

DISPOSITIFS MÉDICAUX
& PROGRÈS EN

DIALYSE

Sommaire

3

PRÉFACE

4

Quand la dialyse est venue
au secours du rein

7

HÉMODIALYSEUR

En quête de perméabilité et de compatibilité

11

GÉNÉRATEUR D'HÉMODIALYSE

Le moteur de la dialyse

15

SYSTÈME DE TRAITEMENT D'EAU POUR HÉMODIALYSE

La quête de la pureté

19

CYCLEUR DE DIALYSE PÉRITONÉALE ET DIALYSE PÉRITONÉALE

La complémentaire de l'hémodialyse


23

CATHÉTERS ET AUTRES ABORDS VASCULAIRES

Les voies royales vers le sang

27

GLOSSAIRE

Les mots techniques ou scientifiques expliqués sont
accompagnés dans le texte du symbole 

29

SOURCES et REMERCIEMENTS

Préface

Cinquante ans d'innovations technologiques au service des insuffisants rénaux chroniques



Pr Michèle KESSLER

*Néphrologue, Professeur des Universités,
Chef du service de néphrologie du CHU de Nancy.*

La dialyse est la seule méthode de suppléance artificielle capable de suppléer de façon chronique et très prolongée la défaillance de fonctions vitales d'un individu.

En ce millénaire, où la médecine basée sur les preuves est reine, la survie pendant onze ans du premier patient dialysé chronique en mars 1960 a conduit Belding Scribner à écrire : « *Le traitement couronné de succès de Clyde Shields représente l'un des rares cas en médecine pour lequel un succès suffit pour entériner une nouvelle thérapie.* » C'est là, qu'après de nombreux travaux physiopathologiques puis expérimentaux, se situe la vraie révolution. Les patients qui ont, pour certains, survécu plus de quarante ans en dialyse sont là pour en témoigner.

Il a ensuite fallu convaincre, dans les pays développés, les acteurs des systèmes de santé qu'il était indispensable d'offrir ce traitement à tous les patients insuffisants rénaux chroniques n'ayant pas de contre-indication médicale absolue.

S'est alors ouverte une période très riche de cinquante ans d'innovations technologiques dont il faut souligner qu'elles sont la résultante d'une collaboration exemplaire entre médecins, scientifiques et industriels au service des patients et des soignants. Tous les aspects de la dialyse ont été concernés et sont rappelés dans cet ouvrage par les experts que nous avons la chance d'avoir dans notre pays. Ces innovations ont permis d'améliorer l'efficacité du traitement, sa tolérance, sa sécurité et d'imaginer de nombreuses modalités de mise en œuvre offrant ainsi aux patients des solutions personnalisées dans le but d'augmenter non seulement leur espérance de vie mais également leur qualité de vie.

Il me reste à souhaiter que les innovations à venir amènent des solutions encore plus efficaces et physiologiques.

Méconnue, la dialyse est pourtant une technique de suppléance rénale qui, en quelques décennies seulement, a réussi à venir au secours d'organes absolument vitaux, les reins. Regard sur l'histoire de la dialyse ou comment une succession d'innovations a permis de ne plus se limiter à la survie du malade, mais à l'aider à retrouver une certaine qualité de vie.

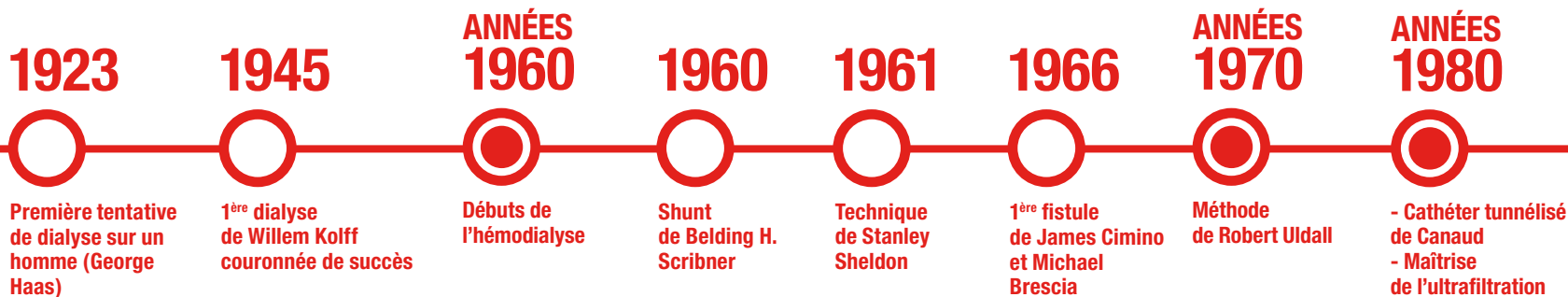
Quand la dialyse est

Les reins – jumeaux d'environ 12 centimètres de haut, larges et tout aussi épais de 3 centimètres – ont pour fonction de filtrer le sang et de le nettoyer. Ils en extraient diverses molécules de grosse taille et produisent ainsi un liquide contenant de l'eau, divers minéraux (potassium, sodium, glucose, acides aminés...), de l'urée et de l'acide urique. Ils remplissent en outre une autre fonction, celle de collecter puis, surtout, d'évacuer ce filtrat, maintenant ainsi l'équilibre hydro électrolytique de l'organisme. Il peut arriver que les reins, pour diverses raisons, ne fonctionnent plus ou plus assez bien. L'insuffisance rénale, grave dysfonctionnement des reins, a pour principales causes le diabète, les maladies cardiovasculaires et certaines maladies primitives des reins. C'est alors que, dans l'attente ou dans l'impossibilité d'une greffe, une dialyse peut être proposée pour suppléer la fonction rénale. Au 31 décembre

2012, on comptait 40 983 patients traités par dialyse et 32 508 vivant avec une greffe rénale fonctionnelle. Cette même année, 9 710 nouveaux patients ont démarré un traitement par dialyse et, pour 388, le premier traitement de suppléance a été une greffe préemptive (*Rapport annuel REIN 2012*). Et s'il existe aujourd'hui plusieurs techniques de dialyse, il n'en a pas toujours été ainsi.

L'AVENTURE DE LA DIALYSE OU L'HISTOIRE D'UNE BENJAMINE DE LA MÉDECINE

Bien que les principes physiques régissant la dialyse (diffusion, convection) fussent connus dès les XVIII^e et XIX^e siècles, ce n'est réellement que dans la deuxième moitié du XX^e siècle que cette technique a pu être utilisée chez l'homme. On ne peut dissocier la naissance de la dialyse de l'Histoire contemporaine : « C'est Willem Kolff qui, en 1943, fut le



venue au secours des reins



premier à s'attaquer réellement au traitement des personnes atteintes d'insuffisance rénale au cours de la Seconde guerre mondiale. Sa démarche était alors principalement destinée aux personnes >>>

1981

Travaux de Jose A. Diaz-Buxo et premiers pas de la DPA

ANNÉES 2000

Ultra-pureté de l'eau

qui souffraient d'insuffisance rénale aigüe, bien que la première patiente de Kolff souffrait d'une insuffisance rénale aigüe secondaire à une angiocholite. Elles étaient alors traitées quelques semaines pour permettre de restaurer la fonction rénale. C'était le seul moyen de les maintenir en vie ! rappelle le Pr Maurice Laville. Puis Belding Scribner, à Seattle, aux États-Unis, mit au point son fameux shunt[Ⓢ] artério-veineux pour permettre un abord vasculaire et donc un débit sanguin suffisant pour traiter des patients chroniques. » Rappelons que, dans les premières années, l'hémodialyse chronique était réservée à un petit nombre de patients, habituellement jeunes : « Imaginez-vous le cas de conscience que cela posait aux médecins d'alors ? Choisir un

patient sur un critère d'âge ? En cela, les innovations successives en dialyse ont tout changé ! » s'exclame avec reconnaissance Jean-Louis Lamorille, Président d'honneur de la Fnair (Fédération nationale d'aide aux insuffisants rénaux) Nord-Pas-de-Calais, sous dialyse depuis plus de 40 ans. Puis vinrent les travaux de Cimino et Breccia sur la fistule artério-veineuse, réduisant le risque d'infection et facilitant considérablement l'utilisation sur une longue période d'un accès vasculaire sûr, condition sine qua non du traitement de la dialyse chronique. « Enfin, Stanley Sheldon mit au point un cathéter qui permettait d'avoir un accès temporaire en piquant dans des veines de grosse taille comme la fémorale ou la jugulaire, de façon à faire la dialyse dans des conditions aigües sans fistule, celle-ci mettant environ un mois à se développer, retrace le Professeur Laville. Il y eut ensuite beaucoup de travaux sur le matériel et les matériaux, les membranes, leur perméabilité, la diminution du volume sanguin extracorporel afin de simplifier la méthode... Mais on a aussi porté attention aux machines elles-mêmes dans la fabrication du dialysat[Ⓢ], le contrôle de sa composition, la gestion du circuit de circulation du dialysat à travers les filtres... Toute une série d'innovations qui ont permis de rendre la dialyse plus sûre et de l'adapter à des situations variables, notamment à des patients plus fragiles. » >>>

>>> LE PATIENT AU CŒUR DE LA DIALYSE : SON BIEN-ÊTRE, MOTEUR D'INNOVATIONS

« Au fil du temps, l'épidémiologie de l'insuffisance rénale a évolué. Des patients de plus en plus âgés sont arrivés en dialyse : aujourd'hui, la moitié des patients a plus de 70 ans. On a donc affaire à des patients plus fragiles, notamment sur le plan cardiovasculaire. D'où la nécessité de développer des méthodes de dialyse qui diminuent l'agressivité cardio-vasculaire du traitement et permettent donc de traiter des patients plus fragiles dans de bonnes conditions de sécurité. » Tels ont été, selon le Professeur Laville, les défis à relever dans le domaine de la dialyse ces dernières décennies. En effet, si les premières dialyses ont été menées pour soigner exclusivement des patients atteints d'insuffisance aigüe, la deuxième moitié du XX^e siècle atteste de la volonté des chercheurs et des professionnels de santé de toujours chercher à alléger le traitement pour les patients : « Il s'agit de dialyser pour vivre et non de vivre pour être dialysé », a-t-on coutume de dire à la Fnair. Aujourd'hui, il s'agit de plus en plus d'adapter le traitement à chaque patient, selon son âge, son profil, ses activités sociales, familiales et professionnelles, etc. Bref, les innovations successives en matière de dialyse autorisent désormais à adapter la technique de dialyse (hémodialyse, auto-dialyse, dialyse péritonéale, dialyse à domicile, dialyse quotidienne, dialyse de nuit) au profil du patient. Et ce sont là des avancées plus que nécessaires, le patient jouant un rôle central dans la conduite du traitement, comme le souligne la Société de néphro-

gie : « Le patient a un rôle important (...). Le maintien d'un état de santé satisfaisant dépend de la bonne observance du traitement par dialyse, du suivi des règles hygiénodietétiques et du traitement (médicaments, vaccinations) (...). Il est possible et souhaitable de maintenir les activités physiques et professionnelles compatibles avec le traitement par dialyse. » Un rôle qu'il lui est aujourd'hui possible d'assumer pleinement.

VERS QUEL FUTUR EN DIALYSE ?

