

**EPURATION
EXTRA RENALE
DANS L'INSUFFISANCE
RENALE AIGUE**

*Dr Didier Dorez
Réanimation Annecy*

PLAN

BREF RAPPEL SUR L'IRA ET SES CONSEQUENCES

DESCRIPTION SOMMAIRE DES PRINCIPES D'EER

PROPRIETES PHYSIQUES PERMETTANT LES ECHANGES

ENSEMBLE DU CIRCUIT

CONSEQUENCES PRATIQUES

CATHETERS

ANTICOAGULATION

DEFINITION DES MODES D'EER

CONTINU SEQUENTIEL

INDICATIONS DES TECHNIQUES D'EER

**INSUFFISANCE RENALE AIGUE
EN
REANIMATION**

**EPIDEMIOLOGIE
PHYSIOPATHOLOGIE**

INSUFFISANCE RENALE AIGUE

Définition de l'Insuffisance Rénale Aigue

Perte du débit de filtration glomérulaire

Atteinte tubulaire prédominante

Rétention des produits du métabolisme azoté

Urée, Créatinine, Acide Urique

Perte contrôles : acido-basique, hydro-électrolytique, ionique, hormonal

Deux catégories d'Insuffisance Rénale Aigue

IRA ISOLEE , sans autre défaillance d'organe

Fréquemment en néphrologie

IRA ASSOCIEE A DEFAILLANCE MULTIVISCERALE

Typiquement en réanimation

Nécrose Tubulaire Aigue : NTA ISCHEMIQUE ; NTA TOXIQUE

Diurèse signe clinique fondamental

Contexte Médical Epidémiologie 1

Classiquement IRA

« DIURESE CONSERVEE » ou « ANURIQUE »

Distinction non fondamentale en réanimation

Incidence

8 à 949 ppm entre 10 et 80 ans

242 ppm Etude IRA Sud Est avec 131 ppm EER

Soit 3,5 à 4,3 % malades de réanimation

Si IRA : 48 à 100% d'EER

Contexte Médical Epidémiologie 2

Pronostic

Surmortalité si EER de 10 à 50%

Amélioration de 12 à 20% depuis HFC

Actuellement voisine de 50%

Facteurs pronostiques

Age / Etat de santé antérieur

cancer, hémopathie, cirrhose, IC, ...

Indice de gravité : IGS 2

Nombre de défaillances d'organes

Physiopathologie de l'Insuffisance Rénale Aigüe

Majoration catabolisme / IRA

Elévation UREE et CREATININE

Régulière environ 15 mmol/l/j et 200 μ mol/l/j si IRA
anurique

Progression ACIDOSE METABOLIQUE

Aggravation surcharge par perfusion BICARBONATE

Progression oedèmes / perfusions inévitables en réa

« ARDS », convulsions

Nécessité de nutrition, entérale ou parentérale

Défaut agrégabilité plaquettaire et coagulation

Hémorragies digestives, hématomes

Déficit hormonal en EPO et vit D

Substitution en EPO possible et Vitamine D (chronique)

PRINCIPES PHYSIQUES
TECHNIQUES
MATERIELS

Forces physico-chimiques en jeu

PROPRIETES MEMBRANES SEMI-PERMEABLES

Deux forces motrices principales

Appliquées aux membranes semi-perméables

Similitudes avec la physiologie rénale

PRESSION HYDROSTATIQUE \Leftrightarrow filtration glomérulaire

PRESSION ONCOTIQUE \Leftrightarrow réabsorption tubulaire

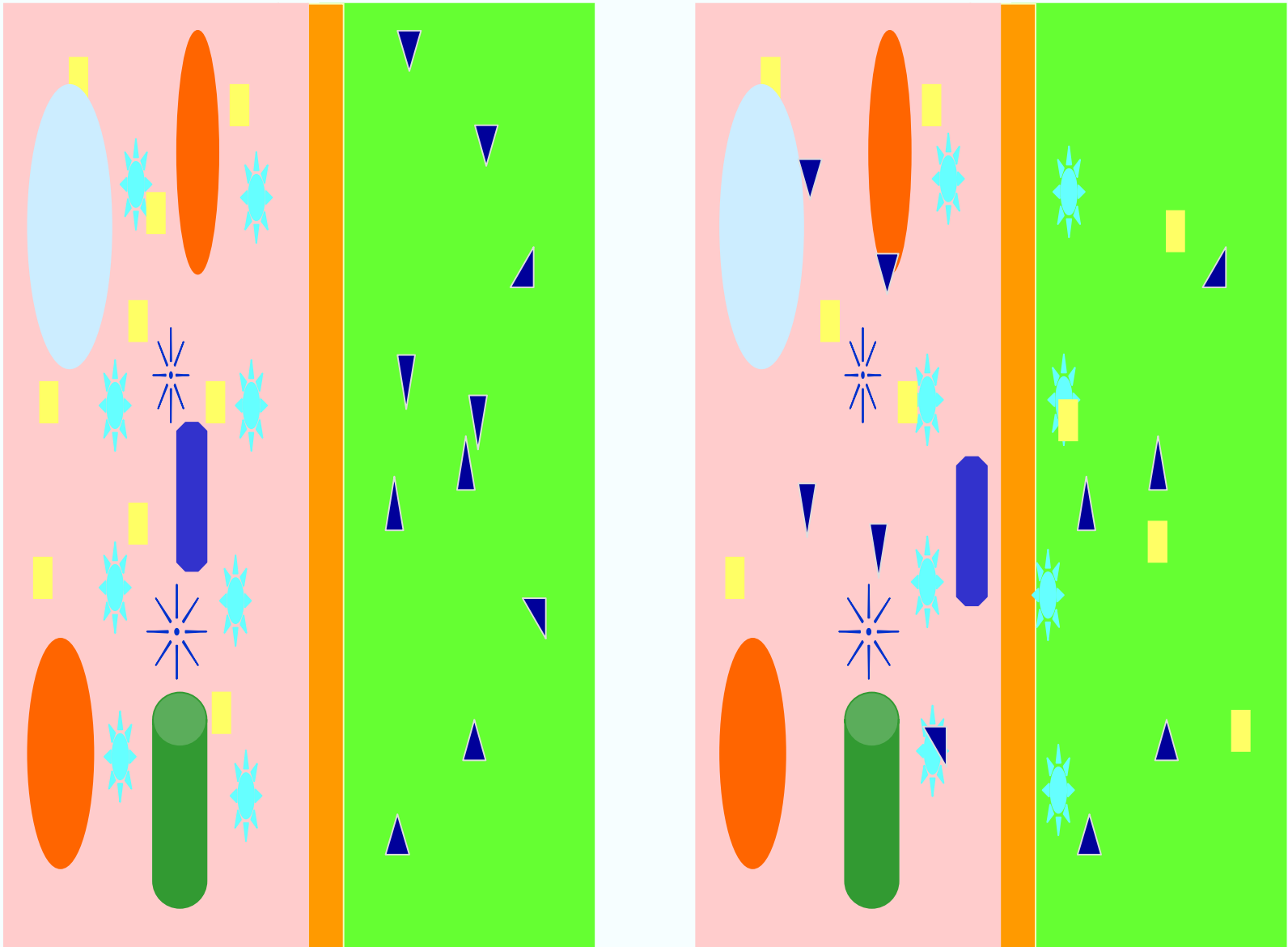
Pression hydrostatique

Pression exercée pour extraire le jus d'un citron

Pression oncotique

Attraction de l'eau par le sucre déposé sur les fraises

Diffusion



Diffusion : conséquences

$$J_s = -(1/Rt) * \Delta C_s$$

MASSE TRANSFEREE (Js) : Proportionnelle à

Perméabilité diffusive caractéristique intrinsèque de la membrane (Rt)

Différence de concentration du soluté : exemples

Potassium sang > potassium dialysat

Bicarbonate sang < bicarbonate dialysat

TRANSFERTS BI-DIRECTIONNELS de soluté , insignifiante de solvant

RETRODIFFUSION : polluants du dialysat

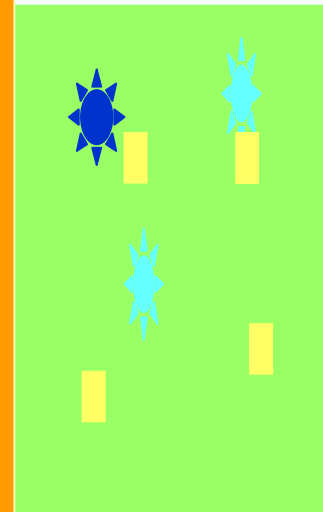
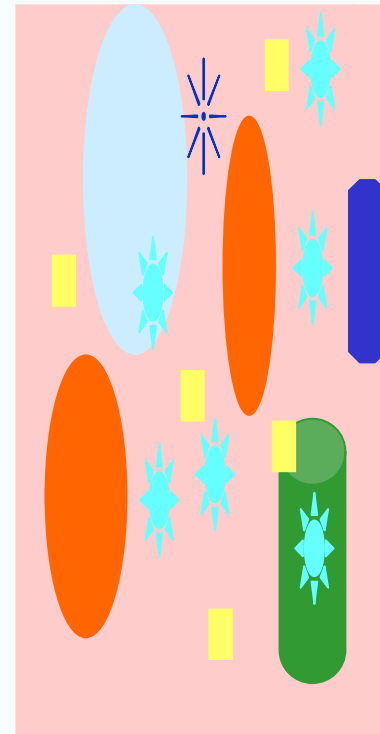
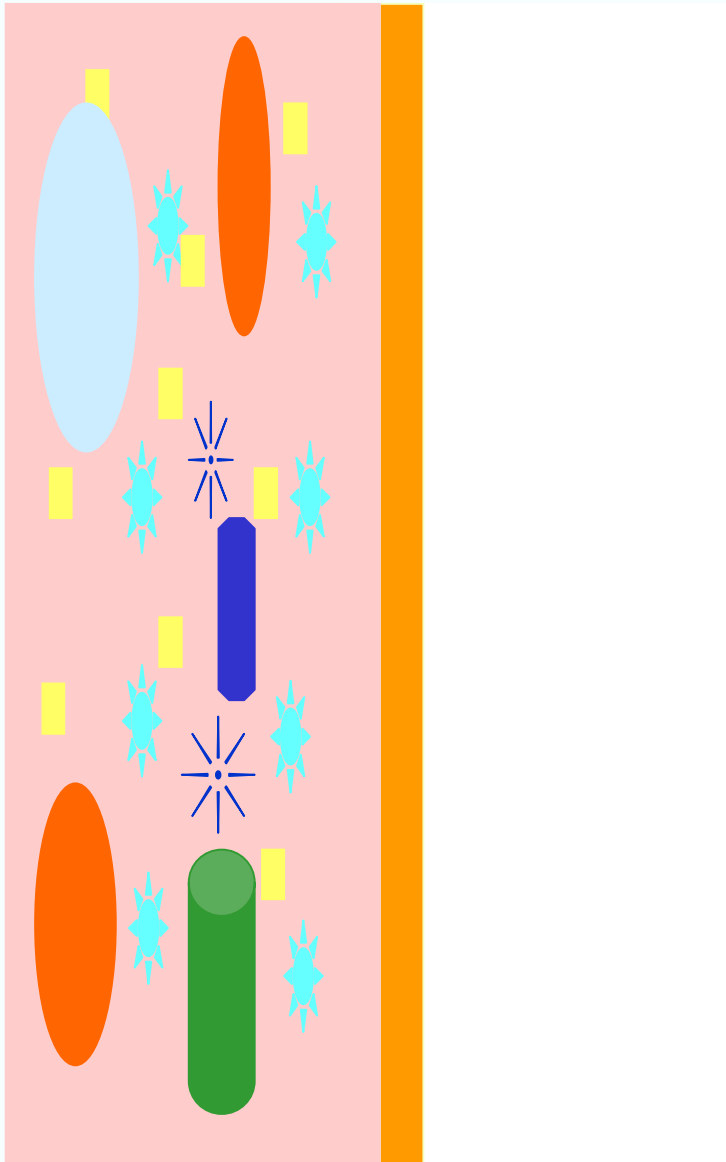
Clairance améliorée par :

