de réanimation,  
avec bloc opératoire intégré au service. Le Centre des brûlés collabore avec l'OMS.

Rémunération sur la base de la CCN de la FEHAP du 31/10/1951,

**Envoyer lettre de candidature manuscrite, C.V, titres et travaux, en 2 exemplaires à :**

Madame la directrice Générale du Centre Hospitalier St Joseph St Luc  
20, quai Claude Bernard - 69365 LYON CEDEX 07

Renseignements auprès :

- de M. le docteur François RAVAT, chef de spécialité  
Tél. 04 78 61 89 25 ou 61 62  
E-mail : [fravat@ch-stjoseph-stluc-lyon.fr](mailto:fravat@ch-stjoseph-stluc-lyon.fr)

- du Service des Affaires Médicales  
Tél. 04 78 61 83 06 ou 81 00  
E-mail : [mrey@ch-stjoseph-stluc-lyon.fr](mailto:mrey@ch-stjoseph-stluc-lyon.fr)

**Vous souhaitez passer une annonce ? Envoyez votre texte à : [revue-brulures@orange.fr](mailto:revue-brulures@orange.fr)**

# La réparation du préjudice corporel subi par une victime



U. NAKACHE, B. PEREZ  
Avocats - Paris (75)

## ► Comment passe-t-on de la condition de patient à celle de victime ?

**On est victime lorsque l'on a subi un dommage que l'on n'a pas volontairement recherché.**

La qualité de victime est inhérente au droit d'indemnisation.

1) Quel sera le devenir d'une victime d'un préjudice corporel à l'issue de son processus thérapeutique ?

2) Faut-il la laisser au bord de la route, affronter seule – diminuée physiquement, moralement et matériellement – les choses de son existence et celle de ses proches ?

Les termes de cette thématique ont été clairement énoncés par le Docteur Losser dans son mémoire médical :

*« Si la première préoccupation en matière de victimologie est le secours physique, psychique des victimes, le second devoir des intervenants, est d'informer les victimes sur l'accès à la justice pour faire valoir leurs droits et demander réparation ».*

En effet, cette réparation s'inscrit au regard de notre culture et de nos valeurs institutionnelles fondamentales :

### LA SOLIDARITÉ.

Pour paraphraser Monsieur Badinter, ex garde des sceaux :

*« C'est au nom de toute la solidarité et de toute la société que cette souffrance des victimes doit être prise en compte et respectée. »*

Les contours de cette réparation ont été définis par un arrêt rendu par la Cour de Cassation le 28 octobre 1954 pour y être défini dans les termes suivants :

*« Le fait de rétablir aussi exactement que possible l'équilibre détruit par le dommage et de replacer la victime au détriment du responsable dans la situation où elle se serait trouvée si l'acte dommageable n'avait pas eu lieu. »*

Ainsi, le principe qui gouverne l'étendue de la réparation est celui de l'équivalence entre la réparation indemnitaire et le dommage corporel.

## I. Sur l'étendue du dommage corporel

Il convient de rappeler la définition légale du handicap, telle que visée à l'article L114 du Code de l'Action Sociale et des Familles en application de la loi du 11 février 2005 selon laquelle :

*« Constitue un handicap au sens de la présente loi toute limitation d'activité et de restriction de participation à la vie en société subies dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé et invalidant ».*

C'est au regard de cette définition qu'une nomenclature, dénommée Dinthilac, a été établie en 2006 au regard de laquelle tous les aspects du dommage corporel ont été reconnus et ont été spécifiquement définis (tableau page suivante).

Ainsi, cette dimension de l'intégralité doit y trouver sa résonance :

- **au niveau du dommage** : l'élément factuel, c'est-à-dire la lésion, l'événement traumatique, le parcours thérapeutique ;
- **au niveau de la déficience** : c'est-à-dire la description de l'altération ou de l'abolition soit d'une structure anatomique soit d'une fonction organique ou encore une atteinte psychosensorielle ;
- **au niveau du préjudice** :
  - d'une part, les incapacités résultant du déficit à réaliser, des gestes, actes ou mouvements,
  - d'autre part, les différentes atteintes qui affectent la victime dans l'exercice de ses droits.