LA DIALYSE FACE À DE NOUVEAUX DÉFIS

En attendant la greffe qui reste, rappelons-le, la meilleure solution pour soigner l'insuffisance rénale, le rein artificiel portable demeure l'objet d'attention des professionnels de la dialyse : « L'un des grands problèmes de la dialyse, c'est que le patient est immobilisé pendant de longues et nombreuses heures. On aimerait pouvoir disposer de méthodes qui permettent de réaliser des traitements continus, qui soient portables afin que le patient puisse vaquer à ses activités tout en assurant la fonction d'épuration des reins. Peut-être même verra-t-on apparaître à long terme des reins artificiels implantables grâce à la miniaturisation des dispositifs, dont on bénéficie déjà. Le futur, c'est également l'individualisation croissante des traitements, pour les adapter aux caractéristiques médicales, psychologiques et au mode de vie des patients », rappelle le Professeur Laville. En outre, à l'heure de la télémédecine et du suivi à distance, le monde de la dialyse doit, lui aussi, relever le défi : « Aujourd'hui, le générateur de dialyse

À SAVOIR

LA LUTTE CONTRE LA COAGULATION

La dialyse s'accompagne d'un traitement anticoagulant du patient afin d'éviter la coagulation du sang dans le circuit de dialyse. Cette coagulation risque en effet de perturber, voire d'empêcher le déroulement de la dialyse. Le bon suivi du traitement anticoagulant du patient hors et pendant les séances de dialyse doit permettre à la fois d'éliminer cette coagulation tout en évitant les risques hémorragiques.

n'est plus seulement l'appareil qui fait circuler le sang et le dialysat pour éliminer les déchets. Il collecte également de nombreux paramètres et informations qu'il va s'agir de gérer, d'analyser et d'envoyer chez le prescripteur pour qu'il suive le patient en temps réel. Le générateur est aujourd'hui une sorte de « biosenseur ». Tout cela va rendre, demain, le système de la dialyse plus efficace, sans déperdition de temps et d'information, permettant ainsi de détecter au plus tôt les anomalies fonctionnelles, prédit le Professeur Bernard Canaud. Les générateurs étant déjà très sophistiqués, ce qui va faire la différence, c'est l'art d'utiliser toutes les informations qu'ils fournissent. Cette analyse permettra d'aller de plus en plus vers une médecine prédictive pour encore plus de sécurité et de bien-être pour le patient. » ■

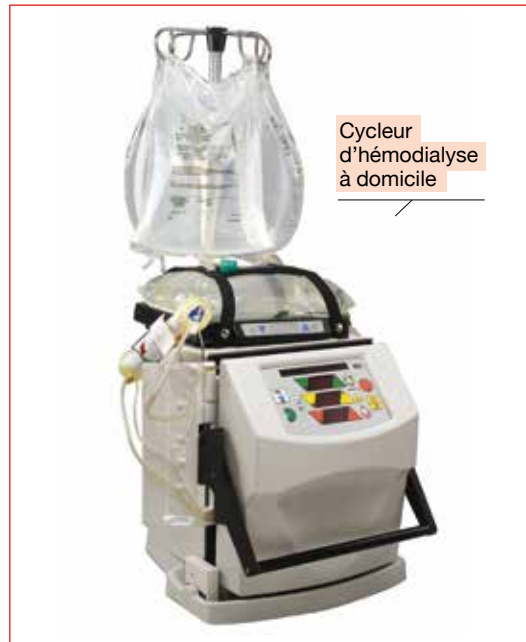
HÉMODIALYSEUR

En quête de perméabilité et de compatibilité

Avec le générateur, l'hémodialyseur est le dispositif qui est au centre de la technique d'hémodialyse. C'est d'ailleurs sur cette membrane et sur les moyens d'en améliorer les propriétés que de nombreux travaux ont été menés au fil de la jeune, mais dense, histoire de la dialyse.

À QUOI ÇA SERT ?

L'hémodialyse est une méthode de suppléance rénale qui permet de vivre avec un rein qui fonctionne peu ou plus. Il s'agit d'une technique d'épuration du sang au moyen d'un dispositif comportant un générateur et un hémodialyseur ou rein artificiel au sein duquel se font les échanges à travers une membrane séparant le sang du liquide de dialyse. Ce rein artificiel est jetable ou à usage unique (un par dialyse) selon les dispositifs. En cas d'insuffi-



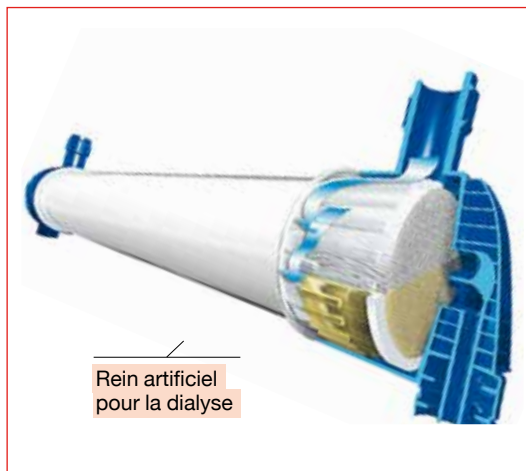
Cycleur d'hémodialyse à domicile

sance rénale, chronique ou aiguë, c'est lui qui va assurer l'ultrafiltration et l'épuration des toxines (telles l'urée et la créatinine) qui sont, chez un patient en bonne santé, éliminées par le rein naturel. C'est grâce à l'hémodialyseur que les échanges d'épuration peuvent se faire.

COMMENT ÇA MARCHE ?

Le dialyseur est composé d'une sorte de coque dans laquelle se trouvent des fibres creuses ou capillaires. En les déployant complètement, on obtiendrait une membrane continue d'environ 1,50 à 2 mètres carrés ! Elles constituent la membrane à travers laquelle le sang du patient est mis en contact avec le liquide de dialyse ou dialysat (dont la composition se rapproche du plasma), comme l'explique le Professeur Thierry Hannedouche, Chef du service de néphrologie et d'hémodialyse du Centre hospitalier de Strasbourg : « La dialyse est un processus d'échanges diffusifs à travers une membrane semi-perméable. Ces échanges sont gérés selon des gradients de concentration. La dialyse est régie par trois mécanismes : la diffusion, la convection (qui permet aujourd'hui d'épurer des substances d'un poids moléculaire plus important qu'auparavant) et l'adsorption^⑥ qui n'est significative qu'avec quelques membranes synthétiques fortement chargées. Ces trois mécanismes sont activés conjointement au cours d'une séance de dialyse mais à des degrés divers selon le maté- >>>

>>> riel que l'on utilise. En effet, il y a, dans le sang du patient, une substance à la concentration élevée telle l'urée. Si on met le sang du patient en contact avec une membrane semi-perméable contenant, de l'autre côté, le dialysat qui est, lui, complètement dépourvu d'urée, on va pouvoir générer, via cette membrane, un passage de l'urée du compartiment du sang vers le compartiment du dialysat si, et seulement si, les flux des deux compartiments vont en sens opposés. La semi-perméabilité de la membrane ajoutée au principe d'ultrafiltration[®] permettent de laisser passer l'eau et les solutés de petit poids moléculaire mais de retenir les solutés de poids moléculaire plus important ou les éléments du sang comme les globules blancs ou rouges. »



que l'on pouvait épurer des substances depuis le sang avec des procédés relevant de ce principe, » relate le Professeur Hannedouche. En effet, dès 1821, Henri Dutrochet décrit le principe de l'osmose, ce phénomène qui permet le passage de l'eau vers une solution chargée en sels à travers une

membrane. En 1850, ce fut au tour de l'Écossais Thomas Graham de s'intéresser aux membranes en utilisant du parchemin végétal. Il ne faisait aucun doute pour lui que cette technique serait un jour utilisée en dialyse. En 1861, il inventa le terme de dialyse après avoir réussi à faire passer de l'urine vers de l'eau à travers ladite membrane. Parallèlement, l'Allemand Adolf Fick étudia le principe de diffusion. Les bases du traitement de l'insuffisance rénale étaient posées, bien qu'il fallût attendre 1913 et John Abel qui effectua la première dialyse sur un animal. La fabrication industrielle, par le chimiste suisse Jacques Edwin Brandenberger, de la cellophane au début du XX^e siècle (1917) marqua une avancée majeure pour l'histoire de la dialyse. À base de cellulose, un dérivé du bois, ce matériau présentait en effet des caractéristiques jusqu'alors inexistantes, la souplesse et la transparence. Il fut d'abord utilisé dans les emballages, notamment aux États-Unis où il connut une véritable engouement. Puis George Haas réalisa en 1923 une première tentative de dialyse sur l'être humain avec une membrane en

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

« Le principe de la diffusion est connu depuis longtemps sur le plan physico-chimique et dès le XIX^e siècle, des chercheurs européens ont imaginé

1917

Jacques Brandenberger invente la cellophane

1923

George Haas réalise la première tentative de dialyse sur un homme

1945

1^{ère} dilayse de Willem Kolff couronnée de succès

ANNÉES
1960

Travaux de Fredrik Kiil puis Richard Stewart sur les dialyseurs

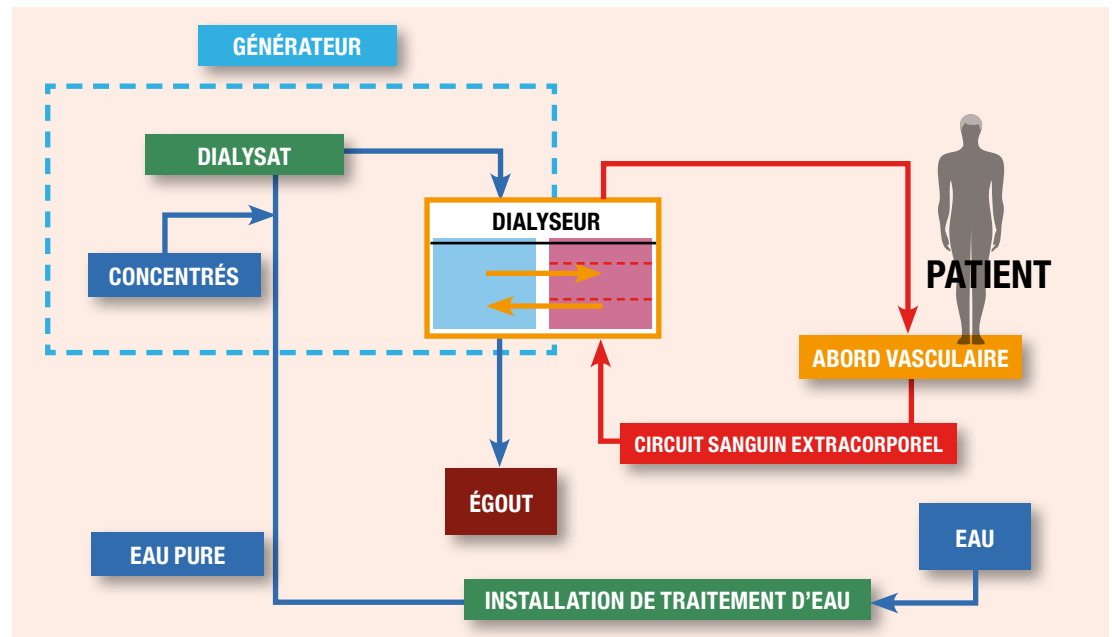
1985

Mise au point des membranes synthétiques

cellophane et l'héparine comme anticoagulant. En 1927, William Church réussit à diminuer sa sensibilité à l'eau. C'est donc grâce à ce matériau issu de l'industrie alimentaire que Willem Kolff parvint à réaliser la première dialyse couronnée de succès en 1945. Son système fut amélioré par Nils Alwall qui développa le principe de l'ultrafiltration et plaça la membrane entre deux grilles de métal, lui permettant ainsi de résister à une pression supérieure. Toutefois, le P^r Thierry Hannedouche tempère : « *Ce n'était malheureusement pas extrêmement efficace. Mais on tenait là une preuve du concept selon lequel on pouvait sortir un certain nombre de substances sanguines à travers ce dispositif. Puis le processus s'est peu à peu amélioré en restant malgré tout assez simple jusqu'aux années soixante environ.* »

