

GÉNÉRALITÉS

- Les reins sont aux nombres de deux ; situés dans les fosses lombaires au sein de l'espace rétropéritonéal en dessous des dernières côtes. Ils fabriquent l'urine avec un volume horaire estimé à 60 ml.
- Leur poids est estimé à 130 g avec une taille de 12 cm de grand axe, 9 cm de large, et 3 cm d'épaisseur.
- Leur couleur est rouge brun, de consistance ferme avec une forme dite de haricot.
- Ils se prolongent par les bassinets puis les uretères (contractiles) pour relier la vessie (avec un système antireflux parfois défaillant).

MOYEN DE FIXATION

- On pense que les vaisseaux et le péritoine jouent un rôle important dans la fixation rénale mais il ne faut pas oublier l'importance de la fibreuse périrénale (ou enveloppe) composée des fascias pré et rétrorénal délimitant la loge rénale.
- Cette enveloppe est fixée au diaphragme en haut et en arrière ; le long de l'axe des vaisseaux sur la face interne ; et le long des ganglions prévertébraux sur la face postérieure.
- L'autre zone anatomique de fixité est la capsule adipeuse du rein située entre le cortex rénal et l'enveloppe fibreuse. Elle varie en fonction de l'âge et de l'embonpoint du patient.

RAPPORTS**1. Postérieurs**

- Quasi identiques selon le rein droit ou gauche avec principalement :
 - Les dernières côtes,
 - Le muscle carré des lombes (couche adipeuse entre ce dernier et le rein),
 - Le psoas,
 - Le douzième nerf intercostal,
 - Le triangle de Grynfeltt (carrefour aponévro-musculo nerveux composé en

partie par l'aponévrose du transverse et du carré des lombes).

2. Antérieurs

- Rein droit :
 - L'angle colique droit,
 - La deuxième portion du duodénum,
 - Le foie.
- Rein gauche :
 - La rate,
 - Le corps et queue du pancréas,
 - L'estomac,
 - L'extrémité gauche du colon transverse,
 - Les anses intestinales sur la partie inférieure du rein.

3. Bord externe

- Rein droit :
 - Bord antérieur du foie.
- Rein gauche :
 - Bord inféro-interne de la rate.

4. Bord interne

- Rein droit :
 - La surrénale droite,
 - La veine cave inférieure,
 - L'apophyse costiforme des premières lombaires et le hile rénal droit.
- Rein gauche :
 - La surrénale gauche,
 - L'aorte et ses premières branches,
 - L'apophyse costiforme des premières lombaires et le hile rénal gauche.

STRUCTURE DU REIN

- Le rein est composé (cf. fig. 1) :
 - D'une capsule (différente de l'enveloppe fibreuse) que l'on doit traverser lors de la réalisation d'une PBR,
 - D'un parenchyme (médullaire centrale composée de tubules et cortex périphérique).