CIRCULATION SANG/DIALYSAT : CONTRE COURANT

AUGMENTATION SURFACE DU FILTRE

AUGMENTATION DEBIT DIALYSAT (jusqu'à limite débit sang)

Convection



Convection : conséquences

$$QF = kUF * (PTM - P_{onc})$$

DEBIT D' ULTRAFILTRATION (QF)

Débit de production d' ultrafiltrat (solvant + solutés)

COEFFICIENT D' ULTRAFILTRATION (kUF)

Caractéristique de la membrane, dépend de la surface aussi

PRESSION TRANSMEMBRANAIRE (PTM)

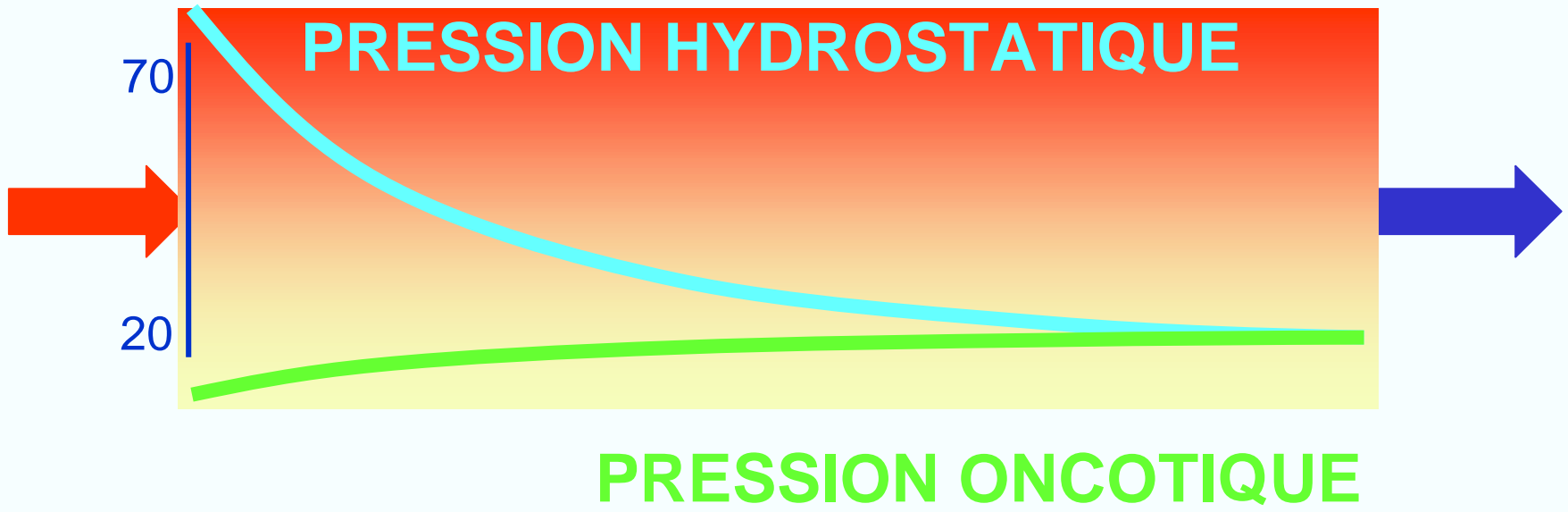
Différence de pression entre le compartiment sang et effluent

PRESSION ONCOTIQUE (P_{onc})

Concentration en albumine et gammaglobulines ou macromolécules

Augmente tout au long du filtre

SCHEMA PROFIL PRESSION DANS HEMOFILTRE



Convection : conséquences

Débit d'UF

Augmente de manière linéaire avec augmentation pression

Limité ensuite par « Protein cake »

Optimal pour PTM 200 à 300 mm Hg

ETABLI CLAIRANCE DE L'UREE (ratio 1/1)

Transfert de soluté en Hémofiltration

COEFFICIENT DE PARTAGE : $[C]_{UF} / [C]_{Sg}$

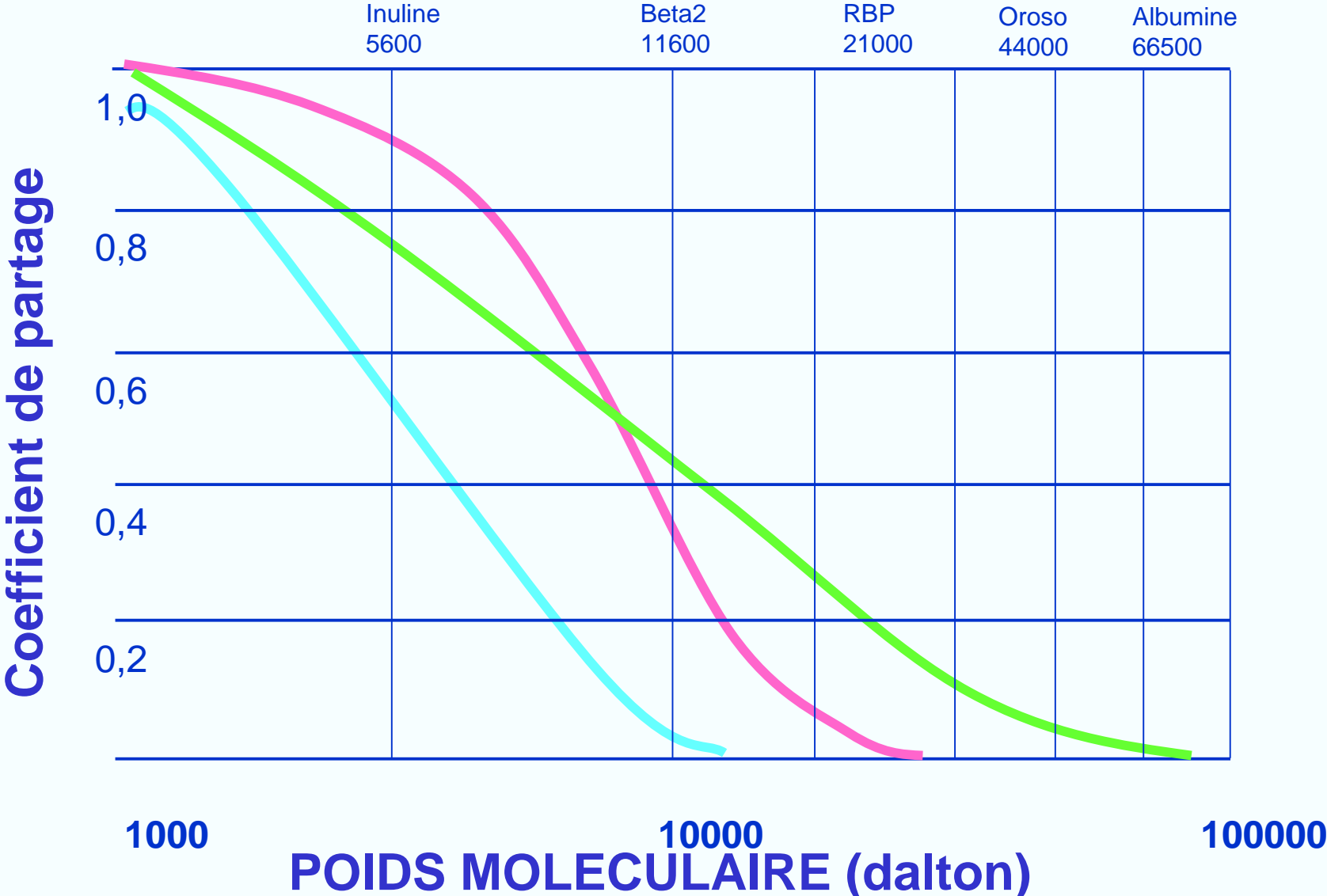
Rapport des concentrations UF et Sang d'un soluté

CUT OFF

PROFIL TAMISSAGE D'UNE MEMBRANE

Répartition des coefficients de partage de différents solutés

PROFIL TAMISAGE D'UNE MEMBRANE



Adsorption

Fixation de molécules dans l'épaisseur de la membrane

Diminution concentration sérique

Sans apparition dans l'effluent

Concerne les protéines essentiellement

Valables pour les membranes en PAN, Polysulfone, PMMA

Intéresse médiateurs du sepsis : TNF, IL1, ...

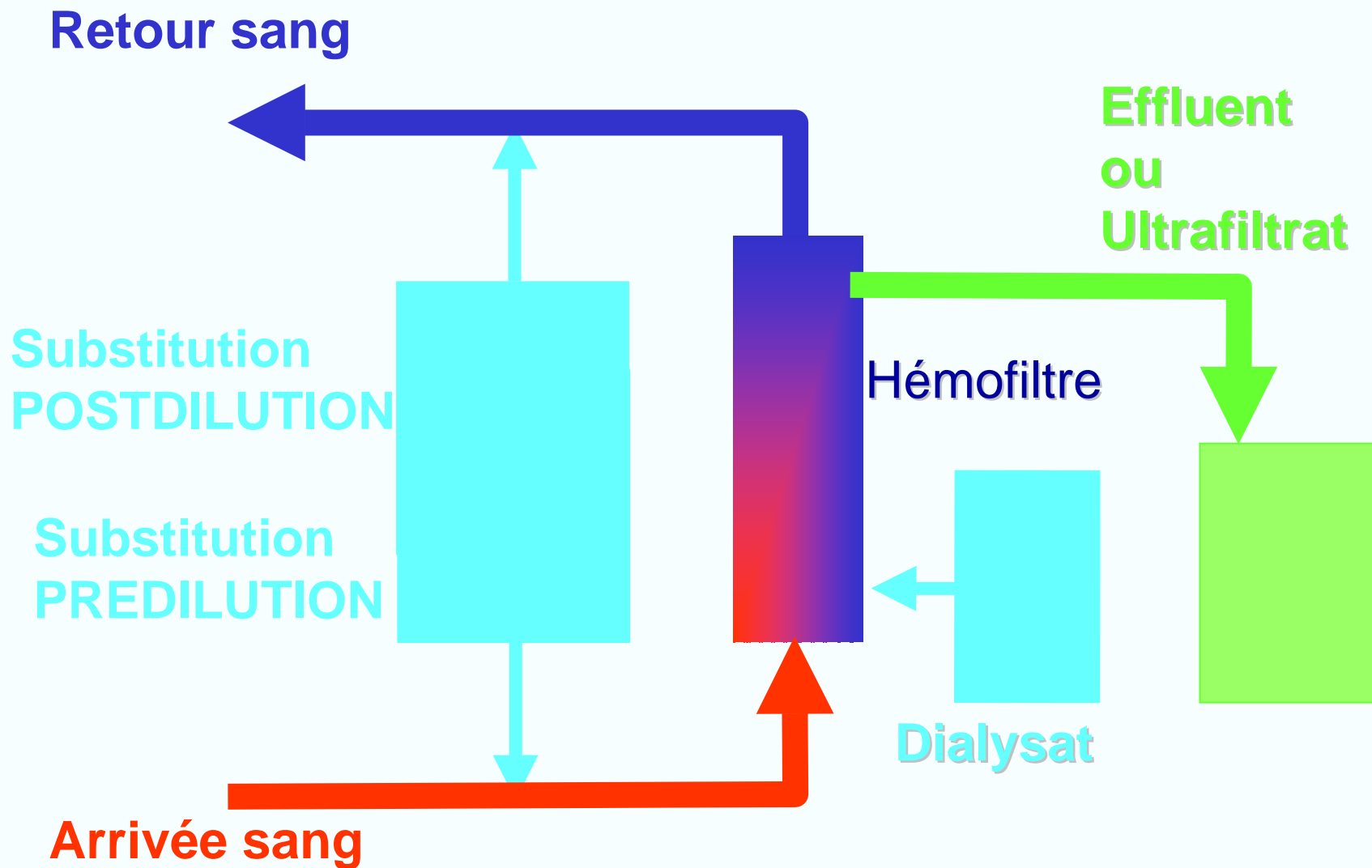
Coupled Plasma Filtration and Adsorption