L'APPORT DE KIIL ET L'APPARITION DES MEMBRANES SYNTHÉTIQUES

C'est alors, en effet, que fut mis au point le dialyseur de Fredrik Kiil dit à plaques parallèles : il fait appel à une technique relativement simple et permet, grâce au petit volume de son compartiment sang, de réaliser un « *circuit extracorporel sans addition de sang conservé et sans pompe à sang lorsque l'accès vasculaire était un shunt artério-veineux* » (« *En Hommage à Stanley Sheldon* », par Guy Laurent et Charles Mion, Société francophone de dialyse). Certains établissements utilisèrent d'ailleurs ce système jusque dans les années quatre-vingt-dix ! Les apports de Willem Kolff, de Fredrik Kiil et de Richard



Le circuit d'hémodialyse

Stewart (qui mit au point une membrane à fibres creuses), couplés aux découvertes successives sur le transport des substances à travers les membranes ouvrirent ensuite la voie à une série d'avancées technologiques qui donnèrent naissance à des dialyseurs de plus en plus perfectionnés et de moins en moins onéreux : « *À partir de 1965, appa-
rent des systèmes plus industriels. Il y a vraiment eu des progrès colossaux sur les membranes mais*

ils vont de pair avec les progrès réalisés sur les générateurs. On ne peut les dissocier », explique Thierry Hannedouche. Restait toutefois à mener un vaste travail sur la biocompatibilité de ces membranes : « *En effet, les premières membranes en cellulose étaient particulièrement allergisantes et engendraient un certain nombre d'intolérances. Il a donc fallu travailler sur cette question,* poursuit le Professeur Hannedouche. 1985 marque vrai- >>>

>>> ment un tournant avec l'apparition de membranes synthétiques. Celles-ci sont à base de polymères mais fonctionnent selon les mêmes concepts. Tout leur intérêt est que le matériau de base est peu onéreux et qu'il peut être traité de manière beaucoup plus intensive que la cellophane pour modifier ses caractéristiques physico-chimiques. Les membranes faites à base de ce matériau présentent deux grandes qualités : d'une part, elles sont biocompatibles et interagissent moins avec le sang du patient. Les risques de réaction allergique ou de coagulation s'en trouvent très réduits; d'autre part, on peut manipuler la fibre de façon à la rendre plus perméable ce qui est à l'origine d'une augmentation importante des capacités d'ultrafiltration et de convection de ces membranes⁶



Fabrication des fibres des dialyseurs

Ce passage d'une membrane cellulosique à une membrane synthétique a vraiment amélioré de façon phénoménale la quantité et la qualité de l'épuration proposée au patient. »

VERS LA HAUTE PERMÉABILITÉ

Aujourd'hui, avec les progrès réalisés sur les générateurs, notamment leur miniaturisation et leur sécurisation (alarmes, contrôles, maîtres d'ultrafiltration), la membrane pourrait apparaître comme arrivée à maturité. Or, que l'on ne s'y trompe pas, il reste beaucoup à faire comme le prouvent les recherches en cours. Les techniques de plus en plus pointues qui sont mises au point cherchent à augmenter perpétuellement la qualité de la thérapie. Pour preuve, la toute jeune technique d'hémodiafiltration (HDF) on line qui utilise un matériel extrêmement performant. Néanmoins, il faut prendre garde à ne pas tomber dans une volonté d'épuration extrême au risque d'épurer ce dont le corps humain a besoin. On cherche donc aujourd'hui à fabriquer des membranes toujours plus sélectives, éliminant toujours plus de toxines (et seulement elles). « Une voie très prometteuse, ces dernières années, consiste à disposer de dialyseurs permettant de faire de la convection pour épurer les molécules dites moyennes, résume le Professeur Hannedouche. Pour donner un ordre de grandeur, l'albumine, qui est une protéine du sang et qu'il ne faut pas épurer car elle est importante pour le sang, a un poids moléculaire de l'ordre de 69 000 daltons (unité de volume à l'échelle microscopique, N.D.L.R). Les

À SAVOIR

L'HÉMODIAFILTRATION EN LIGNE

On regroupe sous ce terme « diverses modalités pratiques » mais qui ont toutes en commun de recourir aux principes de convection et de diffusion, le recours à des filtres à haute-perméabilité et l'utilisation d'eau ultra-pure. Cette technique ne réduit pas le temps de séance mais permet de proposer une dialyse mieux adaptée et donc mieux tolérée, notamment pour des patients dits « fragiles » tels les enfants ou les personnes âgées. C'est une technique qui a désormais prouvé sa sûreté et sa sécurité.

membranes désormais à disposition permettent d'épurer des molécules de 60 000 daltons⁶ : c'est un progrès considérable ! » Outre leur poids, les molécules sont épurées diversement en fonction de la porosité et du gradient de pression. D'autres travaux sont encore menés sur la fixation sur la membrane de certaines substances telles des vitamines ou l'héparine pour obtenir des caractéristiques spécifiques. Mais on ne dispose pas pour l'instant du recul nécessaire sur les résultats. En somme, si la technique de dialyse est aujourd'hui parfaitement maîtrisée, des efforts portent désormais sur la capacité de la membrane à agir sur d'autres facteurs que la seule suppléance rénale. ■

GÉNÉRATEUR D'HÉMODIALYSE

Le moteur de la dialyse

Le générateur est la machine qui permet de réaliser une séance d'hémodialyse. S'il est aujourd'hui composé de nombreux éléments électroniques, il n'en a pas toujours été ainsi et les progrès qui ont marqué l'histoire de ce dispositif médical sont indissociables des progrès des autres dispositifs qui lui sont associés.

À QUOI ÇA SERT ?

Lors de la séance de dialyse, le générateur assure plusieurs missions. Sa fonction principale est de générer le liquide de dialyse, ou dialysat, permettant un échange ionique entre un soluté fabriqué à partir d'eau pure et du sang du patient. Cette machine assure aussi la circulation du sang du patient et la circulation du liquide de dialyse. Enfin, elle exerce une fonction de contrôle : fidélité à la prescription



Générateur de dialyse

médicale, surveillance du patient (température, perte de poids, pression artérielle etc.), composition du dialysat tout au long de la séance (présence de bulles d'air, température maintenue à 37°). Au fil des années, diverses améliorations ont été apportées si bien qu'aujourd'hui, il permet de contrôler de plus en plus de paramètres de la dialyse.

COMMENT ÇA MARCHE ?

Le générateur est, avec la membrane, l'un des deux dispositifs médicaux qui composent ce que l'on appelle le rein artificiel. Il est composé de deux parties : l'une qui assure la préparation du dialysat, l'autre qui en assure la circulation en exerçant une pression inférieure à celle du sang. L'ultrafiltration permet de faire perdre au patient l'excédent de liquide contenu dans son corps. Tous les générateurs sont pourvus d'un système de dérivation grâce auquel, en cas d'anomalie, le dialysat ne circule plus dans la membrane. Le générateur est connecté à celle-ci grâce à des lignes. Il est stérilisé à chaque nouvelle dialyse.

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

Le premier rein artificiel fut mis au point en 1943 par le médecin néerlandais Willem Kolff, considéré par beaucoup comme le père de la dialyse. De très grande taille, il occupe une pièce entière. À la >>>

>>> fin de la Seconde guerre mondiale, il partit aux Etats-Unis où il travailla à l'amélioration de son invention. Mais seuls les patients atteints d'insuffisance rénale aiguë étaient alors pris en charge : en effet, l'absence d'abord vasculaire permanent empêchait de traiter des insuffisants rénaux chroniques. « *Ce n'est qu'au début des années soixante, qu'on a su traiter des patients avec une insuffisance définitive. Cela a été possible quand on a mis au point des dialyseurs plus petits et des accès vasculaires permanents*, explique le Professeur Thierry Petitclerc, Directeur de l'Aura (Association pour l'utilisation du rein artificiel). *On a pu fabriquer des machines plus compactes. C'est la première grande innovation concernant les machines : en élaborer une qui soit capable de fabriquer du dialysat pour la dialyse chronique. Dans les premières machines, il fallait en effet ajouter le sel, le bicarbonate, le calcium et le magnésium nécessaires à la fabrication du dialysat dans des cuves de 70 litres d'eau.* » A noter que ces premières machines étaient entièrement manuelles. C'était l'infirmière ou le médecin



Équipement d'hémodialyse quotidienne à domicile

qui devait paramétrer la machine et contrôler le déroulement de la séance ainsi que la perte de poids toutes les heures : il fallait, à l'époque, adapter constamment la pression selon le changement de

viscosité du sang. Quant aux premiers générateurs individuels (ils le sont tous aujourd'hui) ils sont apparus à la fin des années soixante-dix.

LA MAÎTRISE DE L'ULTRAFILTRATION

Par la suite, à la fin des années soixante-dix et au début des années quatre-vingt, le progrès décisif qui permit d'améliorer encore ce générateur consista à maîtriser l'ultrafiltration, permettant ainsi une gestion très précise du poids du patient. En effet, jusqu'alors, on fonctionnait en débit : « *La machine était désormais capable de faire perdre au patient de façon très précise l'excès de poids qu'il avait pris entre deux séances. Or, si on ne fait pas perdre suffisamment de poids au patient, il peut y avoir des complications comme des œdèmes pulmonaires. Si, au contraire, on lui en fait perdre trop, il peut avoir des crampes ou de l'hypotension. La maîtrise de l'ultrafiltration par le générateur d'hémodialyse a donc été une avancée capitale* », assure le Professeur Petitclerc. Les années suivantes furent quant à elles marquées par un progrès qui resta, au début, peu répandu : en la programmant, la machine était désormais capable de faire varier au cours de la séance la composition du dialysat en diluant plus ou moins le concentré : « *Par exemple, on a constaté qu'il fallait mettre un peu plus de sodium en début de séance et un peu moins en fin de séance car cela permet de faire diminuer le nombre de chutes de tension. Pour certains patients fragiles, cela a apporté une grande amélioration dans le traitement* ». Ces progrès successifs permirent également aux industriels de mettre au

1943



Rein artificiel
de Willem Kolff

ANNÉES
1960



Débuts
de l'hémodialyse

ANNÉES
1970



Générateurs
individuels

ANNÉES
1980



Maîtrise
de l'ultrafiltration

VU DU CÔTÉ DES PATIENTS

« Il y a eu une formidable évolution technologique qui est incomparable ! »

Jean-Louis LAMORILLE,
Président d'honneur de la FNAIR (Fédération nationale d'aide aux insuffisants rénaux) Nord-Pas-de-Calais

« Je suis hémodialysé depuis 42 ans : j'ai été dialysé pour la première fois en 1972 en centre lourd à Lille, puis dès 1974, j'ai été hémodialysé à domicile avec l'aide de mon épouse pendant 38 ans, avant de rejoindre aujourd'hui un centre d'autodialyse. Il faut bien dire qu'à cette époque, on avait des machines que l'on peut qualifier d'archaïques et de rudimentaires par rapport à ce qui se fait aujourd'hui ! Le traitement était extrêmement pénible à supporter. Lorsque j'ai commencé la dialyse à domicile, c'était sur des vieilles machines qui avaient été utilisées avant en centre. Elles tombaient souvent en panne, les techniciens étaient très éloignés géographiquement et mettaient du temps à venir. J'ai changé de matériel en 1983 et cela a changé ma vie. Le générateur tombait beaucoup moins souvent en panne. Les machines n'ont cessé d'évoluer et sont



aujourd'hui beaucoup plus fiables : on est passé de l'électromécanique à l'électronique puis à un double circuit électronique. Au début, il nous arrivait de régler de grosses vis mécaniques puis,

plus tard, des potentiomètres pendant la séance. Il y a eu une évolution incroyable ! J'aime comparer l'innovation de la dialyse à ce qui s'est passé dans le domaine de l'automobile : entre la dialyse d'il y a 40 ans et celle d'aujourd'hui, c'est un peu comme entre les débuts de l'automobile vers 1890 et les voitures que l'on a aujourd'hui ! Il y a eu une formidable évolution technologique qui est incomparable ! Et si nous, patients insuffisants rénaux, sommes encore en vie, c'est grâce à cette formidable évolution technologique. »



Générateur de dialyse plus particulièrement utilisé en auto dialyse

point des dialyseurs avec une perméabilité plus grande : en effet, avec des machines manuelles, on ne pouvait travailler qu'avec des membranes de basse perméabilité qui n'épuraient que les petites molécules.