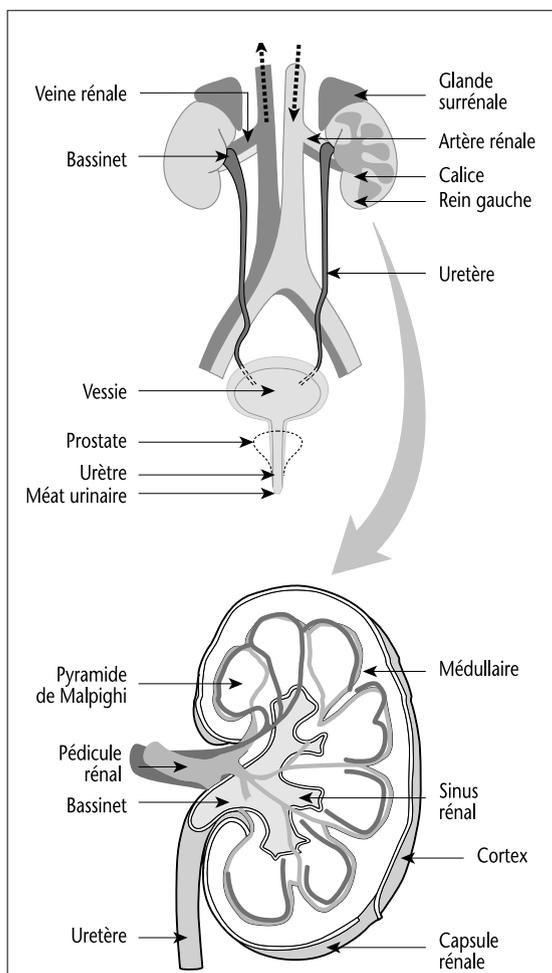


Fig. 1 : Anatomie des voies urinaires et du rein

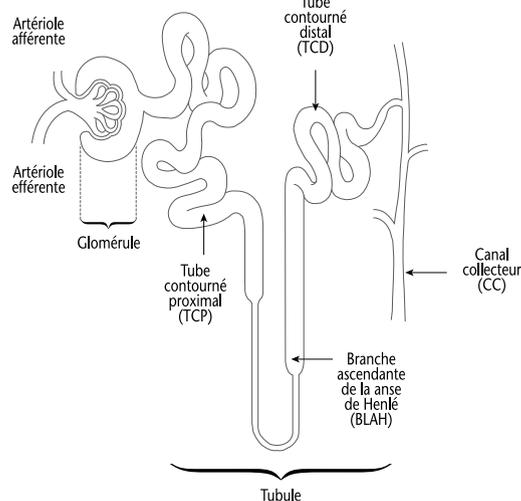


Fig. 2 : Composition d'un néphron

- À plus petite échelle le rein est composé de néphrons (unité fonctionnelle du rein, plus de 1 million par rein),
- Chaque néphron (cf. fig. 2) se compose d'un :

- Glomérule : partie initiale du néphron, véritable usine responsable de la filtration sanguine,
- Tubule : deuxième partie du néphron, comprenant le TCP, la anse de Henlé, le TCD et se termine par le tube collecteur.

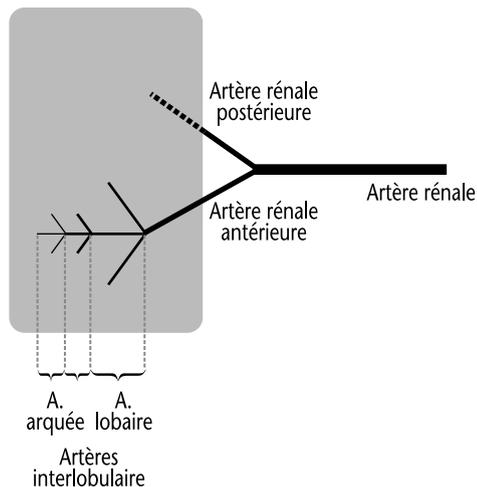


Fig. 3 : Vascularisation rénale simplifiée

VASCULARISATION/ INNÉVATION

- Les reins sont vascularisés (cf. fig. 3) par l'artère rénale qui se divise en branches antérieure et postérieure.
- Ces branches donnent naissance aux artères lobaires donnant les artères interlobulaires puis les artères glomérulaires et arquées.
- Le système veineux est parallèle et homonyme du système artériel.
- L'innervation est quand à elle réalisée par le plexus rénal accompagnant l'artère.

L'ESSENTIEL

- Les reins sont au nombre de deux localisés dans l'espace rétropéritonéal.
- Poids = 120 g/taille 12/9/3 cm.
- Fabriquent 60 ml par heure d'urine.
- Nombreux rapports.
- Vascularisation importante ce qui explique le risque hémorragique lors de PBR.

GÉNÉRALITÉS

- Le rein est un des organes nécessaire pour l'homéostasie de l'organisme. Il assure deux fonctions principales :
 - Rôle exocrine (épuration) : élimination d'une grande partie des déchets de l'organisme via les urines qu'ils soient endogènes (créatinine, urée) ou exogènes (médicaments),
 - Rôle endocrine (régulation) : pour maintenir une homéostasie ionique et hydrique du corps humain. Ce rôle est notamment majeur dans le métabolisme phospho-calcique, la stabilité de la pression artérielle systémique et l'érythropoïèse.