CPFA : 2 constructeurs en cours développement

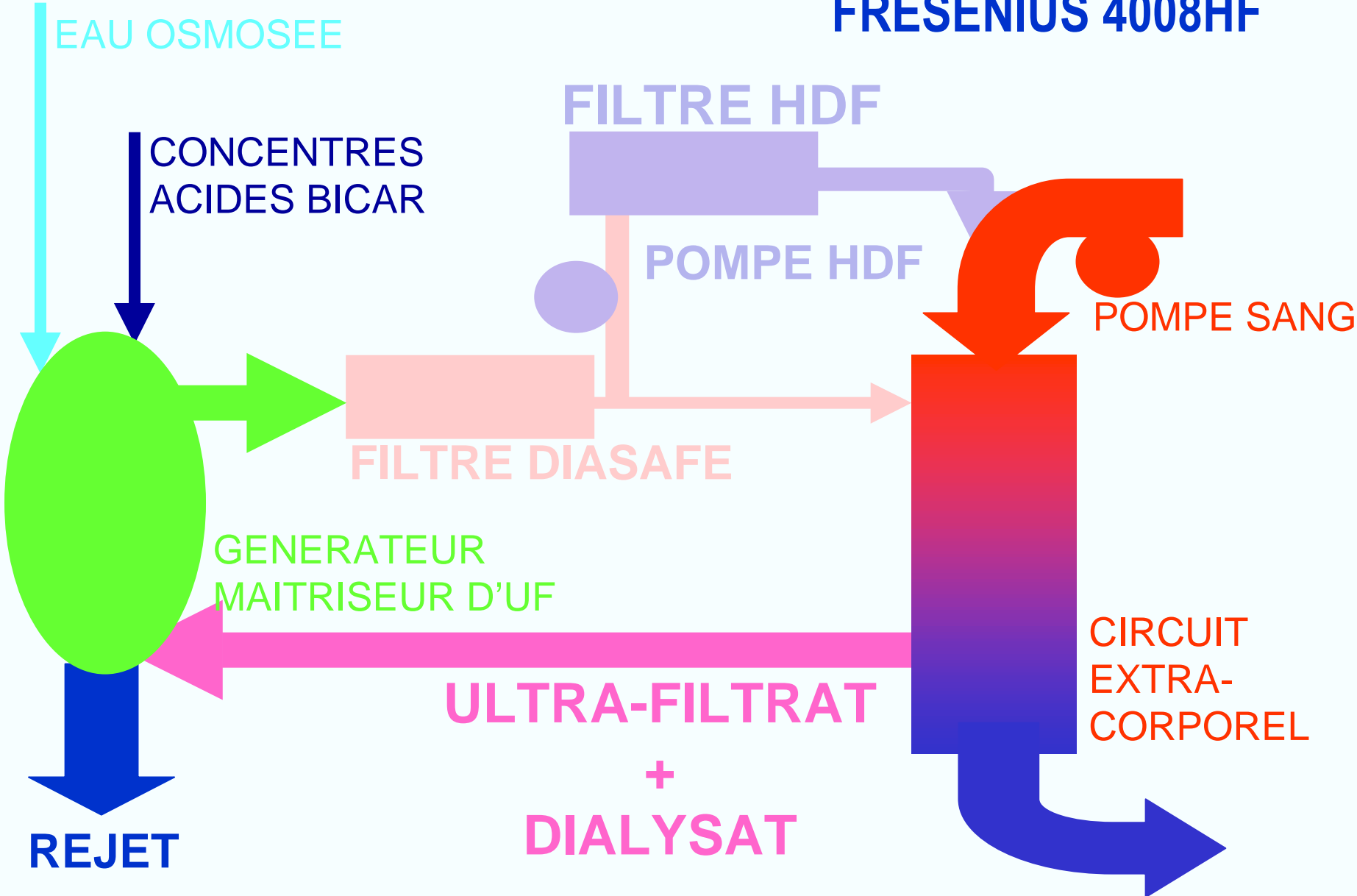
Indications futures dans choc septique

PRINCIPES PHYSIQUES
TECHNIQUES
MATERIELS

HEMOFILTRATION CONTINUE



HDF ON LINE FRESENIUS 4008HF



PRINCIPES PHYSIQUES
TECHNIQUES
MATERIELS

CLARIFICATION DE LA TERMINOLOGIE

Terminologie francophone

C: Continue ; S: Séquentielle

V: Veineuse

D: Dialyse ; F: Filtration ; UF: UltraFiltration

HV : Haut Volume

Terminologie anglosaxone

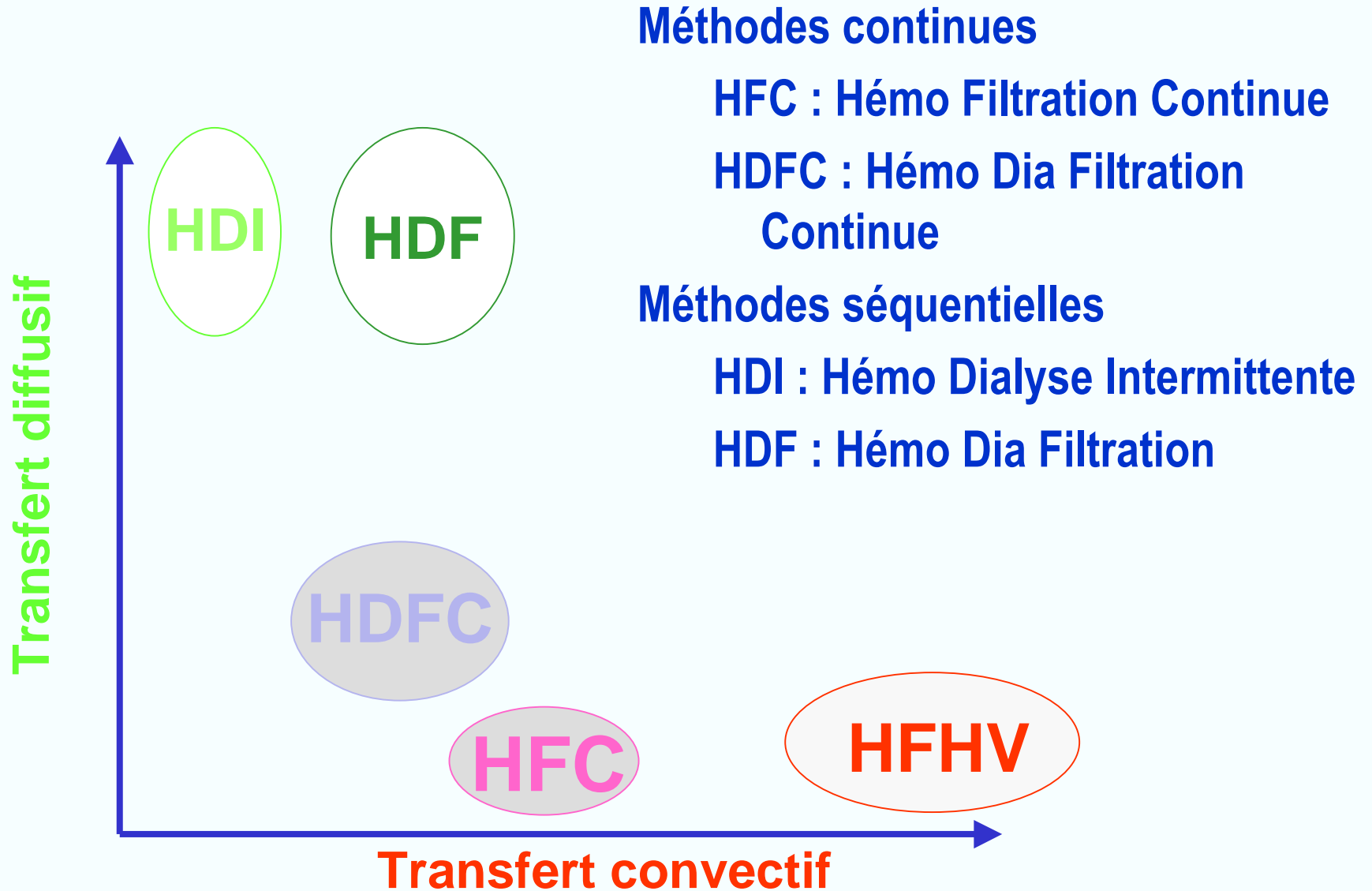
C: Continuous ; I: Intermittent

D: Dialysis ; F: Filtration; UF: Ultrafiltration

HF : High Flux

S : Sustained

Modélisation de la terminologie



ACCES VASCULAIRE POUR L' EER-1

QUALITE EPURATION = FIABILITE ACCES VASCULAIRE

METHODES VEINO-VEINEUSES : 95 % des centres

POLYURETHANE - SILICONE - SILASTIC