>>>

>>> MINIATURISATION ET AUTOMATISATION

« Quand on voit le premier générateur et ceux, miniaturisés, d'aujourd'hui, l'écart est colossal ! » s'exclame le Dr Lucile Mercadal, néphrologue à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, à Paris. En effet, l'un des progrès les plus récents est la capacité des machines à mesurer la dose de dialyse, c'est-à-dire à pouvoir évaluer si le patient a été correctement dialysé, par exemple si l'urée et la créatinine ont été éliminées de façon satisfaisante. Auparavant, il fallait procéder à une prise de sang sur le patient pour le savoir. « Désormais, les machines sont capables de mesurer elles-mêmes ce que l'on appelle le taux de dialyse, lequel est plus complet qu'un simple taux d'urée. Mais attention, c'est encore très récent et n'est pas adopté partout. Et, de toute façon, cela ne remplace pas l'analyse sanguine mensuelle », explique Thierry Petitclerc. « Aujourd'hui, les générateurs d'hémodialyse sont extrêmement perfor-

À SAVOIR

LOGICIELS

Avec l'informatisation des appareils, les industriels se sont logiquement penchés, depuis une vingtaine d'années, sur la question des logiciels permettant de gérer les problématiques relatives à la dialyse. Sortes de bases de données, ils contiennent toutes les informations relatives et utiles aux patients comme aux professionnels de santé. Ils couvrent l'ensemble des besoins, de la pré-dialyse à la transplantation en passant par

tous les différents stades du traitement. Ces logiciels, aujourd'hui de plus en plus répandus, sont les successeurs des premiers programmes de données qui étaient initialement conçus par des médecins eux-mêmes. Et, à l'ère de la télémédecine, ils permettent de se connecter, d'assurer un suivi à distance et de monitorer le patient. A noter l'encadrement légal auquel ces programmes sont soumis aujourd'hui, eux qui permettent un suivi et une consultation du patient bien plus sécurisés.

mants, avec une efficacité supérieure à la clairance physiologique des reins pour les petites molécules, renchérit le Docteur Mercadal. L'un des progrès phare que nous vivons actuellement est l'hémodiafiltration qui améliore l'épuration des moyennes molécules et la survie des patients. Grâce à ces innovations, la vie des patients dialysés a été rendue plus tolérable. La maintenance et la fiabilité des

générateurs ont aussi été améliorées et tout un ensemble de paramètres sont désormais mis en place pour s'en assurer. Les contre-indications à la dialyse deviennent rares (fin de vie et démence avancée). En somme, nous avons assisté à une véritable démocratisation de la dialyse. » Enfin, au cours de ces dernières années, avec l'ampleur prise par les traitements à domicile, des générateurs spécifiquement destinés à l'hémodialyse à domicile ont été mis au point : ce sont des machines simples d'utilisation, maniables, transportables et d'encore plus petite taille. Si seulement 350 patients (sur les 38 000 environ qui sont hémodialysés) effectuent à ce jour leur hémodialyse à domicile, cette récente innovation concourt une fois encore à laisser le choix au patient de la méthode de traitement la plus adaptée possible à son profil (indications médicales, rythme de vie, contraintes socioprofessionnelles). ■



Monitoring
de la dialyse

SYSTÈME DE TRAITEMENT D'EAU POUR HÉMODIALYSE

La quête de la pureté

De nos jours, il est unanimement admis que la qualité de l'eau utilisée en dialyse est au moins aussi importante que la qualité de la membrane de dialyse. En effet, l'eau représentant entre 98 et 99 % du dialysat (le pourcentage restant étant composé d'électrolytes[Ⓞ] et de glucose), celle-ci doit être la plus pure possible. Il en va de la vie du patient.

À QUOI ÇA SERT ?

Les membranes utilisées en dialyse étant d'une grande perméabilité, elles peuvent éventuellement laisser passer des éléments du dialysat dans le sang du patient, dont certains peuvent être toxiques. Or, l'eau jouant un rôle essentiel dans la dialyse, en raison notamment du grand volume de dialysat en contact avec le sang du patient (*voir les chiffres clés*), il est absolument nécessaire de pouvoir garantir la qualité du liquide de dialyse et de prévenir



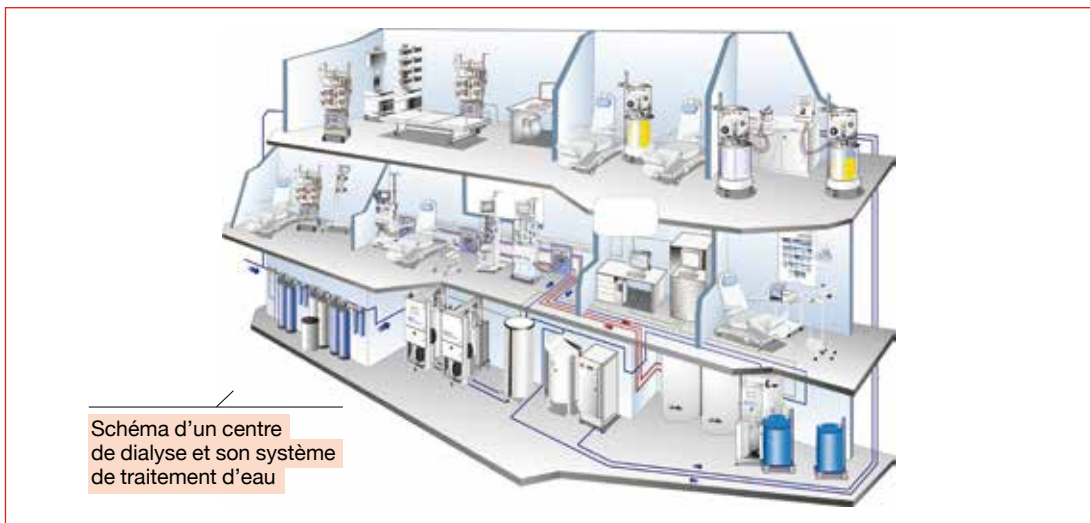
Système de traitement d'eau

par des contrôles fréquents les risques de contamination. L'Association des techniciens de dialyse (ATD) résume ainsi les différents objectifs et fonctions du traitement d'eau : « *éliminer les bactéries présentes dans l'eau brute ; éviter la recontamination bactérienne du système ; inhiber la croissance bactérienne ; produire une eau de qualité bactériologique compatible avec l'application finale.* » Les études successives menées sur l'importance de la qualité de l'eau et du dialysat en ont montré les bénéfices pour le patient : baisse de l'hypotension[Ⓞ] ; bien-être accru ; diminution des maux de tête, douleurs et nausées et, d'une manière générale, meilleur état de santé et baisse de la mortalité.

COMMENT ÇA MARCHE ?

Bénédictine Allard, pharmacienne gérante de l'association Echo (Expansion des centres d'hémodialyse de l'ouest) et Présidente de l'APDD (Association des pharmaciens de dialyse à domicile), met en garde contre un raccourci : « *Là où l'on parle communément de traitement de l'eau, il convient en réalité de parler de filière de fabrication du dialysat. Gare, également, à ne pas exclure le générateur de cette filière.* » Une circulaire du 20 juin 2000 de la Direction générale de la santé (DGS), la Direction des hôpitaux (DH) et l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de la santé (AFSSAPS) relative à la diffusion d'un guide pour la production d'eau pour hémodialyse précise : « *En France, certains >>>*

>>> éléments majeurs de la filière de traitement d'eau pour dialyse sont désormais considérés comme des dispositifs médicaux; il doit être fait référence au marquage CE dans les appels d'offres les concernant. » On distingue clairement trois principales étapes dans le traitement d'eau : le prétraitement, le traitement et la distribution. Lors du prétraitement, l'eau – qui provient de l'alimentation générale – passe dans un adoucisseur composé de deux cylindres contenant des billes de résine et d'un bac de sel régénérant. Lors de cette étape, les principaux ions retenus sont notamment les ions positifs calcium et magnésium, échangés contre des ions sodium. Puis l'eau passe à travers un filtre à charbon actif dont le rôle est d'éliminer les matières organiques par adsorption et les différentes formes de chlore. La deuxième étape est le traitement à proprement parler, l'osmoseur. C'est à ce stade que l'on pratique la technique de l'osmose^e inverse : cela signifie que la pression exercée est supérieure à la pression osmotique de l'eau chargée en sels. Sous une forte pression, le solvant (l'eau) se déplace de la



solution la plus concentrée vers la solution la moins concentrée au travers d'une membrane uniquement perméable à l'eau. Les micro-organismes (bactéries, endotoxines, etc.) ainsi qu'une majorité d'ions et de molécules chimiques sont éliminés à 99 % à travers

la membrane : on obtient de l'eau osmosée à usage médical. Reste la distribution de l'eau. Celle-ci est soumise à deux contraintes principales : il est impossible de stocker les quantités d'eau colossales nécessaires à une séance de dialyse; et quand bien même ce serait le cas, l'eau osmosée ne doit pas connaître de phase de stagnation et doit être utilisée immédiatement afin d'empêcher la prolifération d'éventuelles bactéries. Il s'agit donc d'acheminer l'eau pure produite sans l'altérer. L'eau pour hémodialyse est contrôlée à des fréquences variables selon l'importance des installations, avec au minimum un contrôle par mois pour les centres de grande taille, un par trimestre pour les centres de moindre taille, un par an pour la dialyse à domicile.