## ► La nomenclature Dintilha

PRÉJUDICES PATRIMONIAUX TEMPORAIRES AVANT CONSOLIDATION	
<b>Dépenses de santé actuelles</b> Assumées par les organismes sociaux Assumées par	
<b>Frais divers</b>	
<b>Perte de gains professionnels</b> Pertes réelles de	
PRÉJUDICES PATRIMONIAUX PERMANENTS AVANT CONSOLIDATION	
<b>Dépenses de santé futures</b> Assumées par les organismes sociaux Assumées par Monsieur	
<b>Pertes de gains professionnels futures</b>	
<b>Incidence Professionnelle</b>	
<b>Tierce Personne</b>	
<b>Frais de logement adapté</b>	
<b>Frais de véhicule adapté</b>	
<b>Préjudice scolaire, universitaire ou de formation</b>	
PRÉJUDICES EXTRA PATRIMONIAUX TEMPORAIRES AVANT CONSOLIDATION	
<b>Déficit fonctionnel temporaire total</b>	
<b>Déficit fonctionnel temporaire partiel</b>	
<b>Souffrances endurées</b>	
<b>Préjudice esthétique temporaire</b>	
PRÉJUDICES EXTRA PATRIMONIAUX PERMANENTS APRÈS CONSOLIDATION	
<b>Déficit fonctionnel permanent</b>	
<b>Préjudice esthétique</b>	
<b>Préjudice d'agrément</b>	
<b>Préjudice sexuel</b>	
<b>Préjudice d'établissement</b>	
<b>Préjudice permanent exceptionnel</b>	
PRÉJUDICES EXTRA PATRIMONIAUX ÉVOLUTIFS (HORS CONSOLIDATION)	
<b>Préjudice lié à des pathologies évolutives</b>	

Par cette nomenclature, nous disposons d'un outil de nature à permettre la saisine de tous les postes de préjudice corporel répondant à un caractère incontestable en respectant :

- d'une part, le principe d'une indemnisation complète et équitable,
- d'autre part, celui d'une égalité de traitement entre toutes les victimes.
- de même, une distinction dans les valeurs :
  - préjudices relevant de l'AVOIR (pertes de revenus, frais médicaux restés à charge, nécessité d'aide matérielle et d'aide humaine...)
  - préjudices relevant de l'ÊTRE (tout ce qui relève des pertes de qualité de vie, souffrances tant physiques que morales...)

## ► Observations

Il convient toutefois de relever qu'il s'agit là d'un **aspect qualitatif** puisqu'il est procédé à une description et à une définition de chacun des postes de préjudice.

Il n'en demeure pas moins que les **aspects quantitatifs** ne sont pas unitaires.

En effet, sur le plan quantitatif, nous disposons d'un outil qui est le barème indicatif du CONCOURS MÉDICAL.

Pour ce qui concerne les séquelles cutanées, le taux d'incapacité permanente proposé est variable suivant l'étendue de la lésion et l'importance des séquelles.

À titre d'exemple :

Surface de la lésion : de 20 à 60 % implique un taux d'IPP de 10 à 25 %,

« L'état dépressif résistant » implique un taux d'incapacité permanente allant de 0 jusqu'à 20%.

**D'où l'évidente nécessité pour une victime d'être assistée par son médecin conseil lors des opérations expertales.**

## II - La dimension indemnitaire du préjudice

L'évaluation intégrale du préjudice, sur le plan médico-légal, implique la reconnaissance de l'intégralité de l'indemnisation qui est due à la victime.

- L'indemnisation se traduit en fractions monétaires destinées à compenser chaque poste de préjudice, de façon distincte, au regard de la personne elle-même et non pas de façon abstraite.

- Il s'agit de mettre en place une méthode de réparation qui restaure, autant qu'il est possible, la personne atteinte et blessée dans son état antérieur.

- La question est de savoir comment la victime va pouvoir rester acteur de son existence et sauvegarder ses droits fondamentaux.

**Cette sauvegarde est l'objectif cardinal de la notion de réparation intégrale et juste.**

## ► Observations

Les principes énoncés ci-dessus sont constants mais l'évaluation varie suivant la qualité du concours dont bénéficie la victime lors du règlement de son préjudice.

Les exemples sont multiples et nombreux.



Nous prendrons un seul exemple : le dossier V

- Offre de la compagnie d'assurance dans sa globalité : 950.000 €
- Décision obtenue : 2.028.00 €

Spécifiquement sur deux postes de préjudices :

**1) Les souffrances endurées :**

- Offre de la compagnie : 100.000 €
- Décision du tribunal : 150.000 €

**2) Pour ce qui concerne l'aide humaine, c'est-à-dire la tierce personne :**

- Offre de la compagnie : 350.000 €
- Décision du Tribunal : 606.000 €

**III. Voies et moyens**

La réparation d'un préjudice corporel est un long parcours.