DIAMETRE EXTERNE : 11 à 14 Fr

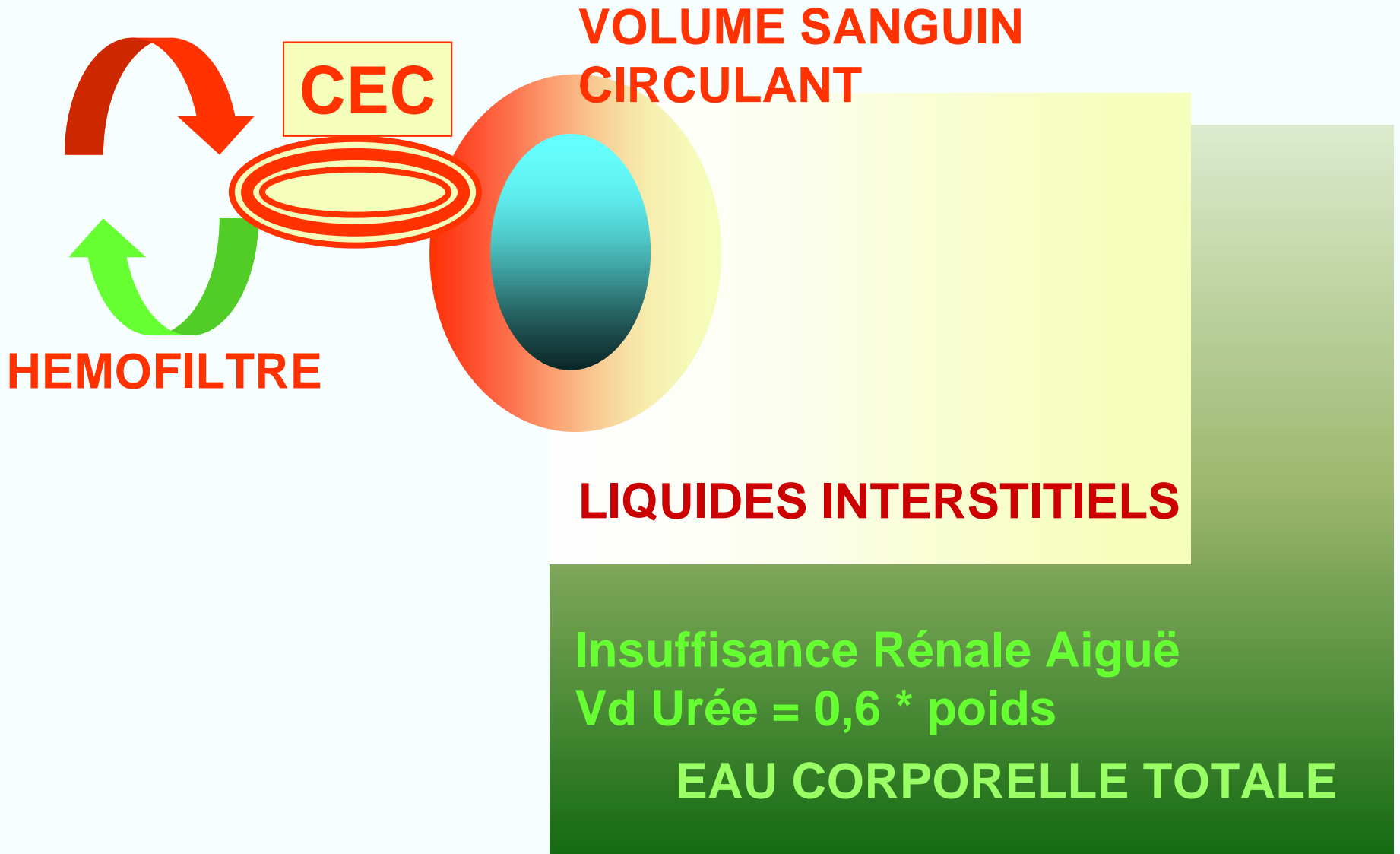
**LONGUEUR DU CATHETER et ARCHITECTURE DES DEUX
CANAUX**

NOMBRE ET DISPOSITION DES ORIFICES DISTAUX/CANAL

NOMBRE DE LUMIERES : 2 ou 3

TUNNELISATION : POSSIBLE OU NON

Importance de la qualité de l'accès vasculaire



ACCES VASCULAIRE POUR L' EER-2

DIAMETRES et DEBITS POSSIBLES

DEBITS DES CONSTRUCTEURS : EXCEPTIONNELLEMENT
DES DEBITS AU SANG

DEBITS SANGUINS NECESSAIRES EN FONCTION DES
OBJETIFS D' EER

HEMODIALYSE SEQUENTIELLE/REANIMATION

200-300 ml/mn

HEMO-DIA-FILTRATION CONTINUE

100-200 ml/mn

HAUTS DEBITS CONVECTIFS

200-400 ml/mn

Dépendance Débit sang / Clairance

ACCES VASCULAIRE POUR L' EER-3

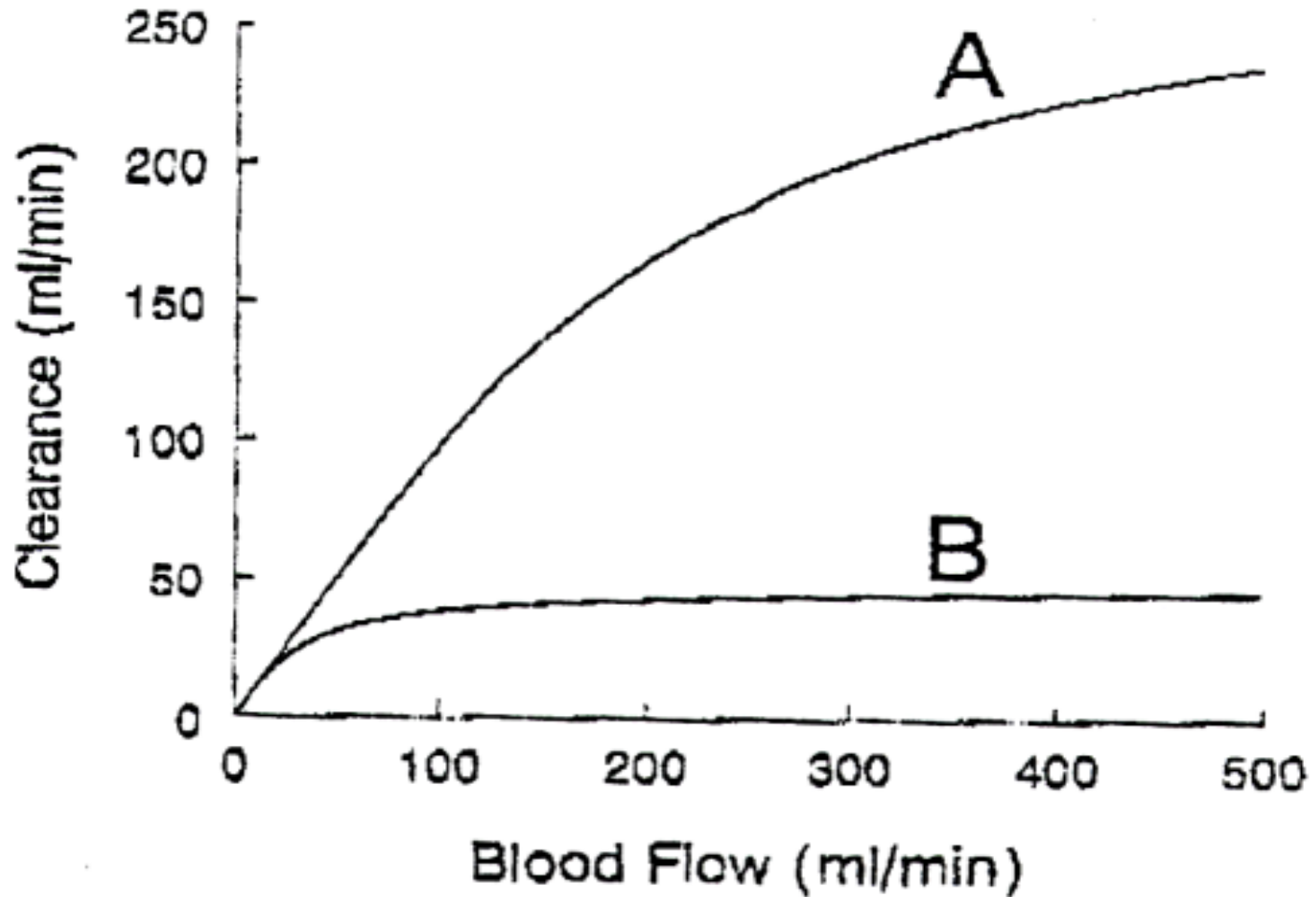


FIG. 5. Curves showing blood flow-dependent clearance (A) and blood flow-independent clearance (B).