**ANNÉES
1960**



**Début
de l'hémodialyse**

1979



**Découverte du rôle
néfaste de l'aluminium**

1982



**Rédaction du premier
guide de bonnes
pratiques**

**ANNÉES
2000**



**Parution des circulaires
et guides. Ultra-pureté
de l'eau**

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

S'il apparaît désormais indiscutable que la qualité de l'eau est fondamentale dans le traitement de l'insuffisance rénale, cela n'a étonnamment pas toujours été le cas, comme l'explique le D^r Alain Ragon, pharmacien et responsable du Laboratoire des eaux du pôle uro-néphrologie de l'AP-HM (Assistance publique - Hôpitaux de Marseille) : « Au début des années soixante, au commencement de l'hémodialyse chronique, on a pensé à tort que la qualité de l'eau n'était pas très importante car elle

n'était pas censée entrer directement en contact avec le sang du patient protégé par la membrane de dialyse. Les premiers systèmes de traitement d'eau comportaient alors uniquement des adoucisseurs pour enlever la dureté de l'eau (calcium et magnésium) et des filtres pour les grosses particules. À cette époque, il n'y avait même pas encore de charbons actifs. Ils ont été ajoutés ensuite pour enlever le chlore. C'était un simple système de filtration. C'est également à cette époque que l'on a remplacé le bicarbonate utilisé dans le liquide de dialyse et qui posait problème car, en contact avec le calcium contenu dans la solution, il se transformait en carbonate de calcium insoluble : on a donc remplacé le bicarbonate par de l'acétate de sodium. » Un constat réalisé également par Bénédicte Allard : « Des années soixante jusqu'à la moitié des années soixante-dix, il n'y avait pas d'osmoseur. À cette époque, il y avait un taux relativement important de mortalité : pourtant les patients ne décédaient pas à cause de la dialyse mais d'encéphalopathies aluminiques⁶ qui engendraient une démence. C'est seulement en 1979 que l'on a découvert que c'était à cause des taux de sels d'aluminium contenus dans l'eau potable suite au traitement de l'eau ressource par floculation⁶. »

C'est d'ailleurs à cette époque que Bénédicte Allard s'est aperçue qu'il y existait une foule de systèmes de traitement d'eau mais sans qu'aucun ne soit réellement validé. Grâce à l'obtention d'une bourse ministérielle, elle mena alors une étude sur les nombreux appareillages disponibles, analysa les résul-



Installation pour traitement d'eau

tats et en vint à éliminer... les trois quarts des appareillages existants ! « Auparavant, on pensait que l'adoucisseur, chargé positivement, allait supprimer l'aluminium qui était en fait sous forme d'un sel à charge négative. C'était une erreur. On a donc commencé à introduire des résines d'échanges d'ions, de cations et d'anions. À l'époque, on était vraiment dans un domaine d'innovation chimique », poursuit la pharmacienne.

D'UNE QUALITÉ CHIMIQUE À UNE QUALITÉ MICROBIOLOGIQUE

« Vers 1982 environ, on s'est également rendu compte qu'il n'existait pas de guide de bonnes pratiques dans le domaine : celles-ci étaient d'ailleurs très différentes d'un centre à un autre. On a donc rédigé un premier guide pour donner les grands axes de la bonne conception d'un traitement d'eau et de sa maintenance. C'est également dans >>>

500 ml/minute

c'est le débit du dialysat lors d'une séance de dialyse.

120 litres

de dialysat sont en contact avec le sang du patient au cours d'une séance de dialyse.

18 700 litres

de dialysat sont en contact avec le sang du patient sur une année.

>>> ces années-là que l'on a commencé à diffuser l'idée qu'il fallait un osmoseur ainsi qu'une filtration stérilisante : il était nécessaire de s'occuper plus de la bactériologie », se souvient Bénédicte Allard. Cette décennie est également marquée par la suppression des cuves de stockage de l'eau pour éviter la stagnation et le risque de prolifération bactérienne. C'est également à cette époque que furent installées les premières boucles en inox qui permirent une désinfection efficace. Mais ces innovations ne furent pas sans prix, se souvient Bénédicte Allard : « À l'époque, il y avait beaucoup de maintenance. On désinfectait les prétraitements tous les quinze jours, ou, dans le meilleur des cas, toutes les semaines. On s'est aperçu dans les années quatre-vingt-dix qu'ainsi on détruisait, certes, la flore bactérienne mais on produisait plein d'endotoxines qui passaient les membranes d'osmose et pénétraient dans le dialyseur ! Dans la mesure où il n'y avait pas encore d'ultrafiltre sur les générateurs permettant la production de dialysat, l'eau produite était ni plus ni moins celle qui allait au patient ! » A noter également qu'à l'époque, les membranes étaient encore bassement perméables : l'arrivée de membranes hautement perméables avec des pores plus larges a entraîné un phénomène de rétro-filtration, c'est-à-dire un passage direct du dialysat dans le sang du patient. C'est également au cours de ces décennies que le bicarbonate fit son grand retour dans le liquide de dialyse : « À partir des années quatre-vingt et quatre-vingt-dix, on est revenu au bicarbonate. Mais avec une astuce, rappelle Alain Ragon. On a mis au point une solution concentrée



qui contenait le calcium et les autres ions, et une autre solution, séparée, qui contenait le bicarbonate. On ne les mélangeait que juste avant l'utilisation pour prévenir la formation de carbonate de calcium insoluble. Ce fut une grande innovation. »

DE LA « DÉSINFECTION CURATIVE » À LA « DÉSINFECTION PRÉVENTIVE »

Dans les années 2000, fut posée la question de l'ultra-pureté : « Il fallait désinfecter la filière dans son ensemble et beaucoup plus régulièrement. Nous avons commencé à parler de la chaleur comme technique de désinfection. Mais ce n'est qu'en 2008 qu'une norme Afnor est venue rendre enfin obligatoire l'ultrafiltration du dialysat produit à partir de

l'eau osmosée et des concentrés de dialyse juste avant son contact avec le sang du patient au travers du dialyseur, raconte Bénédicte Allard. En 2000, l'eau n'était pas encore d'assez bonne qualité. On a donc demandé, à cette époque, une double ultrafiltration du dialysat au niveau du générateur de dialyse, ainsi qu'une double osmose inverse pour obtenir un dialysat ultrapur. En 2002, un décret a instauré l'obligation d'un osmoseur pour tout traitement d'eau, à domicile comme pour les établissements. » « La nouveauté des années 2000 réside également dans la manière d'aborder les contrôles, explique le Docteur Alain Ragon. Auparavant, le résultat d'un contrôle était comparé aux valeurs limites préconisées par la pharmacopée européenne. Et l'on ne faisait rien tant qu'on n'avait pas atteint la limite. Désormais, la philosophie est inverse et l'on n'attend plus d'avoir atteint le seuil maximal. À la plus petite contamination, on intervient : on fait du préventif et non plus du curatif. On intervient sur les installations de façon systématique et les contrôles n'existent plus pour s'assurer que l'on n'a pas atteint un maximum mais pour vérifier que le fonctionnement de l'installation est optimal. Les désinfections se font désormais le plus souvent par voie thermique mais aussi chimique, voire thermo-chimique. Et de plus en plus, les installations sont désinfectées toutes les nuits. » Ainsi, au fil des années, les efforts d'innovation et d'amélioration des différents maillons constitutifs de la filière de traitement offrent aujourd'hui de véritables garanties de sécurité et de fiabilité au patient. ■

CYCLEUR DE DIALYSE PÉRITONÉALE ET DIALYSE PÉRITONÉALE

La complémentaire de l'hémodialyse

La dialyse péritonéale, presque exclusivement réalisée à domicile, fait partie, comme l'hémodialyse, de l'ensemble des techniques d'épuration extra-rénale qui peuvent être proposées aux insuffisants rénaux en attente de greffe.

À QUOI ÇA SERT ?

La Dialyse péritonéale (DP) est une modalité d'épuration extrarénale. « Elle utilise le péritoine comme membrane de dialyse naturelle. Cette membrane tapisse la paroi interne de l'abdomen (feuillelet pariétal) et des viscères abdominaux (feuillelet viscéral). Entre ces deux feuillelets, existe une cavité virtuelle dans laquelle peut être introduit, au moyen d'un cathéter laissé à demeure, une quantité variable de liquide de dialyse (habituellement 2 litres chez l'adulte). Le liquide ainsi introduit est séparé des capillaires sanguins par la couche fine des cellules qui constituent le péritoine, un tissu interstitiel[®] et la paroi des capillaires », explique le D^r Christian Verger, Président du Registre de dialyse péritonéale de langue française (RDPLF). C'est une technique de dialyse en continue, qui présente l'intérêt d'être plus



Système de dialyse péritonéale automatisé

physiologique et moins agressive pour l'organisme, et qui réduit notamment les problèmes de tension, de fatigue, de crampes etc. Sauf à de rares exceptions, elle se pratique à domicile, à des horaires relativement libres, et offre ainsi au patient une plus grande autonomie dans sa vie socioprofessionnelle. Un exemple extrême en a été donné récemment par le navigateur Jean-Louis Clémendot qui a traversé le Pacifique et l'Atlantique sous dialyse péritonéale !

COMMENT ÇA MARCHE ?

Il existe deux modalités de traitements par DP : la Dialyse péritonéale continue ambulatoire (DPCA) et la Dialyse péritonéale automatisée (DPA) mais toutes deux reposent sur le même principe : « Le liquide de dialyse, ou dialysat, va être introduit dans la cavité péritonéale au moyen d'un cathéter et mis au contact du sang au travers de cette membrane. Les molécules de petite taille qui se trouvent dans le sang et absentes du dialysat vont diffuser des zones de forte concentration vers les zones de plus faible concentration, développe le Docteur Verger. De manière standard, on va injecter environ deux litres de liquide dans la cavité péritonéale et l'y laisser pendant 4 à 12 heures selon les cas. » C'est durant cette période de stase que les molécules que l'on a besoin d'épurer vont passer dans le liquide. Une fois le liquide de dialyse saturé, il faut le renouveler plusieurs fois par jour. C'est dans les modalités et la fréquence de renouvellement du liquide que les >>>

>>> deux techniques diffèrent : en DPCA, trois à quatre échanges quotidiens vont être effectués en journée. Un échange comprend le drainage de la cavité péritonéale puis l'injection de dialysat neuf laissé en place durant un certain nombre d'heures (la stase). Trois échanges dits « courts » (environ 4 heures) sont diurnes tandis que le dernier, qui se déroule la nuit, dure entre 10 et 12 heures. En DPA, en revanche, on utilise le temps de sommeil pour effectuer les échanges courts : le patient recourt à une machine automatisée (le cycleur) préprogrammée pour générer les échanges en drainant automatiquement la cavité, en injectant le dialysat au patient et en gérant les temps de stase. Il réalise cette opération entre quatre à cinq fois par nuit. Au matin, le cycleur réalise une dernière injection de dialysat que le patient garde dans la cavité péritonéale toute la journée (c'est l'échange long). Normalement, sauf indication médicale particulière, on laisse le choix au patient entre ces deux techniques en fonction de ses impératifs socioprofessionnels et de ses préférences.



Cycleur automatisé de dialyse péritonéale

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

C'est en 1923 que fut réalisée la première dialyse péritonéale expérimentale par Georg Ganter. Plusieurs types de cathéters ont ensuite été utilisés, entre autres par Arthur Grollman (1952) ou Paul Doolan (1959). Mais c'est celui mis au point par l'Américain Henry Tenckhoff en 1968 qui a marqué

un véritable progrès. Il s'agit d'un cathéter souple en silicone. Avec ce progrès se développa ensuite, à la fin des années soixante et dans les années soixante-dix, la dialyse péritonéale à domicile, grâce notamment, en France, au D^r Charles Mion et à son élève, Alain Slingeneuer, qui, à Montpellier, favorisèrent l'installation des premiers patients à domicile. Mais la technique restait à améliorer, comme le relate le Dr Christian Verger : « *Le principe était de procéder à des échanges diurnes ou nocturnes trois à quatre fois par semaine, au moyen d'une machine comprenant un osmoseur. Les séances duraient 12 heures et le rententissement sur la vie sociale était important. De plus, le côté intermittent du traitement n'assurait qu'une dialyse de faible qualité avec, par ailleurs, des risques de péritonite^① élevés.* » C'est à Robert Popovitch et Jack Moncrief que l'on doit, en 1975, une avancée majeure en matière de DP avec la mise au point du concept de Dialyse péritonéale continue ambulatoire (DPCA) pour l'un de leurs patients qui ne pouvait subir d'hémodialyse : ils calculèrent qu'il fallait 10 litres de liquide par jour et

1923

Première DP expérimentale de Georg Ganter

1968

Cathéter d'Henry Tenckhoff

**ANNÉES
1970**

Développement de la DP à domicile

1975

Travaux de Jack Moncrief et Robert Popovitch

1978

Poches en plastique jetables

1981

Travaux de Jose A. Diaz-Buxo et début de la DPA

qu'en procédant à 5 échanges de 2 heures avec 2 litres de liquide dans le péritoine tout en maintenant une présence continue de liquide dans ce dernier, ils obtenaient un résultat suffisant. Mais le risque de péritonite demeurait encore élevé en raison de l'utilisation de bouteille de verre contenant le dialysat qu'il fallait perforer au niveau d'un embout en caoutchouc mal protégé.