- Ce parcours commence par la survenance d'une lésion.
- Il se poursuit par :
  - les soins.
  - la reconnaissance du statut de victime.
  - la reconnaissance du dommage corporel et son étendue.
- Il aboutit enfin à cette réparation indemnitaires intégrales du préjudice.

La victime, et c'est son droit absolu, a vocation à une réparation intégrale et juste de son préjudice.

Le règlement de l'indemnisation est assumé par une compagnie d'assurance.

Une compagnie d'assurance n'est pas une institution étatique mais une société privée qui poursuit des objectifs mercantiles d'où nécessairement une opposition d'intérêt entre :
 

- d'une part, la compagnie d'assurance
- d'autre part, la victime.

**Une victime peut-elle aborder seule cette confrontation ?**

- **Au niveau de l'évaluation du dommage corporel :**  
Elle aura à subir une expertise médicale spécifique appropriée à la nature de son dommage.

Pour les besoins de cette expertise, il est pertinent et opportun que la victime soit assistée par des conseils appropriés tant dans le domaine médical que paramédical : médecins, ergothérapeutes, psychologues.

- **Au niveau du règlement du préjudice :**  
Il y aura là une confrontation au niveau des évaluations financières, notamment, portant sur :
  - l'évaluation du coût d'une aide humaine et matérielle,
  - l'évaluation du préjudice professionnel,
  - la reconnaissance et l'évaluation de tous les préjudices personnels.

Là encore, il est pertinent et opportun pour la victime d'être assistée par un avocat spécialiste dans le domaine de la réparation du préjudice corporel.

Les exemples de confrontation sont nombreux et multiples.

Exemple :

Tierce personne visant une victime âgée de 30 ans.

Nécessité d'une aide humaine : 8 heures par jour soit sur l'année y compris les congés payés 3.200 heures

Évaluation suivant capitalisation barème 2004-2008 : taux d'euro de rente 24.129

Évaluation de la compagnie d'assurance de cette aide humaine à raison de 13 € de l'heure x 3.200 x 24.129

**Total : 1.003.766,40 €**

Évaluation faite et présentée de façon appropriée devant les juridictions à raison de 20 € de l'heure, nous arrivons à un calcul de **1.536.000 €**.

**Il ne s'agit pas d'une bataille de chiffre.**

**Il s'agit d'un choc sur des valeurs.**

**Il ne s'agit pas de compassion.**

**Il s'agit de compensation.**

**► Conclusion**

La réparation intégrale du préjudice s'inscrit dans nos valeurs institutionnelles : **LA SOLIDARITÉ**

Cette solidarité, ce n'est pas un vain mot dont on se gargarise dans des salons ou lors des discussions philosophiques.

C'est une obligation ardente, telle que précisée dans notre droit positif, à savoir :

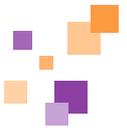
**Informez les victimes de l'existence de leurs droits dans un cadre intégral.**

Qu'il me soit permis de reprendre les propos tenus par le Docteur Losser dans son mémoire suscité :

*« C'est au nom de nos valeurs républicaines que s'impose désormais cette obligation qu'est la réparation du préjudice corporel d'une victime ».*

*« Lorsqu'un corps est atteint, la réparation est une compensation qui permet de construire une autre vie, une vie digne ».*

*Maître Victor Nakache et Maître Béatrice Perez sont membres de la SELARL NAKACHE PEREZ.*



## Simone TEICH ALASIA

Nous avons appris le décès à l'âge de 97 ans du Pr Simone TEICH ALASIA, qui dirigea pendant longtemps le centre de brûlés de Turin. Figure majeure de la brûlure en Italie, sa renommée était mondiale et il a tenu une place importante à l'ISBI. Cette renommée fut d'ailleurs reconnue par le prix Whitaker en 1990. Grand ami de la France, dont il parlait parfaitement la langue, il assista à plusieurs congrès de notre

société et fut l'un des principaux instigateurs du congrès commun des sociétés de brûlologie de nos deux pays en 1992 au Val d'Aoste dont les plus anciens de la SFETB se souviennent avec émotion.