FONCTION GLOMÉRULAIRE

- La filtration glomérulaire (FG) constitue la première étape de l'élaboration de l'urine primitive par transfert d'environ 20 % du plasma à travers les glomérules jouant un rôle de filtre.
- Le poids moléculaire maximal permettant aux protéines de passer facilement à travers cette membrane est inférieur à 68 000 Daltons (PM de l'albumine qui est la limite).
- Pour rappel, la pression oncotique est la pression liée aux protéines et la pression hydrostatique est liée à l'eau.
- La FG est égale à la pression de filtration glomérulaire (PF) multipliée par le coefficient d'ultrafiltration (Kf) soit $FG = PF \times Kf$.
 - Le débit de filtration glomérulaire ou DFG est le moyen d'évaluer la fonction rénale et s'exprime en ml/min. Il sert notamment à classer les niveaux d'insuffisance rénale.

$$PF = \Delta P - \Delta \Pi$$

où $\Delta P = PC - PT$ et $\Delta \Pi = C - T$

PC = P° hydrostatique intracapillaire glomérulaire fonction de la PA,

PT = P° hydrostatique intratubulaire (résistance à l'écoulement de l'urine),

C = P° oncotique intracapillaire glomérulaire (plasma),

T = P° oncotique tubulaire (peu élevée car urine primitive).

FONCTION TUBULAIRE

- Après la filtration glomérulaire, l'ensemble des substances (sodium, chlore, potassium, acides aminés, etc.) retrouvées dans l'ultrafiltrat (urine primitive) passent au niveau du tubule.
- Le tubule a deux rôles :
 - Réabsorption : passage de substances de la lumière tubulaire au plasma péri-tubulaire puis au niveau de la circulation sanguine rénale,
 - Sécrétion : passage des substances du plasma péri-tubulaire dans la lumière tubulaire afin d'être éliminées.
- Il est important de comprendre la notion de clairance qui témoigne du volume de plasma totalement épuré d'une substance par unité de temps. On la modélise par la formule suivante :

$$CI = U \times V / P \text{ en ml/min}$$

U = [substance] urinaire

V = volume urinaire en ml

P = [substance] plasmatique

- Les substances de l'organisme peuvent être filtrées puis réabsorbées et/ou secrétées. Tous ces mécanismes se font par l'intermédiaire de transferts passifs (gradients de concentration, électriques ou de pression) ou actifs (énergétiques).

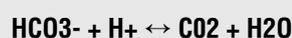
- Deux méthodes sont utilisées pour obtenir une valeur de DFG :
 - L'analyse du DFG par mesure de la clairance de l'inuline :
 - L'inuline est une substance librement filtrée et non réabsorbée ni sécrétée. Comme tout est filtré après une injection d'inuline et que rien n'est réabsorbé, on doit en cas de fonction rénale normale retrouver la quantité totale d'inuline au sein des urines,
 - L'estimation du DFG par mesure de la clairance de la créatinine (DFGe) :
 - La créatinine est filtrée en partie et non réabsorbée ni sécrétée. Par conséquent sa mesure sera moins précise pour la valeur de DFG.
- 1. Régulation du sel**
- Le sodium est le principal cation du secteur extracellulaire (SEC). La concentration sérique normale est 135 et 145 mmol/l. En Occident, et plus particulièrement en France, la consommation moyenne de sel est de 8 à 12 grammes par jour. Il est librement filtré par le glomérule mais réabsorbé à tous les niveaux du tubule.
 - La quantité ingérée de sel, à l'état d'hydratation stable, se retrouve au niveau des urines.
 - Seul 5 % du sel absorbé est éliminé dans les fèces et la sueur.
 - La réabsorption du sel se fait au niveau de chaque portion du tubule comme suit (cf. fig. 2) :
 - TCP :
 - 65 % du sel sont réabsorbés à ce niveau ainsi que les acides aminés, glucose, phosphate...
 - Il s'agit d'une pompe Na/H avec présence de l'anhydrase carbonique permettant de cliver H_2CO_3 en H^+ et HCO_3^- (échange de H^+ contre Na^+ sur membrane apicale),
 - C'est le site d'action des inhibiteurs de l'AC (au niveau de la bordure en brosse).
 - Anse de Henle :
 - 25 % du sel sont réabsorbés au niveau de la branche ascendante perméable uniquement au sel et non à l'eau (on rappelle que la branche descendante est seulement perméable à l'eau),
 - Il s'agit d'un cotransport Na/K/2Cl basé sur le gradient sodé instauré à travers cette anse de Henle,
 - C'est le site d'action des diurétiques de l'anse.
 - TCD :
 - 5 % du sel sont réabsorbés à ce niveau par le biais d'un cotransporteur Na/Cl,
 - C'est le site d'action des diurétiques thiazidiques.
 - Tubes collecteurs :
 - 2 à 5 % du sel est réabsorbé à ce niveau couplée à une sécrétion potassique, par l'intermédiaire d'un canal luminal (canal ENaC) activé par l'aldostérone,
 - C'est le site d'action de l'amiloride et diurétiques épargneurs de potassium.
- 2. Régulation de l'eau**
- L'eau représente 60 % du poids du corps humain.
 - On considère que les entrées (alimentation, boissons, catabolisme oxydatif) sont à peu près égales aux sorties (urines, fèces, sueur).
 - L'eau totale se répartit dans l'organisme par 40 % dans le secteur intracellulaire (SIC) et 20 % dans le SEC (15 % dans le secteur interstitiel et 5 % dans le secteur vasculaire). Elle passe les membranes cellulaires facilement grâce aux aquaporines et ses mouvements sont liés à l'osmolalité plasmatique.
- Osmolalité plasmatique =**
2 Na + Glycémie =
285 +/- 5 mosmole/kg d'eau =
état d'équilibre
- Le volume du milieu extra-cellulaire dépend du sel (principal cation extracellulaire).
 - Il faut noter que cette formule est abrégée car il existe d'autres substances osmotiques telles que l'urée, le potassium, ce qui rendrait la formule comme suit : osmolalité plasmatique = 2 Na + glycémie + 2 K + urée.
 - Chaque jour 150 litres d'eau sont filtrés au niveau du glomérule pour ne former qu'un à deux litres d'urine. L'eau suit par osmose les mouvements ioniques lorsque l'urine