**JUGULAIRE INTERNE DROITE en TERRITOIRE CAVE
SUPERIEUR**

RECIRCULATION

< 5 % en JID contre 5-12 % en SC

STENOSE ou THROMBOSE SYMPTOMATIQUE

1,6 % en JID contre 3,3 % en SC

STENOSE ou THROMBOSE ASYMPTOMATIQUE

9 % en JID contre 41 % en SC

FEMORALE DROITE

EXTREMITE EN POSITION CAVE INFERIEURE

DUREE INFERIEURE 1 SEMAINE

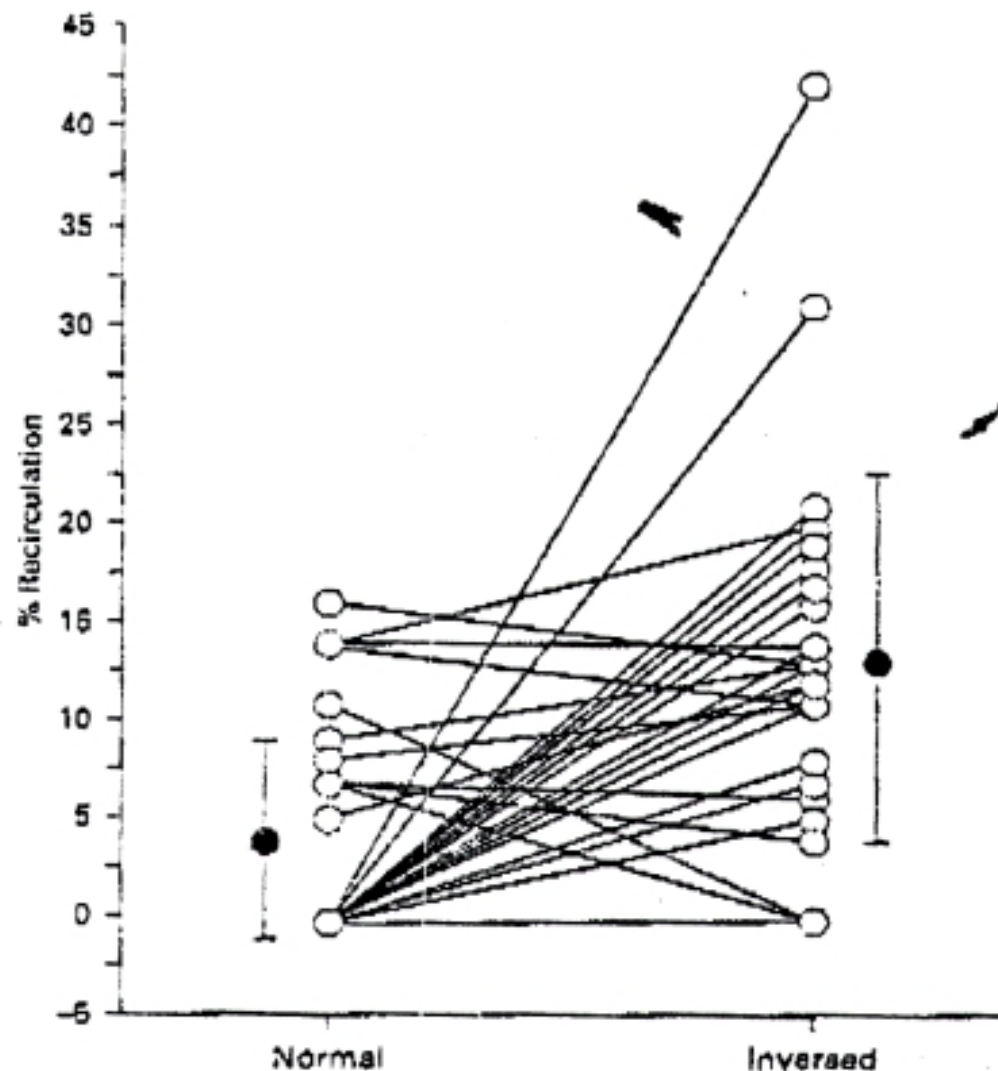
ARTERE DANS LA CONCAVITE DE LA COURBE

RECIRCULATION 6% pr 25 cm ; 18% pr 16cm

REPERAGE ECHOGRAPHIQUE VAISSEAUX

**INVERSION LIGNES
AUGMENTE LA
RECIRCULATION
DE MANIERE TRES
HETEROGENE**

**En moyenne de 2,9 à
12 %**



ACCES VASCULAIRE POUR L' EER-5

DEBITS AUTORISES

VERIFICATION MANUELLE : POSE ET BRANCHEMENT

DEBIT SANG REEL DIFFERENT DEBIT SANG AFFICHE

PROPORTIONNALITE DEBIT SANG REEL - DEPRESSION
ARTERIELLE

Exemple Cathéter de CANAUD Pression Artère = -
 $0,55(Q_{sg}) + 27$

OSCILLATIONS PRESSION/LIGNE

Variations Pressions dans Pompe artérielle

Roller Pump Variance

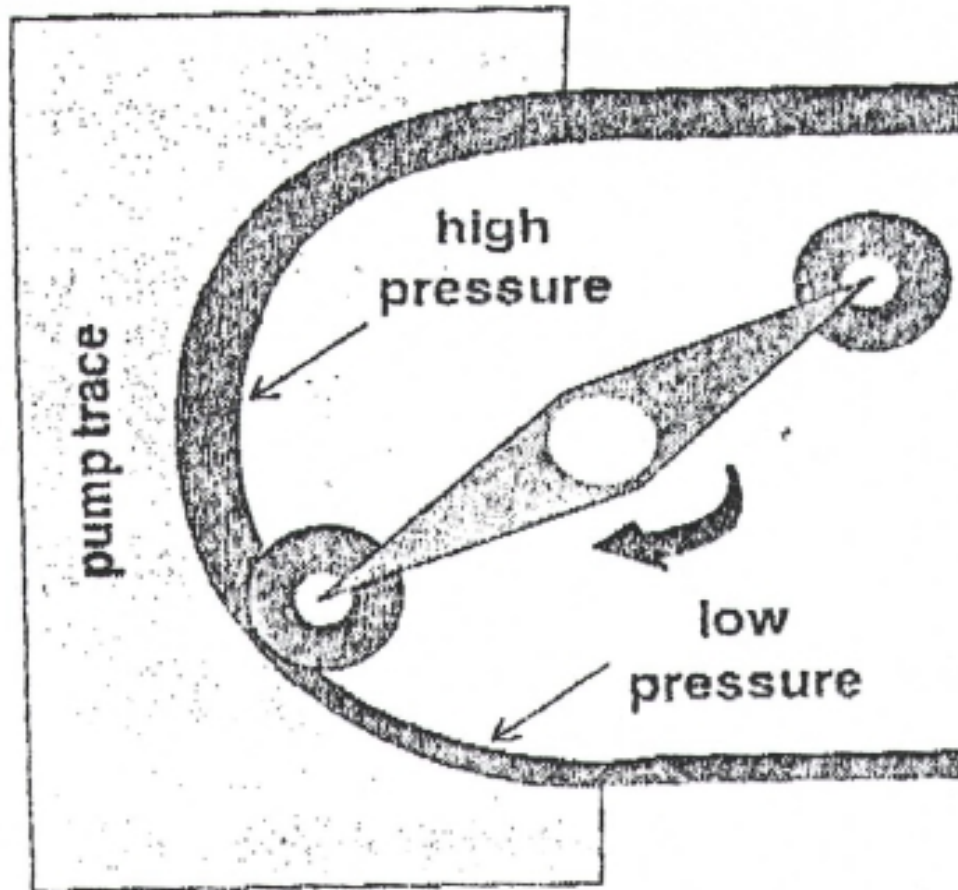
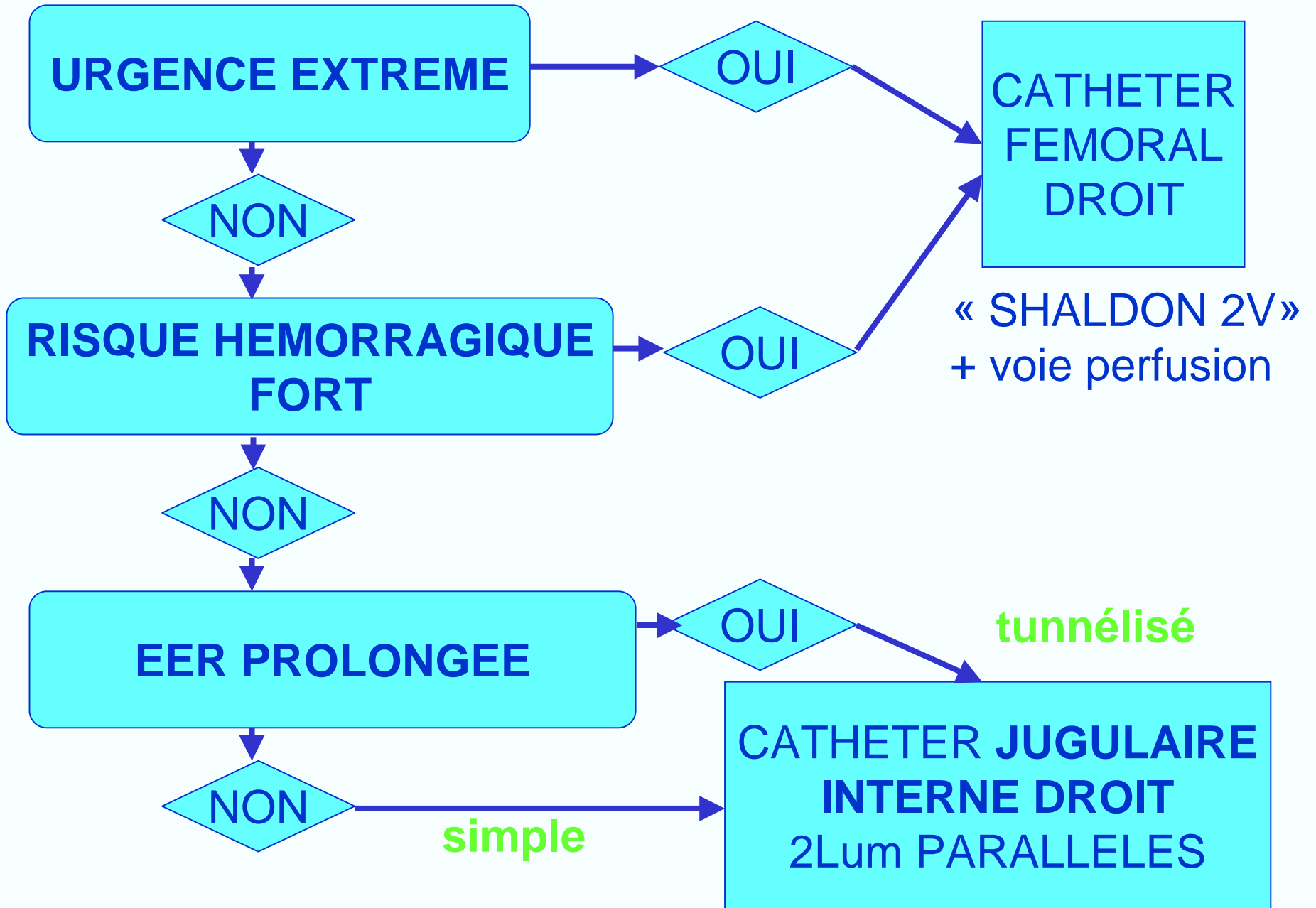
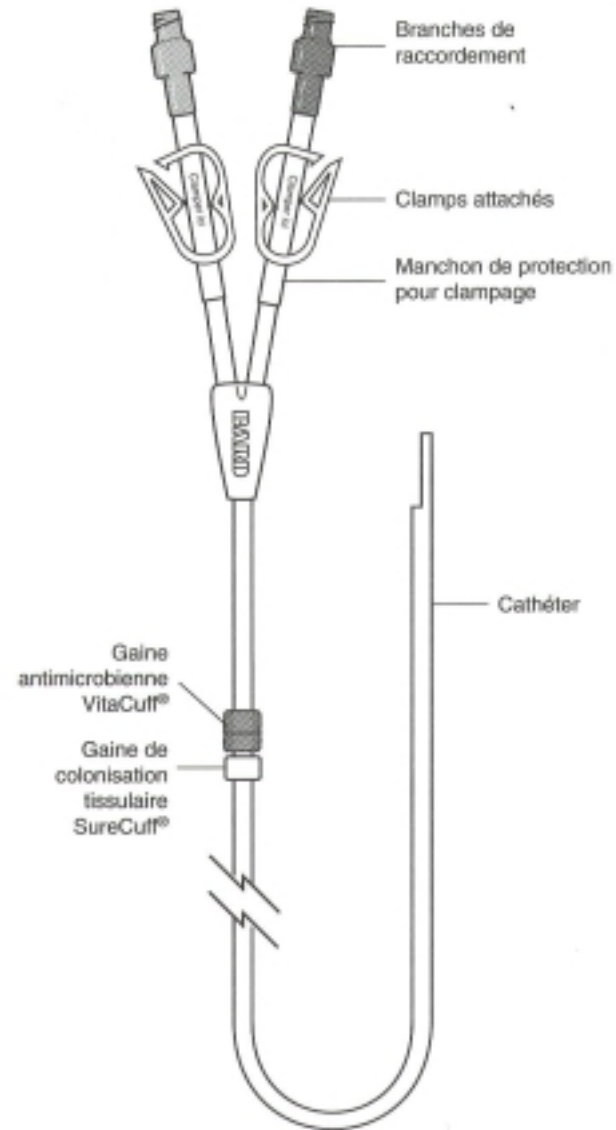


FIG. 2. Diagram of a hemodialysis roller pump. Adapted from T. A. Depner et al. (7), with permission.