VERS UNE SÉCURITÉ ET UNE AUTONOMIE ACCRUES : DE LA DPCA À LA DPA

Parallèlement, un important travail d'innovation fut mené sur les contenants de dialysat, jusqu'alors en verre, notamment par le Canadien Dimitrios Oreopoulos. À partir de 1978, des poches en plastique jetables vinrent remplacer les flacons en verre, diminuant ainsi le nombre de branchements et de débranchements au cathéter. Cette innovation technologique permit de réduire le taux de péritonite de manière importante et favorisa le développement de la DPCA. Réduit à un épisode tous les trois mois, il demeurait néanmoins élevé. Toujours dans le cadre d'une lutte active contre le risque d'infection et de recherche de la sécurité du patient, le système en Y (1981) puis son évolution, le système à double poche furent mis au point : « Lorsque le patient se connecte, il y a une poche pleine et une poche de drainage reliées par deux lignes qui se rejoignent pour former un Y dont chaque branche est liée à une poche et la base, au cathéter, décrit le Docteur Verger. Avec les anciens systèmes, une fois le liquide de dialyse introduit dans la cavité périto-

néale, le patient portait sur lui la poche vide reliée au cathéter par un prolongateur. Au moment de l'échange suivant, la poche vide était mise en déclive et le liquide de la cavité péritonéale drainé dedans. Puis le prolongateur était déconnecté de cette poche et adapté à une nouvelle qui, elle, était pleine : en cas de faute d'asepsie, les germes étaient donc directement introduits dans le péritoine. Avec le nouveau système, le patient n'a plus de poche à porter sur lui, la déconnexion se faisant au niveau du cathéter. Au moment de l'échange, l'extrémité de la ligne est connectée au cathéter puis le drainage débute vers la poche vide : si une faute d'asepsie a lieu à ce moment-là, le germe est directement éliminé dans la poche de drainage. A la fin du drainage, le liquide neuf est introduit sans risque de contamination par l'autre branche du Y. Cela a permis de réduire le taux de péritonite à un épisode tous les 35 mois environ de nos jours en France (données RDPLF). » Dès 1981 aux États-Unis, le Dr José A. Diaz-Buxo s'intéresse à la séquence et à la répartition des échanges : « Il est parti du principe que la dialyse péritonéale fonctionnait bien en réalisant trois ou quatre échanges de jour et un échange nocturne qui durait le temps du sommeil. Il a décidé d'inverser le processus pour laisser plus de tranquillité aux patients, en faisant en sorte que les échanges nocturnes se fassent automatiquement grâce à une machine et que le patient conserve les 2 litres du dernier échange durant la journée : ce furent les premiers pas de ce que l'on appelle aujourd'hui la Dialyse péritonéale automatisée



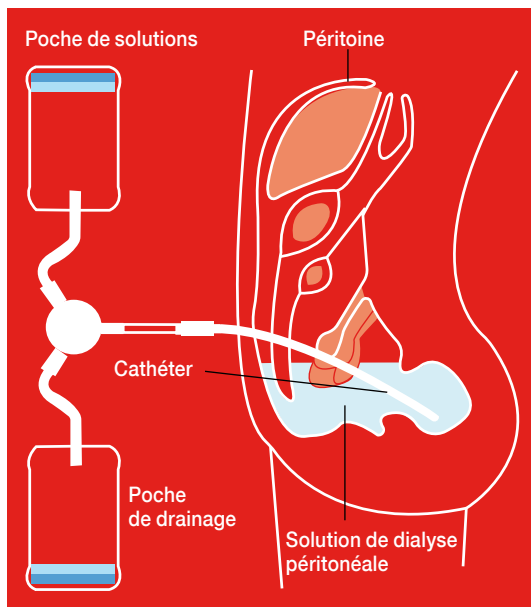
Patient utilisant un système déconnectable intégré double poche

(DPA) », raconte Christian Verger. Encore fallut-il mettre au point la machine en question : dans les années soixante, un médecin américain, Norman Lasker, s'était déjà penché sur la question. Il s'appuyait sur les travaux de Fred Boen qui avait mis au point une machine automatisée pour la dialyse à domicile, sur ceux d'Henry Tenckhoff proposant d'installer sur cette machine automatisée un système de préparation d'eau ainsi que sur ceux du Canadien Russel Palmer sur les tubes semi-permanents en silicone. Ce système réduit théoriquement les risques d'infection. Actuellement, les taux >>>

>>> d'infection en DPA comme en DPCA sont bas. Les efforts ont porté ces dernières années sur la facilité de programmation de ces machines et l'aide à la connectologie, l'ensemble facilitant l'apprentissage du patient et la sécurité.

LE CHOIX DU PATIENT AU CŒUR DES PRÉOCCUPATIONS

« Globalement, nous sommes actuellement dans un ratio de 40 % de patients en DP sur cycleur et de 60 % de patients en DPCA. Si l'on devait tenter de



Fonctionnement de la dialyse péritonéale

définir un profil particulier, je dirais que les patients qui sont en DPA sont souvent des patients qui ont une activité professionnelle et ne désirent pas avoir à changer leurs poches sur leur lieu de travail, explique le Docteur Verger. Mais une chose est certaine : nous avons des solutions plus performantes que naguère et davantage biocompatibles. Les taux de péritonite ont considérablement diminué. En termes de résultat, par rapport à l'hémodialyse, il n'y a actuellement aucun argument pour dire qu'une méthode est meilleure que l'autre. » Reste que la DP conserve une prévalence particulièrement faible : bien qu'étant relativement peu onéreuse et simple d'un point de vue technique pour le patient, seuls 7 % des dialysés sont en DP. Si cette méthode a pu pâtir d'une image parfois peu reluisante, notamment à cause d'un fort taux de péritonite au début, au point d'être restée pendant longtemps le parent pauvre des techniques de dialyse, la tendance tend à s'inverser grâce aux progrès techniques, à une meilleure formation des médecins, à des mesures incitatives gouvernementales et surtout à l'information du patient et au respect de ses choix : « L'approche la plus logique est d'offrir un libre choix au patient et cela va dans le sens de l'éducation thérapeutique. Or, en matière de liberté, il y a des conceptions différentes d'un individu à l'autre : pour certains, la DP les laisse plus libres car ils organisent leur traitement comme ils le souhaitent ; pour d'autres, l'hémodialyse correspond plus à leur définition de la liberté car ils n'ont pas à se prendre en charge. Dans 90 % des cas, le mode de traitement



Patiente sous dialyse péritonéale

est choisi en fonction du profil du patient. Mais on tiendra aussi compte d'éventuelles contre-indications médicales. On essaie de préserver au maximum les abords vasculaires des patients, notamment ceux qui sont en attente d'une transplantation pour préserver leur capital vasculaire dont ils peuvent avoir besoin après dix ans de transplantation, dans le cas d'un rejet (30 %). Quant à l'idée selon laquelle la DP dure moins longtemps, il faut la combattre : entre les patients qui restent peu de temps en DP car ils reçoivent une transplantation et ceux qui, âgés, décèdent malheureusement peu de temps après du fait de leur espérance de vie réduite, même sans dialyse, on n'a souvent pas le recul nécessaire », insiste Christian Verger. Grâce au développement, ces dernières années, de matériels industriels de plus en plus simples, fiables et sécurisés, le patient a désormais le choix : la formation à l'utilisation du matériel en DP n'excède plus une semaine aujourd'hui. ■

CATHÉTERS ET AUTRES ABORDS VASCULAIRES

Les voies royales vers le sang

Si de gros progrès ont été accomplis en matière d'accès vasculaire au cours des dernières décennies, et notamment depuis les années soixante, cette thématique reste fondamentale car l'efficacité du traitement et donc la survie du patient en dépendent.

À QUOI ÇA SERT ?

L'accès vasculaire est primordial dans la prise en charge de l'insuffisance rénale : « *L'efficacité et la qualité des résultats obtenus dans la suppléance rénale au long cours reposent sur un accès vasculaire de bonne qualité, fiable et durable* » (Bernard Canaud, Leila Chenine, Cédric Formet et Hélène Leray-Moragués dans le chapitre des *Actualités néphrologiques 2005* consacré aux accès veineux pour hémodialyse). En effet, afin de permettre l'épuration et ce, dans le temps le plus court possible, il est nécessaire d'obtenir un débit sanguin suffisamment élevé, ce que ne permettent pas les veines périphériques surtout de manière répétée et fréquente, comme l'explique le Professeur Canaud : « *Le débit est le facteur limitant en dialyse et on ne*



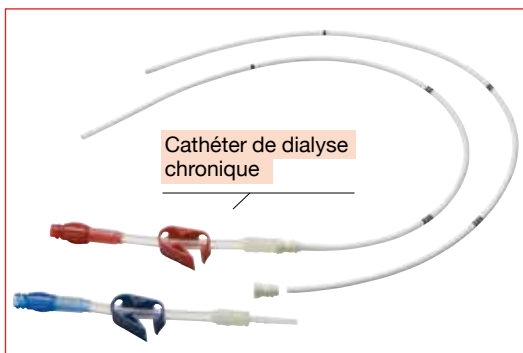
Aiguille à fistule sécurisée

peut y échapper. C'est pour cela qu'il faut un abord vasculaire[®] qui soit le plus performant et le plus efficient possible. » En matière d'hémodialyse, en outre, c'est également par cet abord que va s'effectuer la circulation du sang entre le patient, l'hémodialyseur et de nouveau le patient.

COMMENT ÇA MARCHE ?

Il existe trois types d'accès vasculaire, fruits de trois techniques différentes. Le premier est ce que l'on appelle la Fistule artério-veineuse (FAV) : créée chirurgicalement, elle consiste en une connexion entre une artère et une veine afin d'augmenter la pression sanguine de celle-ci. Après quelques semaines, la veine est artérialisée et offre les conditions idéales de ponction, de débit et de recirculation. Localisée le plus souvent dans l'avant-bras ou, plus rarement dans la cuisse, c'est l'accès vasculaire le plus répandu en France (80 % des patients sont traités sous fistule), d'autant qu'il jouit d'une durée de vie importante : « *La fistule artério-veineuse native demeure l'accès vasculaire de « référence » et de première intention* » confirment les auteurs précités. Toutefois, il peut arriver que, chez certains patients, la mise en place d'une FAV ne soit pas possible soit en raison d'un âge avancé, soit parce que le système vasculaire du patient est dégradé (à cause de trop nombreuses perfusions, de tentatives précédentes de fistules en grand nombre, d'artères calcifiées...). Deux autres >>>

>>> types d'abord vasculaire peuvent alors être envisagés. Le premier est lui aussi artério-veineux : il s'agit là encore de réaliser une connexion mais en interposant un matériel prothétique, soit synthétique (un goretex à base de polytétrafluoroéthylène ou PTFE), soit biologique (une veine saphène⁶ retirée lors d'une varicectomie). Mais la durée de vie de ces pontages artério-veineux est bien moindre que celle des FAV et nécessitent de surcroît une maintenance lourde et onéreuse. Enfin, une dernière option relève du domaine veino-veineux : il s'agit d'implanter un cathéter central. Ce tuyau en silicone ou polyuréthane va permettre de pomper le sang et de procéder à la dialyse. Laissé en permanence dans le corps du patient et protégé quand il n'est pas utilisé par un pansement pour éviter les risques d'infection, il peut être temporaire (quelques semaines) ou tunnelisé (de quelques mois à plusieurs années). Malgré d'importants progrès réalisés dans le domaine des cathéters, ils comportent toujours des risques de thrombose⁶ et d'infection qui peuvent nécessiter de changer le dispositif.



UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

Dans les années cinquante, d'importantes avancées eurent lieu dans le domaine de la dialyse. Malgré cela, le traitement restait encore réservé aux patients atteints d'insuffisance rénale aigüe. Traditionnellement, on posait sur le patient une canule⁶ permettant l'accès vasculaire : toutefois, ce tube de verre ne pouvait pas rester en position de manière permanente. C'est à l'Américain

Belding H. Scribner et à son équipe de Seattle que l'on doit une première véritable révolution : s'étant interrogé sur le moyen de rendre possible la répétition des séances de dialyse, il s'inspira des travaux sur les cathéters posés à des lapins de Nils Alwall et mit au point le *shunt* artério-veineux qui porte aujourd'hui son nom. Cette technique permet de réaliser de façon répétitive une circulation extracorporelle, condition *sine qua non* pour le traitement de la dialyse chronique, comme le résume le Professeur Maurice Laville : « C'est à partir de ce *shunt* que l'on a compris que la dialyse pouvait être un traitement chronique. Bien sûr, il y a eu ensuite des tâtonnements pour trouver la bonne fréquence des séances de dialyse. » Toujours est-il que Clyde Shields, le premier patient qui bénéficia du *shunt* de Scribner le 9 mars 1960, devint le premier patient dialysé chronique. Il décéda 11 ans plus tard, d'une crise cardiaque et pas de son insuffisance rénale ! B. H. Scribner lui-même écrit en 1990 : « *Le traitement couronné de succès de Clyde Shields représente l'un des rares cas en médecine pour lequel un seul succès suffit pour entériner une nouvelle thérapie.* » En 1961, le Britannique Stanley Sheldon s'attaque quant à lui à la question de l'accès vasculaire temporaire et immédiat afin de pouvoir réaliser des dialyses dans des conditions aigües, la fistule classique demandant un certain délai pour se développer avant utilisation. En 1966, James Cimino et Michael Brescia réalisèrent les premières fistules artério-veineuses. Le Professeur Laville raconte : « *Ce sont eux qui mirent au point cette technique qui existe*

1960

Shunt de Belding H. Scribner

1961

Technique de Santley Sheldon

1966

1^{ère} fistule de James Cimino et Michael Brescia

ANNÉES
1970

Méthode Uldall

ANNÉES
1980

Cathéter tunnelisé de Bernard Canaud

toujours actuellement et qui permet cet accès vasculaire sans multiplier les tuyaux extracorporels et en limitant les infections et les thromboses, ce qui était jusqu'alors le risque majeur du shunt de Scribner. La fistule est évidemment plus naturelle : située sous la peau, elle permet un accès vasculaire chronique durable. »

LE CATHÉTER DOUBLE LUMIÈRE TUNNÉLISÉ

Ainsi, au début des années soixante-dix, la question des abords vasculaires semblait en partie réglée. En partie seulement car, comme le relate le Professeur Canaud, le shunt de Scribner, s'il constituait bien une alternative à la fistule, n'en demeurait pas moins une technique complexe : « *Il était long et difficile à mettre en place et avait une durée de vie limitée à quelques mois. Quant aux cathéters aigus⁶ qui existaient, ils étaient extrêmement contraignants puisqu'implantés dans la veine fémorale. Dans la première moitié des années soixante-dix, on a commencé à utiliser la veine sous-clavière⁶, plus facile d'accès et moins gênante pour le patient : c'est la technique dite Uldall, du nom du néphrologue canadien qui l'a mise au point. Son idée fut de mettre au point un cathéter à double lumière, c'est-à-dire permettant d'avoir sur le même tuyau l'entrée et la sortie du système. Mais comme beaucoup de techniques, elle a suscité dans les premières années un grand engouement... avant d'être pointée du doigt : peu à peu elle fut presque bannie par les néphrologues à cause de ses complications. Cette technique est aujourd'hui utilisée dans de très*



rare cas mais plus du tout en dialyse chronique. » Dans les années quatre-vingt, Bernard Canaud se pencha à son tour sur la question de l'accès vasculaire : « Avec mes collègues qui travaillaient en chimiothérapie et en nutrition, j'ai eu l'idée de recourir à un autre matériau, le silastique, utilisé notamment chez les patients atteints de cancer. Ce matériau, qui n'est pas du polyuréthane, est extrêmement souple et biocompatible. D'un point de vue technique, là aussi, nous nous sommes inspirés de la nutrition parentérale et nous avons utilisé la veine jugulaire et non plus sous-clavière. La mise en place percutanée de ce cathéter est bien moins lourde qu'en nutrition parentérale⁶ : nous avons transformé un geste extrêmement chirurgical en un geste très médical, facile à implanter. J'ai donc eu l'idée de

mettre au point une tunnellisation très longue afin que le cathéter ne se situe pas au niveau du cou mais du thorax, de sorte que cela soit beaucoup plus agréable à porter pour le patient : il est fixé sous la peau, peut être caché par les vêtements, est facile à poser et à utiliser, utilisable au long cours, parfois pendant plusieurs années ! Puis, on est entré dans l'ère des bi-cathéters avec deux tuyaux dans la même veine, ce qui permettait d'avoir un débit très important, jamais atteint avec une fistule ! » S'en suivit la mise au point des ports implantables pour lesquels un petit dispositif en titane était ajouté au cathéter, permettant de ne pas avoir de tuyaux qui sortaient de la peau. Générant malheureusement de nombreuses complications, ils furent totalement abandonnés au début des années deux mille. Mais Bernard Canaud tempère : >>>

À SAVOIR

REVÊTEMENTS : DES AVANCÉES EN COURS

Des travaux ont été menés sur le revêtement des aiguilles en métal utilisées pour faire une fistule et qui faciliteraient possiblement la pénétration. Également, d'autres essais ont été faits sur les cathéters, autour notamment de l'héparine, de l'hirudine ou même des dépôts d'argent étant donné son effet antibactérien connu.

>>> « Certains diront qu'il y a des bons et des mauvais cathéters. Ce sont plutôt les utilisateurs qui font la différence, pas le matériel. »

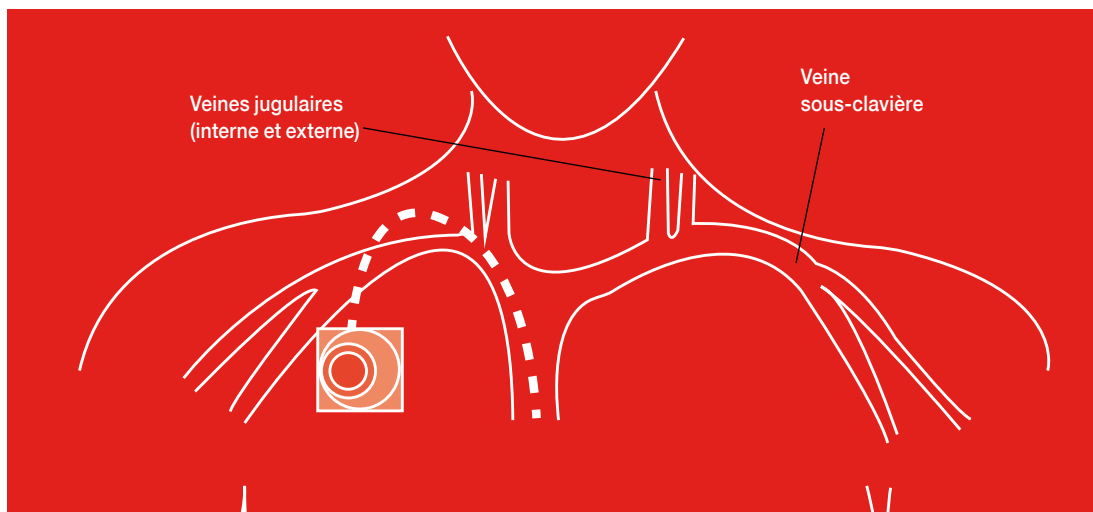
UNE QUÊTE DE LA SÉCURITÉ ET DE LA BIOCOMPATIBILITÉ TOUJOURS PLUS AVANT

La technique de la fistule reste à ce jour préférée aux autres, car elle est la plus naturelle. Elle bénéficie néanmoins encore d'innovations, notamment grâce aux progrès de l'imagerie qui offre désormais la possibilité de cartographier le bras et l'avant-bras : « On arrive à mieux identifier les veines et les artères, à en connaître le diamètre de façon à optimiser la création d'un accès vasculaire de type artério-vei-

neux, explique le Pr Bernard Canaud. L'imagerie a beaucoup apporté à la création de fistules et à l'implantation de cathéters : elle permet d'éviter les complications que l'on pouvait voir auparavant et de mieux surveiller les accès vasculaires, le débit, le développement éventuel de sténose. » De même, ces dernières années, les recherches ont également porté sur des accessoires susceptibles d'éviter les risques d'infection en développant en particulier des produits pour lutter contre le développement de bactéries dans les cathéters ou à travers de véritables « barrières » physiques, avec la mise au point de valves qui ferment le cathéter et non plus de bouchons. Cela évite l'ouverture du



Cathéter pour dialyse en réanimation



Positionnement d'un cathéter central

cathéter et diminue par là-même le risque de contamination. Reste encore à accomplir un travail sur la biocompatibilité des matériaux. Si le polyuréthane et le silicone semblent avoir démontré leur fiabilité, les efforts se tournent désormais vers la bio-ingénierie, comme le confirme Bernard Canaud : « Avec une matrice en polymère que l'onensemence de cellules souches extraites du patient, on parvient à réaliser un néo vaisseau artificiel in vitro puis à l'implanter. Cela semble donner des résultats intéressants mais, pour l'instant, ce ne sont que des résultats préliminaires. Il faut rester prudent car une idée nouvelle est toujours excitante... Or, en médecine particulièrement, il faut toujours prendre un temps de réflexion et d'observation pour voir ce que cela peut donner sur le long terme ! » ■

GLOSSAIRE

Abord vasculaire

Accès à un vaisseau sanguin dans lequel le sang circule avec un débit élevé et est facile à prélever. Un abord vasculaire de bonne qualité est indispensable en hémodialyse.

Adsorption

Fixation par simple contact d'un gaz ou d'une substance dissoute sur un solide poreux naturel ou artificiel. Les solides permettant l'adsorption, comme l'alumine, la silice, le charbon de bois, sont appelés adsorbants et sont utilisés pour éliminer certaines toxines.

Canule

Petit tube en métal, en plastique ou en caoutchouc permettant le passage d'air ou de liquide à travers un orifice, naturel ou chirurgical.

Cathéter aigu

Cathéter utilisé dans le cadre de l'urgence.

Dalton

Unité de masse pour les molécules chimiques correspondant à la masse d'un atome d'hydrogène ou plus exactement au douzième de la masse du noyau du carbone 12 C.

Déclive

Placement en pente, inclinaison.