La SFETB s'associe à la peine de nos confrères italiens et les assure que le souvenir de l'homme de science et de haute culture qu'était notre ami Simone ne s'effacera pas.

*Serge Baux*

Retrouvez également la revue

# Brûlures

Revue Française de Brûlologie

sur notre site internet [www.brulure.org](http://www.brulure.org)

## BULLETIN D'ABONNEMENT • Revue « Brûlures »

### Tarif Abonnement

Je désire m'abonner à la revue « Brûlures »

#### Non-membres de la SFETB :

- 1 an/4 numéros : 50 euros
- 2 ans/8 numéros : 100 euros



#### Membres de la SFETB :

↳ Abonnement compris dans la cotisation.

Bulletin à renvoyer accompagné du règlement à l'ordre de la SFETB à :

**Techni Média Services - Revue Brûlures**  
BP 225  
85602 Montaigu Cedex

Si l'adresse de facturation est différente de celle de l'envoi de la revue, merci de le préciser.

Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

CP : ..... Ville : .....

Pays : .....

Tél. : .....

Fax : .....

E-mail : .....

Date : ..... / ..... / 20 ..... Signature : .....

*Document pouvant être photocopié.*

## Index des titres d'articles

**A**

- Articles de l'année : Vol. XIII n°3, p. 109, Sept. 2012

**B**

- Blast : Vol. XIII n°3, p. 102, Sept. 2012  
 - Brûlures profondes des mains du jeune enfant, prévention des séquelles par plaquettes de mains : Vol. XIII n°3, p. 113, Sept. 2012

**C**

- Conséquence d'une atteinte respiratoire directe sur les données obtenues par thermodilution transpulmonaire à la première semaine d'évolution d'une brûlure grave : Vol. XIII n°1, p. 12, Mars 2012

**E**

- Editorial : Vol. XIII n°1, p. 3, Mars 2012  
 - Editorial : Vol. XIII n°2, p. 35, Juin 2012  
 - Editorial : Vol. XIII n°3, p. 91, Sept. 2012  
 - Editorial : Vol. XIII n°4, p. 123, Déc. 2012

**F**

- Forrest Morton Bird : Quand l'aviation mène à

la réanimation et à la rééducation respiratoire : Vol. XIII n°2, p. 37, Juin 2012

**I**

- Infections liées aux cathéters veineux centraux chez les brûlés en réanimation : Vol. XIII n°1, p. 20, Mars 2012

**L**

- La thérapie matricielle, une nouvelle branche de la médecine régénérative et ses applications dans le traitement des brûlés : du fondamental à la clinique : Vol. XIII n°1, p. 23, Mars 2012  
 - La réparation du préjudice corporel subi par une victime : Vol. XIII n°4, p. 147, Déc. 2012

**N**

- Notes de lecture : Vol. XIII n°1, p. 28, Mars 2012  
 - Notes de lecture : Vol. XIII n°3, p. 119, Sept. 2012  
 - Notice nécrologique : Pierre Hardy : Vol. XIII n°3, p. 117, Sept. 2012  
 - Notice nécrologique : André Zagamé : Vol. XIII n°3, p. 118, Sept. 2012

- Notice nécrologique : Simone Teich Alasia : Vol. XIII n°4, p. 150, Déc. 2012

**P**

- Prise en charge chirurgicale des brûlures chimiques de la face à l'acide chlorhydrique : Vol. XIII n°1, p. 17, Mars 2012  
 - Physiopathologie des lésions pulmonaires des brûlés : Vol. XIII n°3, p. 98, Sept. 2012

**T**

- Table ronde : Les séquelles des brûlures de la main : Vol. XIII n°1, p. 4, Mars 2012  
 - Table ronde Chirurgie : Les couvertures temporaires : Vol. XIII n°3, p. 92, Sept. 2012  
 - Table ronde Chirurgie : Les couvertures définitives : Vol. XIII n°4, p. 124, Déc. 2012  
 - Table ronde Réanimation : Les problèmes pulmonaires : Vol. XIII n°3, p. 98, Sept. 2012  
 - Table ronde Réanimation : Le poumon du brûlé : Vol. XIII n°4, p. 133, Déc. 2012

**V**

- Ventilation percussive à haute fréquence chez le brûlé. Pourquoi ? Comment ? : Vol. XIII n°4, p. 136, Déc. 2012