**Cathéter Utilisé en
Réanimation à Annecy
marque : BARD
type : hickman**

Cathéter à deux lumières



Schémas d'évolution des pressions durant les séances

ACCES VASCULAIRE POUR L' EER-9

COMPLICATIONS	Incidence (%)
PONCTION ARTERIELLE	4,4 (0-12)
SAIGNEMENT LOCAL	4 (0-16)
PNEUMO/HEMO-THORAX	2 (1-3)
EMBOLIE GAZEUSE	0,6 (1-1,3)
HEMATOME RETROPERITONEAL	0,6

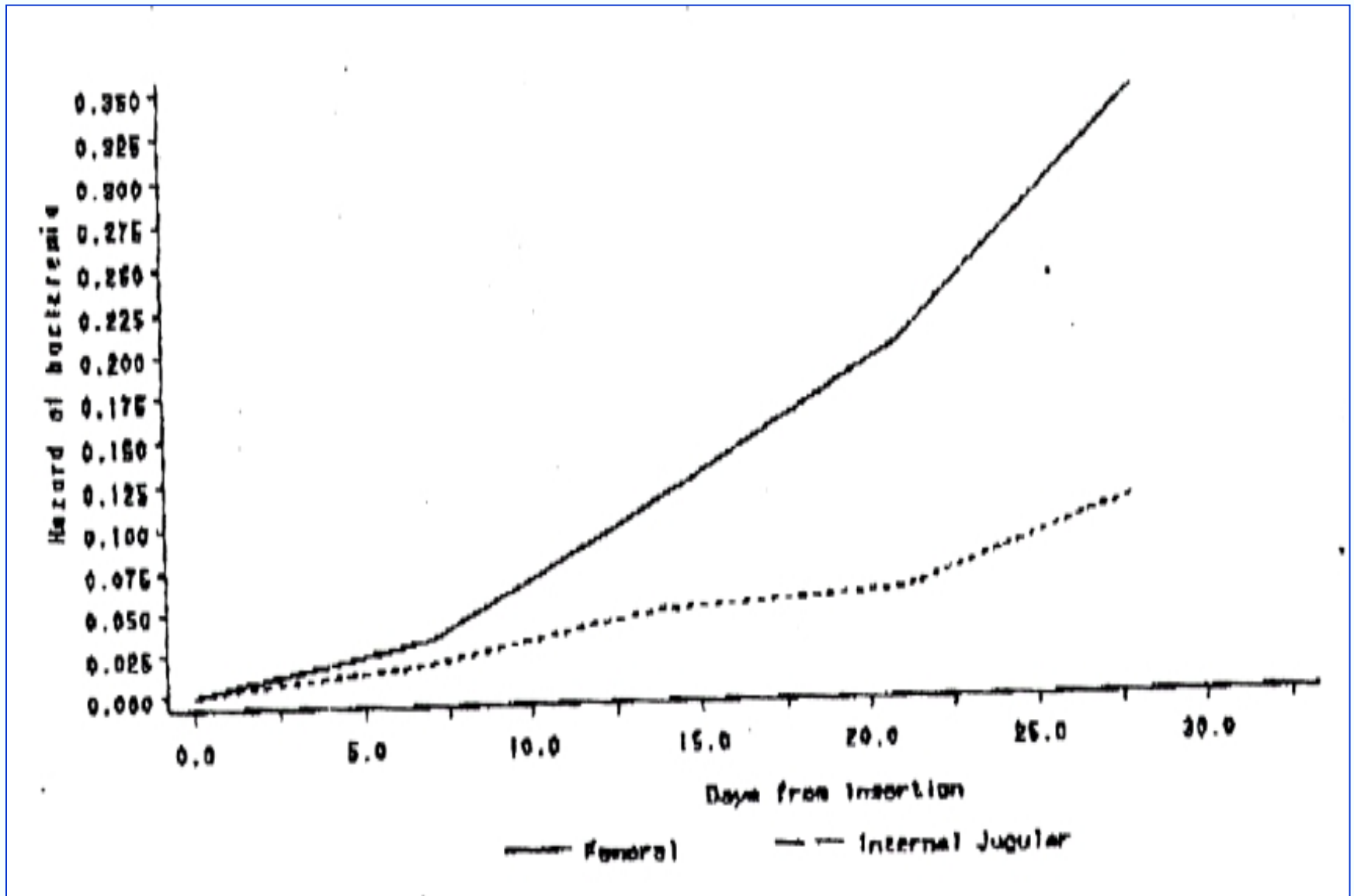
ACCES VASCULAIRE POUR L' EER-10

Type d'infection	KTR URGENT n/1000 j (%)	KTR TUNNELISE n/1000 j (%)
BACTERIEMIE	6,2 (10)	1,8 (39)
POINT PONCTION	3,6 (9)	1,4 (22)
METASTASES SEPTIQUES	1,1 (1,6)	0,4 (5,3)

STAPH AUREUS 60% puis SCN BGN=LEVURES

4 à 12 % d'Endocardites Infectieuses

ACCES VASCULAIRE POUR L' EER-11



PRINCIPES PHYSIQUES
TECHNIQUES
MATERIELS

Anticoagulation des circuits-1

Mécanismes responsables de la thrombose

Rôle prépondérant des plaquettes

Génération de thrombine à la surface des membranes

Production anormale de Facteur tissulaire par les
monocytes circulants

Facteurs influençant la thrombose

Patient : Thrombopénie, Hépatopathie, Carence VitK

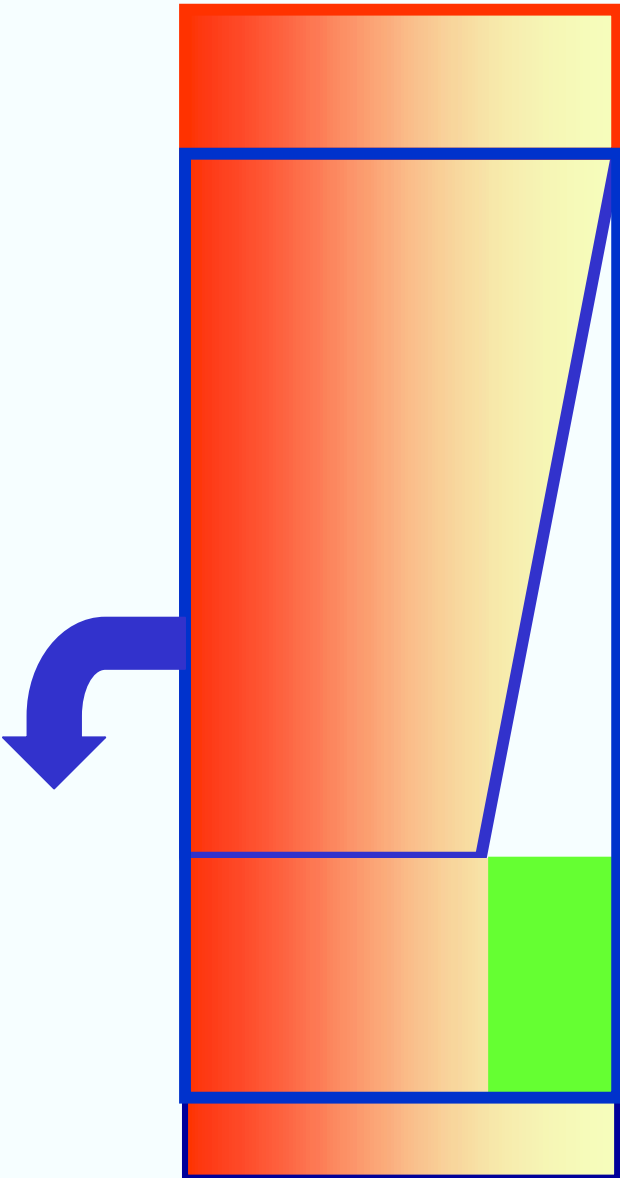
Durée d' EER

Circuit : KTR, Pompe, Pièges, Hémofiltre

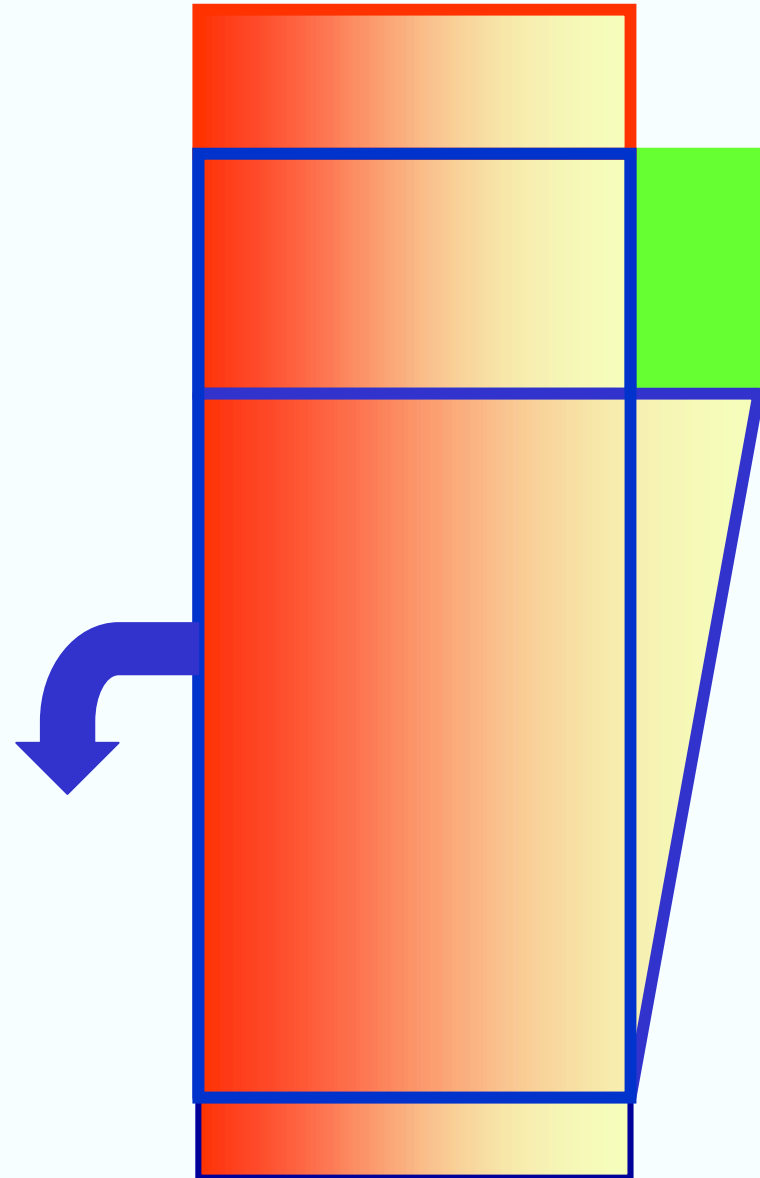
Paramètres EER : Débit sang 125-250 ml/mn, Débit UF,
Fraction Filtrée

BENEFICES DE LA PREDILUTION Anticoagulation-2

POST DILUTION



PRE DILUTION



Anticoagulation des circuits-3

EER SANS antithrombotique

Possible pour durée jusqu' à 4 heures

EER Continue :