s'écoule le long du tube. La majorité des tubes notamment distaux et collecteurs passent en contact de la médullaire hypertonique et par conséquent l'eau suit le mouvement du tube vers cette médullaire.

- La réabsorption hydrique se fait comme pour le sel le long du tube comme suit :
 - TCP :
 - Réabsorption de 65 % environ de l'eau iso-osmotiquement par l'intermédiaire d'un transport actif de sodium,
 - Anse de Henle :
 - La branche descendante étant uniquement perméable à l'eau, l'eau passe au sein de la médullaire rénale par gradient osmotique créé par le sel issu de la branche ascendante (perméable au sel uniquement),
 - On a donc un gradient osmotique croissant en profondeur dans la médullaire.
 - TCD :
 - Peu perméable à l'eau, il ne joue pas un rôle important.
 - Tubes collecteurs :
 - Le contrôle est assuré à ce niveau par l'ADH (hormone anti-diurétique ou arginine vasopressine),
 - Cette hormone dépend essentiellement de l'osmolalité plasmatique,
 - En cas d'hypo-osmolalité plasmatique par exemple, on voit une baisse de la synthèse d'ADH et inversement. Elle agit par le biais d'aquaporines et permet comme son nom l'indique de réabsorber un maximum d'eau ce qui aboutit à la concentration des urines.

ÉQUILIBRE ACIDE-BASE

- Il existe dans l'organisme plusieurs systèmes tampons mais le plus important est le tampon bicarbonate-acide carbonique contrôlant l'équilibre acido-basique.
- Ce système a pour but de maintenir le pH stable aux alentours de 7,40. Le rein régule la bicarbonatémie entre 23 et 28 mmol/l et le poumon la PaCO₂ entre 36 à 40 mmHg. Cela aboutit à la formule suivante :



- Le rein et le poumon sont donc liés et agissent parallèlement dans le contrôle du pH.
- La relation entre ces 3 variables est donnée par l'équation d'Henderson-Hasselbach suivante :

$$\text{pH sang} = 6,1 + \log_{10} \left(\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \right)$$

- La figure 1 (schéma de Davenport) montre les liens intriqués entre les 2 organes (rein = métabolique ; poumons = respiratoire).
- Le rein agit de deux façons pour équilibrer cette équation :
 - En sécrétant les ions H⁺,
 - En réabsorbant les bicarbonates (récupération des bicarbonates filtrés par le glomérule ou régénération des bicarbonates grâce aux tampons ammoniacque ou phosphate).

Le reste du chapitre sera traité dans le cadre des troubles hydroélectrolytiques.