Dialysat

Médicament utilisé en dialyse, composé d'eau à laquelle ont été rajoutées des molécules comme du sodium et du calcium qui ne doivent pas sortir du sang. La fabrication de ce liquide est faite par dilution de solutions concentrées avec l'eau de ville traitée.

Électrolyte

Substance susceptible de se dissocier en anion et cation sous l'influence d'une différence de potentiel électrique.

Encéphalopathie aluminique

Ensemble de manifestations neurologiques diverses (dysarthrie, tremblement, troubles de l'humeur...) d'évolution progressive aboutissant à la démence, observé chez les patients traités par hémodialyse. Il est considéré comme relevant essentiellement, sinon exclusivement, d'une intoxication chronique par l'ion aluminium.

Floculation

Procédé d'épuration consistant à rassembler les impuretés en suspension dans un liquide en flocons.

>>>

>>> Hypotension

Diminution de la tension artérielle.

Interstitiel

Se dit du tissu de soutien situé dans les interstices d'un organe.

Nutrition parentérale

Mode d'introduction d'aliments dans l'organisme par voie d'entrée vasculaire.

Osmose

Transfert d'eau d'une solution diluée (ou hypotonique) vers une solution concentrée (ou hypertonique) au travers d'une membrane semi-perméable c'est-à-dire perméable à l'eau mais non aux grosses molécules en solution.

Péritonite

Inflammation du péritoine qui peut être plus ou moins grave ou aiguë.

Shunt

Communication entre deux parties de l'appareil circulatoire normalement séparées; court-circuit.

Thrombose

Obstruction partielle ou totale du flux sanguin par un caillot.

Ultrafiltration

Transfert du solvant d'une solution contenant des substances dissoutes, à travers une membrane semi-perméable sous l'effet d'une pression supérieure à celle exercée de l'autre côté de la membrane. Au cours de l'hémodialyse, ce processus permet la soustraction d'eau chez un patient.

Veine saphène

Vaisseau superficiel de petit calibre assurant le retour du sang des membres inférieurs jusqu'au cœur.

Veine sous-clavière

Vaisseau qui transporte le sang désoxygéné des membres supérieurs jusqu'au cœur. Il existe une veine sous-clavière droite et une gauche. Chacune prolonge la veine axillaire correspondante, reçoit les veines jugulaires (externe et antérieure) puis s'unit avec la veine jugulaire interne.

SOURCES

Principales sources ayant contribué à la rédaction de ce document.

OUVRAGES ET RAPPORTS

- « *L'hémodiafiltration en-ligne : la thérapie de suppléance rénale du futur disponible dès aujourd'hui* », B. Canaud, L. Chenine, L. Patrier, H. Leray-Moraguès, A. Rodriguez, A. Gontier-Picard et M. Morena, Actualités néphrologiques 2011 (Médecine sciences publications, Lavoisier).

- « *Accès veineux pour hémodialyse : technique, indications, résultats et développement futur* », B. Canaud, L. Chenine, C. Formet et H. Leray-Moraguès, Actualités néphrologiques 2005 (Flammarion médecine-sciences).

ARTICLES

- « *Le technicien de dialyse* », Emmanuel Carnot (CH de Maubeuge) et Claude Mendez (Polyclinique Saint Côme – Compiègne).

- Intervention du Professeur Maurice Laville lors des États généraux de l'insuffisance rénale (Egire) 2011, (http://www.dailymotion.com/video/xnhhly_egire-2011-9-pr-maurice-laville_news#from=embediframe).

- Revues *Rein Echos* (dont n°3, novembre 2007 – mars 2008).

- « *Importance de la qualité de l'eau et des liquides de dialyse* », Alain Ragon (2012).

- « *Le Traitement d'eau* », par l'Association des techniciens de dialyse.

- « *Les étapes du traitement de l'eau, l'osmoseur, quels contrôles ? Les référentiels à notre disposition* », par Bénédicte Allard pour l'Association Echo (Mars 2014).

- « *Importance de l'eau en hémodialyse* », par Michel Keller pour Bbraun (2009).

- « *Biocompatibilité des membranes de dialyse : le rôle de l'absorption* », J. Chanard (Néphrologie Volume 24 n°7, 2003).

- « *History Of Peritoneal Dialysis (PD)* », <http://www.renalmed.co.uk/history-of/peritoneal-dialysis-pd>

- « *La dialyse péritonéale : une méthode de suppléance rénale sous-utilisée ?* », M. Zellweger, B. Landtwing, I. Binet, G. Halabi, in *Revue médicale suisse* n°523.

- « *Belding H. Scribner : 1921-2003. Il se faisait appeler « Scrib » par ses amis* », évocation personnelle « in memoriam », G. Laurent, *Néphrologie* Volume 24, n°8, 2003

- « *History of vascular access for haemodialysis* », Klaus Konner, *The Oxford Journal* (2005).

- « *Le cathéter veineux central pour hémodialyse : recommandations branchements/débranchements* », Bulletin de liaison du réseau Dialin (n°4, Août 2013).

SITES INTERNET

www.soc-nephrologie.org

www.renalloo.com

www.fnair.asso.fr

www.rein-echos.fr et www.rein-echos.org

<http://nephrohug.com>

www.dialyse.asso.fr

www.rdplf.org

OUVRAGES EN LIGNE

- « *Dictionnaire médical de l'Académie de médecine* » Version 2014

- « *Dictionnaire Larousse médical* » édition 2006

- Bibliothèque numérique Médic@

RECOMMANDATIONS ET BONNES PRATIQUES

- Rapport REIN 2012.

- « *Aide au fonctionnement d'une structure de dialyse* », Guide Pratique, par Brigitte Lantz.

LES PRINCIPALES SOCIÉTÉS SAVANTES EN DIALYSE

- Société de néphrologie.

- Société francophone de dialyse.

- Société de néphrologie pédiatrique.

- Association des techniciens de dialyse.

- Association française des infirmiers de dialyse, de transplantation et de néphrologie.

- Association Expansion des centres d'hémodialyse de l'ouest (Echo).

- Registre de dialyse péritonéale de langue française (RDPLF).

- Association des pharmaciens de dialyse à domicile (APDD).

- Association AURA.

REMERCIEMENTS

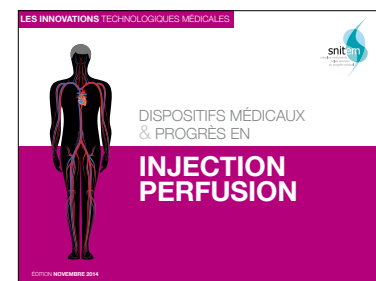
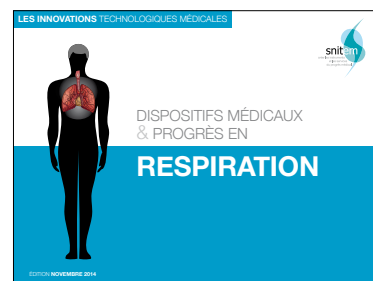
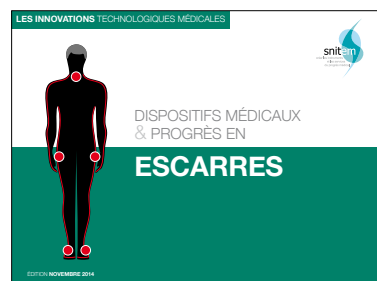
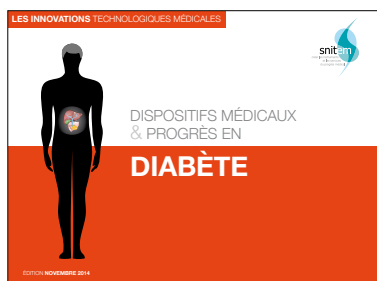
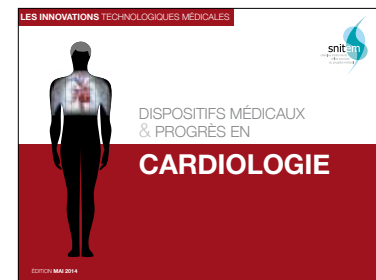
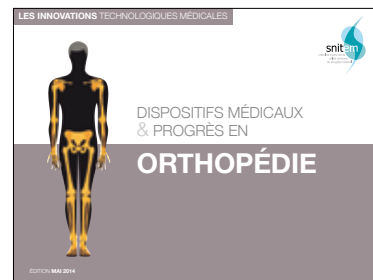
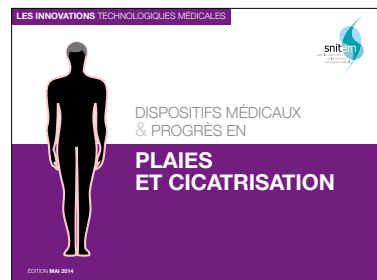
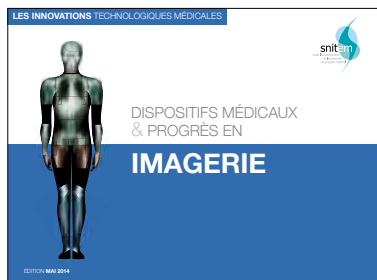
La réalisation de ce document a été rendue possible grâce à la disponibilité et aux apports de nombreux acteurs. Qu'ils en soient tous ici remerciés, en particulier, par ordre alphabétique :

D^r Bénédicte Allard, pharmacienne gérante de l'Echo et Présidente de l'APDD • **P^r Bernard Canaud**, néphrologue • **D^r Pierre Clavel**, néphrologue, spécialiste en médecine spatiale • **Claude Duserre**, BBraun Avitum France • **Henri Fournier**, Fresenius Medical Care • **Brigitte Haentjens**, Baxter S.A.S. • **P^r Thierry Hannedouche**, Service de Néphrologie - Hôpitaux universitaires de Strasbourg • **Tjerkelien Henriot**, Nipro France • **P^r Michèle Kessler**, Professeur des Universités, Chef du service néphrologie du CHU de Nancy • **P^r Maurice Laville**,

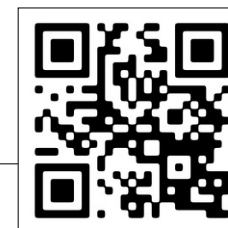
Président de la Société de néphrologie, Chef du service de néphrologie du CH Lyon sud • **Jean-Louis Lamorille**, patient sous dialyse • **Ivan Lemaire**, Gambro Hospital • **Frédéric Le Pottier**, Theradial • **D^r Lucile Mercadal**, néphrologue - Groupe hospitalier de la Pitié-Salpêtrière • **Frédéric Michel**, Hemotech • **Cécile Naux**, Directrice, et toute l'équipe du Centre de dialyse de l'Andra (75009) • **Stéphane Perrin**, Gambro Hospital GM Baxter Gambro Renal France & Benelux • **P^r Thierry Petitclerc**, néphrologue, Directeur médical de l'Aura • **D^r Alain Ragon**, Responsable du Laboratoire des eaux du Pôle Uro-Néphrologie de l'AP-HM • **Jacques-Olivier Tchenio**, Hémodialyse • **D^r Christian Verger**, néphrologue, Président du RDPLF.

Dans la même collection

Documents téléchargeables sur le site du Snitem www.snitem.fr



Donnez nous votre avis sur ce document
en **répondant à notre enquête de satisfaction**
ou sur le site www.snitem.fr





Quand l'épopée de l'innovation des dispositifs médicaux se confond avec l'extraordinaire histoire de la dialyse.

SNITEM

92038 Paris - La Défense cedex

Tél. : 01 47 17 63 88

Fax : 01 47 17 63 89

www.snitem.fr

info@snitem.fr