Débit sang à 200-300 ml/mn,

Prédilution à 33 ml/mn

Moyenne de 32 h versus 19,5 h

Héparine Non Fractionnée HNF

Anticoagulation des circuits-4

Agent de référence, activité biologique contrôlable, antagonisable

**Variabilité inter et intra individuelle, thrombopénie
immunoallergique**

Rinçage circuit avec SSI + HNF 5000 à 10000 UI

5 à 10 UI/kg/h posologies initiales plus élevées

30% de complications hémorragiques

Héparine de Bas Poids Moléculaire HBPM

Anticoagulation des circuits-5

Activité anticoagulante plus faible et antithrombotique plus forte

Moindre variabilité biologique

Dosage 0,25 – 0,45 antiXa UI/ml

Nadroparine, Dalteparine

Surcoût d'environ 10%

ANTICOAGULATION AU CITRATE

Anticoagulation des circuits-6

Citrate : anticoagulation régionale

Incoagulabilité totale si $\text{Ca}^{++} < 0,2 \text{ mmol/l}$

Métabolisé en bicarbonate

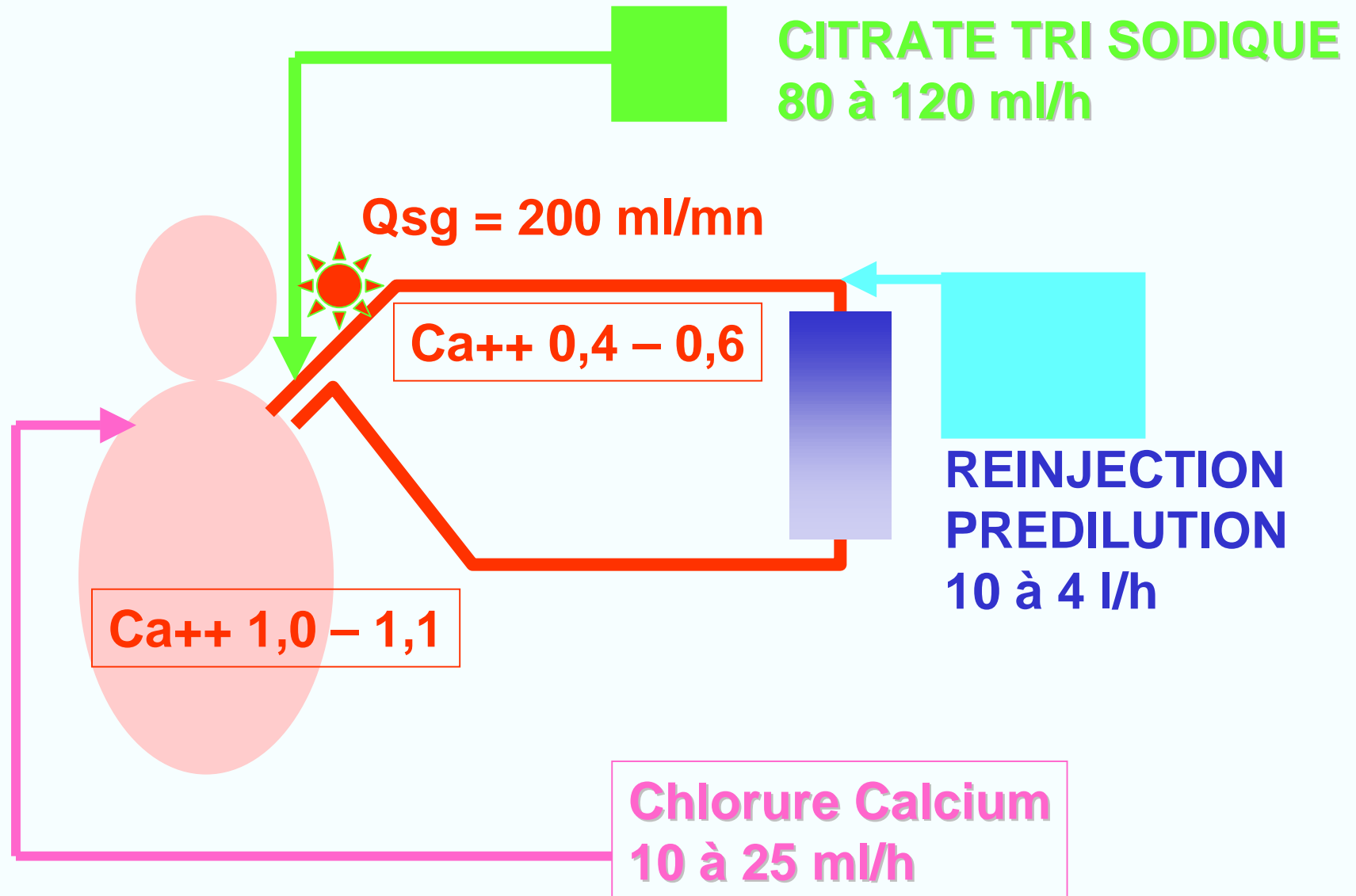
Action antithrombotique > HBPM > HNF

Augmentation durée hémofiltres

**Effets secondaires : hypernatrémie, alcalose
métabolique, hypocalcémie, hypomagnésémie,
acidose métabolique (si insuffisance hépatocellulaire)**

Anticoagulation des circuits-7

CITRATE / REA Anancy



Classification du risque hémorragique

Anticoagulation des circuits-8

RISQUE FORT

SAIGNEMENT ACTIF, HEMOSTASE INCOMPLETE

LESION INTRA CEREBRALE

THROMBOPENIE SEVERE

EER SANS ANTICOAGULANT ou CITRATE

Risque modéré

CHIRURGIE MAJEURE RECENTE

DEFICIT COAGULATION

HNF demi dose ou CITRATE

Surveillance infirmière

Anticoagulation des circuits-9

EER SEQUENTIELLE

AUGMENTATION PRESSION VEINEUSE

ASPECT FILTRE APRES RESTITUTION

ASPECT PIEGE VEINEUX APRES RESTITUTION

EER CONTINUE

AUGMENTATION PRESSION VEINEUSE

AUGMENTATION PTM (UF constante)

ASPECT FILTRE et PIEGE / RINCAGE CIRCUIT

THROMBOPENIE

Schéma de variations des courbes de pression conduisant au diagnostic de thrombose

Architecture des circuits d' EER-1

CIRCULATION EXTRACORPORELLE

Lignes sanguines « ARTERE » et « VEINE » /
PIEGES A BULLES

POMPE SANG : 1 seule, abandon « DOUBLE
POMPE »

CLAMP RETOUR VEINEUX prévention embolie
gazeuse

SITES DE PRELEVEMENTS, DE PERFUSION

LIQUIDES DE DIALYSAT et SUBSTITUTION

Architecture des circuits d' EER-2

GENERATEUR EER-SEQUENTIELLE

**EAU OSMOSEE + CONCENTRE ACIDE + CONCENTRE
BICARBONATE**

DIALYSAT FILTRE : OPTIONS

DIALYSAT « ON LINE » ex d'Annecy

MONITEURS EER-CONTINUE

**DIALYSAT = SUBSTITUTION : FORMULES STERILES
FABRICANTS**

Modifications par ajouts d'ions

Obstacle anticoagulation citrate

**POMPES : UF, DIALYSAT, REINJECTION (+ou-
anticoagulation)**

RECHAUFFEURS

COMPOSITIONS DIALYSAT/SUBSTITUTION

Architecture des circuits d' EER-3

Exemples

SODIUM 135 – 140 mmol/l

POTASSIUM 0 – 3 mmol/l

CHORE 100 – 110 mmol/l

CALCIUM 1 – 1,5 mmol/l

MAGNESIUM 0,7 – 1,5 mmol/l

GLUCOSE 5 mmol/l

TAMPONS

BICARBONATE en France, instabilité <-> poches séparées,
bicompartimentées

LACTATE ailleurs, économique, accumulation insuffisance hépato
cellulaire

Abandon acétate : vasodilatation, hypoxie

CIRCULATION DIALYSAT CONTRE COURANT

HEMOFILTRES/HEMODIALYSEURS

Architecture des circuits d' EER-4

CAPILLAIRES > PLAQUES

meilleure résistance pression (450-500 mmHg)

POLYSULFONE, POLYACRYLONITRYL,
POLYMETHYLMETACRYLATE

Abandon cellulose modifiée

Propriétés

SURFACE : 0,7 à 2,4 m²

COEFFICIENT D' ULTRAFILTRATION : 20 à 60 ml/h*mmHg

Si PTM = 200 mmHg ⇔ 4 à 12 l/h

CLAIRANCES : urée, créatinine, phosphate, vitB12, inulin

De 100 à 250 ml/mn

MISE EN ŒUVRE
INDICATIONS
EFFICACITE
SURVEILLANCE

OBJECTIFS DE L'EER DANS L'IRA

Conférence consensus SRLF

CONTRÔLE VOLEMIE, EQUILIBRE HYDRO-SODE

CONTRÔLE EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE

CORRECTION ELECTROLYTIQUE

ELIMINATION UREE CREATININE

MAINTIEN ETAT NUTRITIONNEL

**PRESERVATION / RECUPERATION FONCTION
RENALE**

Indications de mise en œuvre de l'EER dans l'IRA de réanimation

OLIGURIE < 5 ml/kg/j

ANURIE > 12 h

CREATININEMIE > 600 μ mol/L ou 67 mg/l

UREE PLASMATIQUE > 35 mmol/l ou 100 mg/l

**HYPERKALIEMIE > 6,5 mmol/l (réfractaire au traitement
médical)**

OEDEME PULMONAIRE (réfractaire au traitement médical)

ACIDOSE METABOLIQUE (réfractaire au traitement médical)