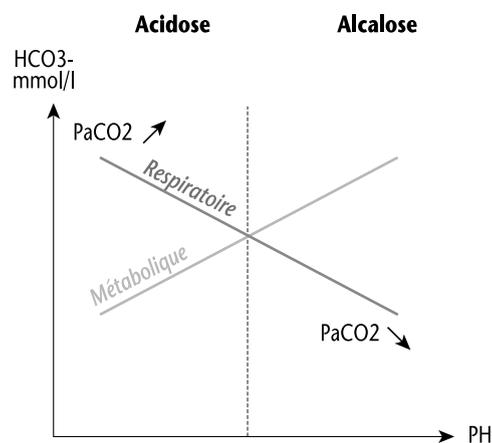


Fig. 1 : Équilibre acido-basique selon l'équation d'Henderson-Hasselbach

FONCTION ENDOCRINE DU REIN

1. Métabolisme phosphocalcique

- Le rein intervient dans la régulation du métabolisme phosphocalcique par son action au niveau de la vitamine D.
- Il intervient sur la vitamine D inactive synthétisée par la peau et premièrement hydroxylée au niveau hépatique puis par le rein pour aboutir à la 1,25 di(OH) D₃.

- La vitamine D3 ou cholécalférol agit sur :
 - L'intestin : absorption du calcium et du phosphore,
 - Le rein : réabsorption tubulaire de calcium et de phosphore,
 - L'os : décalcification,
 - La parathyroïde : diminution de la PTH.

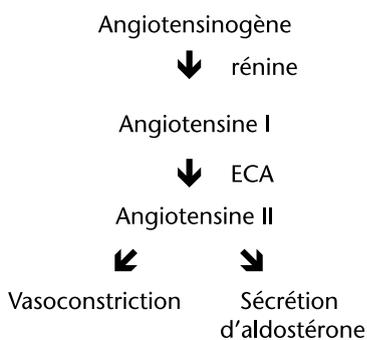
2. Érythropoïèse

- Le rein synthétise l'érythropoïétine (EPO) permettant de stimuler l'érythropoïèse et de maintenir un taux d'hémoglobine stable dans le sang aux alentours de 150 g/litre. La synthèse d'EPO dépend de l'oxygénation (↑ en cas d'hypoxie).

3. Système rénine angiotensine aldostérone (cf. fig. 3)

- Ce système intervient dans la régulation de la volémie et donc de la pression artérielle en modulant le secteur extra cellulaire (eau et sel). La rénine est fabriquée par le rein, l'enzyme de conversion par le poumon. La

cascade aboutit à la formation d'angiotensine II qui agit en stimulant la production d'aldostérone et par une vasoconstriction. La figure 2 résume ce système. Plusieurs médicaments ciblent cette voie afin de lutter contre l'HTA. Ce sont les inhibiteurs de l'enzyme de conversion (IEC) ; les antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II (ARA II) et plus récemment les antirénines.



ECA = enzyme de conversion de l'angiotensine

Fig. 3 : Système rénine angiotensine aldostérone

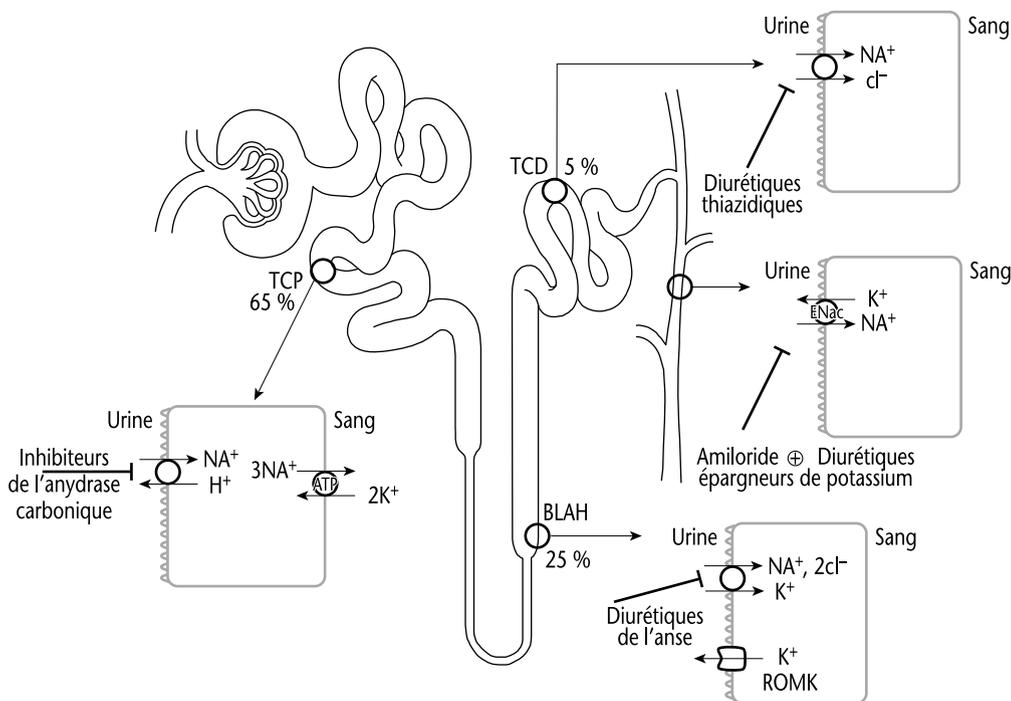


Fig. 2 : Réabsorption du sodium le long du tubule et site d'action des diurétiques