## Index des auteurs

**A**

- Ababou K. : Vol. XIII n°1, p. 17, Mars 2012  
 - Al Harbi S. : Vol. XIII n°1, p. 23, Mars 2012  
 - Annouhi MA. : Vol. XIII n°1, p. 17, Mars 2012  
 - Arnould JF. : Vol. XIII n°3, p. 98, Sept. 2012  
 - Arnould JF. : Vol. XIII n°3, p. 102, Sept. 2012

**B**

- Baux S. : Vol. XIII n°3, p. 117, Sept. 2012  
 - Baux S. : Vol. XIII n°4, p. 150, Déc. 2012  
 - Barritault D. : Vol. XIII n°1, p. 23, Mars 2012  
 - Benillan N. : Vol. XIII n°1, p. 12, Mars 2012  
 - Benyamina M. : Vol. XIII n°1, p. 20, Mars 2012  
 - Bourdarias B. : Vol. XIII n°1, p. 12, Mars 2012  
 - Bourgeois E. : Vol. XIII n°1, p. 20, Mars 2012  
 - Bruel H. : Vol. XIII n°4, p. 136, Déc. 2012

**C**

- Castère JC. : Vol. XIII n°3, p. 118, Sept. 2012  
 - Chung E. : Vol. XIII n°4, p. 136, Déc. 2012  
 - Cutillas M. : Vol. XIII n°1, p. 12, Mars 2012

**D**

- Descamps H. : Vol. XIII n°3, p. 113, Sept. 2012  
 - Duteille F. : Vol. XIII n°2, p. 35, Juin 2012

**F**

- Filipe Garcia S. : Vol. XIII n°1, p. 23, Mars 2012

**G**

Gerson P. : Vol. XIII n°1, p. 12, Mars 2012

**H**

Hamada S. : Vol. XIII n°1, p. 17, Mars 2012  
 Hassam B. : Vol. XIII n°1, p. 17, Mars 2012

**I**

Ihrai H. : Vol. XIII n°1, p. 17, Mars 2012

**J**

Jaudoin D. : Vol. XIII n°4, p. 136, Déc. 2012

**L**

- Le Floch R. : Vol. XIII n°1, p. 28, Mars 2012  
 - Le Floch R. : Vol. XIII n°2, p. 35, Juin 2012  
 - Le Floch R. : Vol. XIII n°3, p. 98, Sept. 2012  
 - Le Floch R. : Vol. XIII n°3, p. 102, Sept. 2012  
 - Le Floch R. : Vol. XIII n°3, p. 119, Sept. 2012  
 - Le Touze A. : Vol. XIII n°4, p. 123, Déc. 2012  
 - Lossier M. : Vol. XIII n°1, p. 20, Mars 2012

**M**

- Magne J. : Vol. XIII n°1, p. 3, Mars 2012  
 - Moussaoui A. : Vol. XIII n°1, p. 17, Mars 2012

**N**

- Nakache V. : Vol. XIII n°4, p. 147, Déc. 2012  
 - Naux E. : Vol. XIII n°3, p. 98, Sept. 2012

- Naux E. : Vol. XIII n°3, p. 102, Sept. 2012

**O**

- Oueslati H. : Vol. XIII n°1, p. 20, Mars 2012

**P**

- Pannier M. : Vol. XIII n°3, p. 118, Sept. 2012  
 - Payre J. : Vol. XIII n°4, p. 136, Déc. 2012  
 - Perez B. : Vol. XIII n°4, p. 147, Déc. 2012  
 - Perro G. : Vol. XIII n°1, p. 12, Mars 2012  
 - Perro G. : Vol. XIII n°3, p. 91, Sept. 2012  
 - Pham J. : Vol. XIII n°1, p. 20, Mars 2012  
 - Plassat V. : Vol. XIII n°1, p. 23, Mars 2012  
 - Ponthus C. : Vol. XIII n°4, p. 136, Déc. 2012  
 - Poupelin JC. : Vol. XIII n°4, p. 136, Déc. 2012

**R**

- Ravat F. : Vol. XIII n°4, p. 136, Déc. 2012  
 - Robert A. : Vol. XIII n°1, p. 12, Mars 2012

**T**

- Tourabi K. : Vol. XIII n°1, p. 17, Mars 2012

**V**

- Vienne M. : Vol. XIII n°2, p. 37, Juin 2012  
 - Vinsonneau C. : Vol. XIII n°1, p. 20, Mars 2012

**Z**

- Zakine G. : Vol. XIII n°1, p. 23, Mars 2012