L'ESSENTIEL

- Double fonction du rein : endocrine (épuration) et exocrine (régulation).
- Fonction Glomérulaire (= filtration) évaluée par le DFG estimé (clairance selon Cockcroft et/ou MDRD) ou DFG mesuré (clairance de l'inuline).
- Fonction tubulaire (= réabsorption et sécrétion) ayant un rôle majeur dans l'équilibre hydroélectrolytique.
 - Action variable sur l'eau et le sel selon chaque portion tubulaire (TCP, Anse de Henlé, TCD, tube collecteur),
 - Site d'action des diurétiques,
 - Osmolalité plasmatique = 2 Na + glycémie,
- Rôle essentiel dans l'équilibre acidobasique en coopération permanente avec le poumon,
- Fonction endocrine du rein :
 - Métabolisme phosphocalcique (1α hydroxylation de la vitamine D),
 - Érythropoïèse (EPO),
 - Système rénine angiotensine aldostérone dans l'équilibre tensionnel.

DÉFINITION, FONCTIONS

Dialyse de suppléance = épuration extrarénale.

- On parle de rein artificiel.
- Le rein est la « station d'épuration » de l'organisme.
- La dialyse permet de suppléer au rein originel qui ne fonctionne plus :
 - Correction des désordres hydroélectrolytiques,
 - Rétablissement de l'équilibre acido-basique,
 - Correction de la volémie (contrôle du volume extracellulaire) et de la tension artérielle,
 - Élimination des déchets endogènes (ex. : urée = produit de dégradation des protéines) et exogènes (dans le cas de certaines intoxications).
- MAIS :
 - Pas de suppléance de la fonction endocrine [érythropoïétine (EPO)].
- On définit la notion de poids sec en hémodialyse comme le poids pour lequel le patient est en euvolémie (hydratation « normale »).
- 1^{re} dialyse en France en 1963.

PRINCIPES

- Échanges à travers une membrane entre 2 compartiments liquidiens :
 - Le sang dont la composition n'est pas contrôlée,
 - Le dialysat dont la composition est contrôlée.
- 2 mécanismes : diffusion, convection :
 - Diffusion : échange des molécules suivant leur gradient de concentration. C'est un mécanisme très efficace pour les petites molécules (ions, urée),
 - Convection = Ultrafiltration : échange selon un gradient de pression hydrostatique

créé entre les 2 compartiments. C'est un mécanisme efficace pour l'élimination d'eau et de sel.

- 2 techniques :
 - Hémodialyse,
 - Dialyse péritonéale.

HÉMODIALYSE

- C'est la technique la + utilisée qui représente plus de 90 % des dialysés français.
- Il s'agit de la technique permettant la durée de survie potentielle la plus longue mais également la plus coûteuse.
- Principe (cf. fig. 1 et 2) :
 - Les échanges se font grâce à un rein artificiel (filtre) contenant une membrane de dialyse synthétique semi-perméable,
 - Il faut également des pompes et capteurs de pression, une eau ultra-pure, un bain de dialyse dont la composition est connue (bain plus ou moins pauvre en K ou Ca),
 - Un circuit extracorporel est mis en place entre le patient et la machine de dialyse,
 - Sang et dialysat circulent en sens inverse pour favoriser les échanges entre les 2 compartiments,
 - Il faut une anticoagulation efficace pendant la séance pour prévenir la coagulation du circuit extracorporel.
- Abord du patient :
 - Il est vasculaire et nécessite au mieux la création d'une fistule artério-veineuse (figure 3) sur le membre supérieur, non dominant si possible,
 - La création d'une fistule artério-veineuse se fait par la réalisation chirurgicale d'une anastomose entre une artère et une veine du patient,
 - Sinon la pose d'un cathéter veineux central est possible, en urgence ou si le réseau vasculaire n'est pas exploitable.