ENCEPHALOPATHIE, PERICARDITE UREMIQUE

Indications de l'EER en dehors de l'IRA

IRA MODEREE +

OEDEME AIGU PULMONAIRE ANURIQUE

INSUFFISANCE CARDIAQUE GLOBALE DECOMPENSEE

ENCEPHALOPATHIE HEPATIQUE

ABSENCE D'IRA

CHOC SEPTIQUE

CHIRURGIE CARDIAQUE SOUS CEC

HYPOTHERMIE, HYPERTHERMIE

INSUFFISANCE RENALE AIGUE

Autres défaillances

**IRA ISOLEE
REIN COUPABLE**

**IRA ASSOCIEE
REIN VICTIME**

évolution

**EPURATION
EXTRA RENALE
SEQUENTIELLE**

**EPURATION
EXTRA RENALE
CONTINUE**

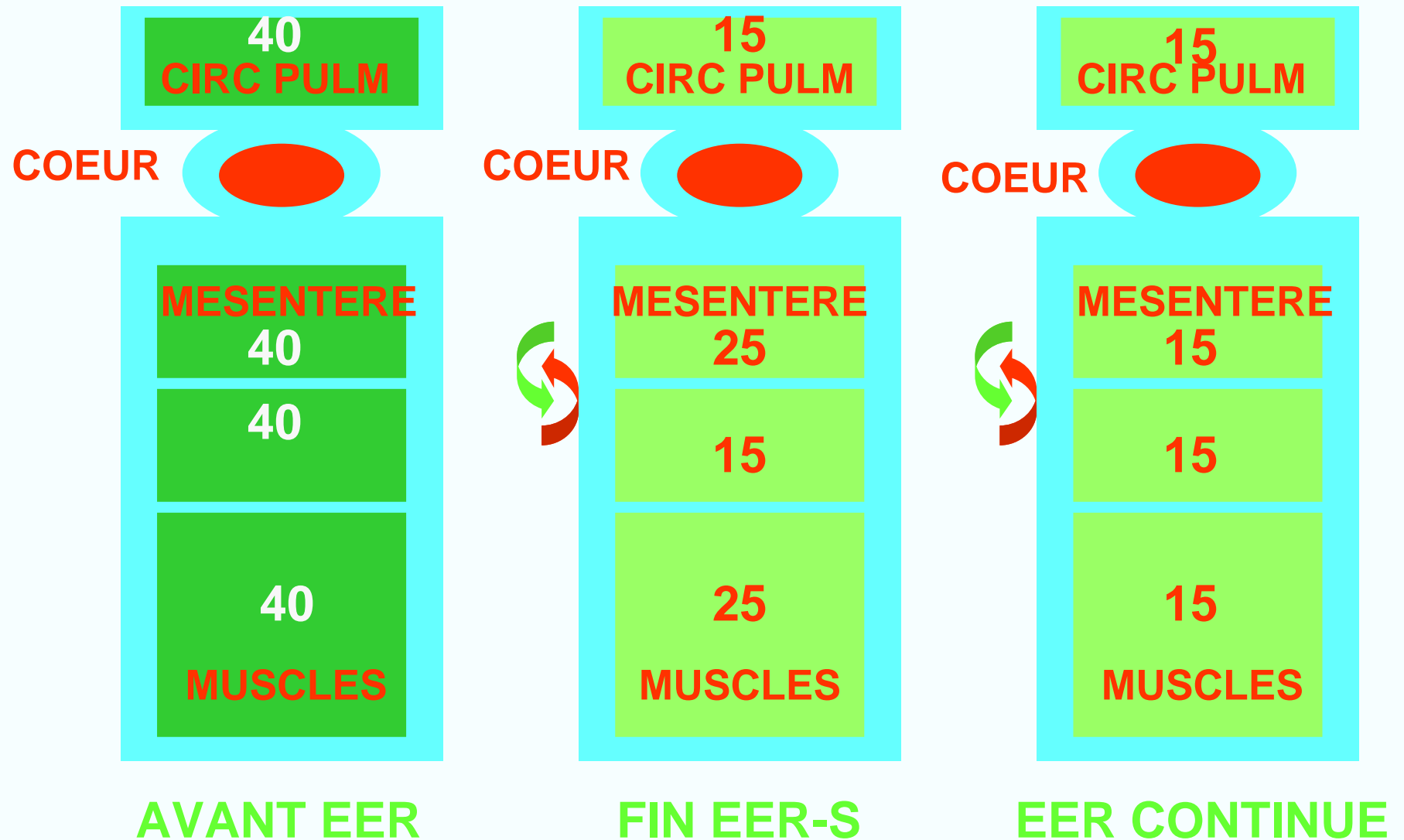
instabilité

stabilité

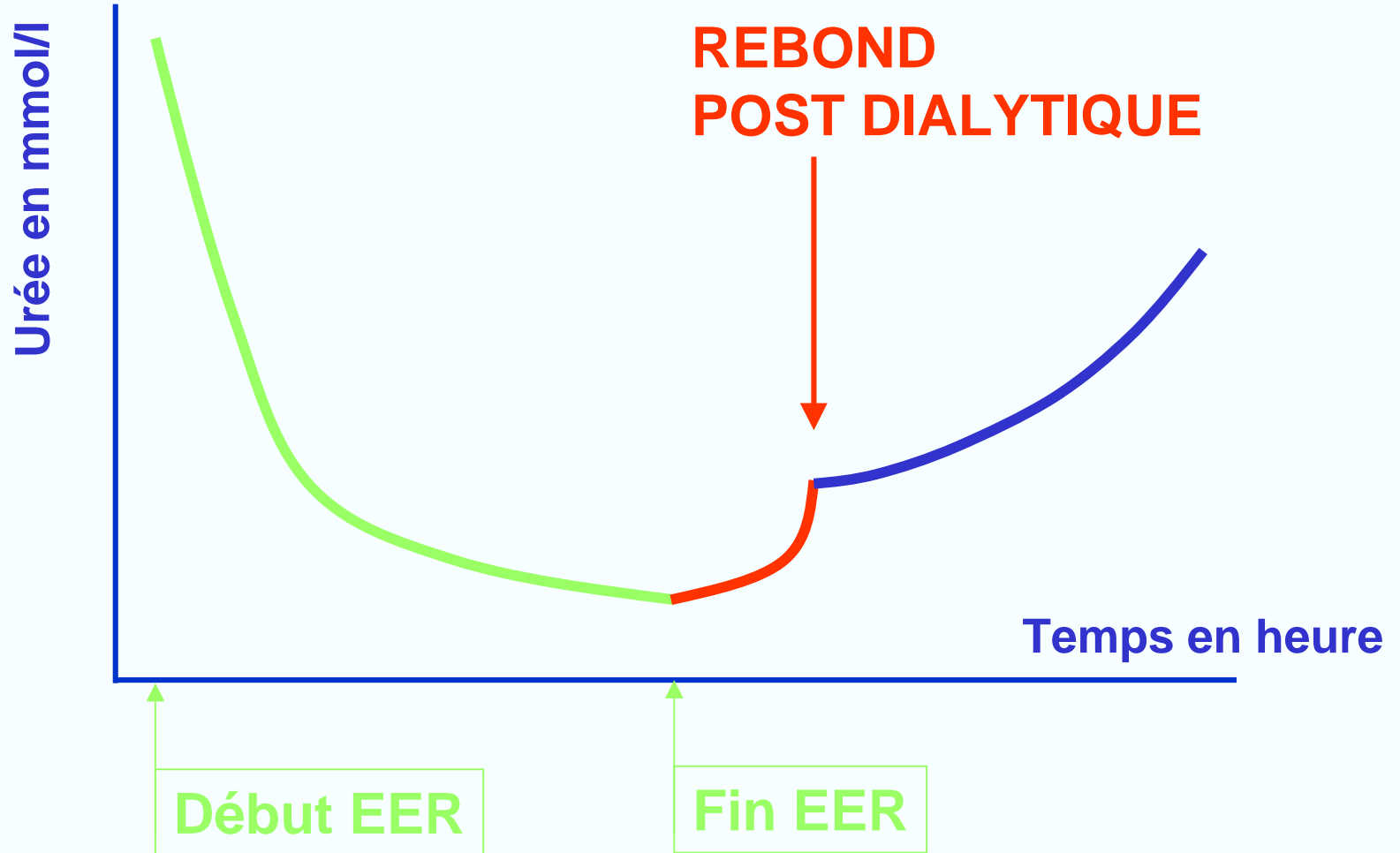
HYPOTHERMIE

HYPERTHERMIE

EQUILIBRE / RECIRCULATION DE L' UREE



Urée : Rebond Post Dialytique



PRESCRIPTION DE L'EER

TRAITEMENT ⇔ DOSE

Posologie Unitaire, Fréquence, Durée

Efficacité, Effets Secondaires, Complications

POSOLOGIE UNITAIRE

Epuration de la quantité d'urée produite par l'organisme / unité de temps

IRC/Dialysée : $Kt/V > 1,4$

Plusieurs modèles, formules complexes

DOSES ELEVEES = SURVIE PROLONGEE

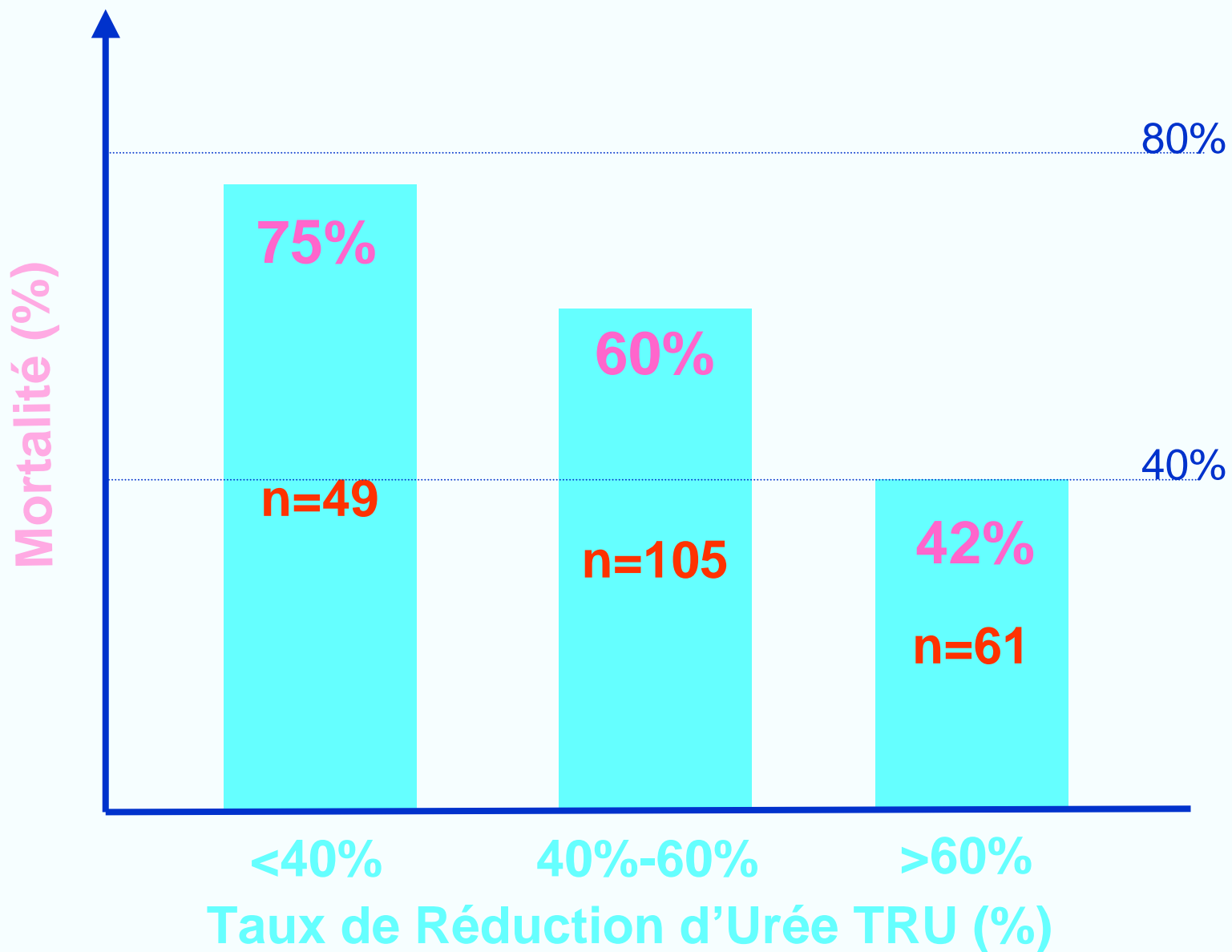
TRU Taux Réduction Urée

IRA/Réanimation en Hémodialyse

Relation dose / survie

Proportionnelle au TRU

DOSE DE DIALYSE ET MORTALITE



PRESCRIPTION DE L'EER

COMMENT DELIVRER LA DOSE ?

EN REALISANT DES DIALYSES RAPPROCHEES

Quotidiennes, schéma classique

Quotidiennes, SLED

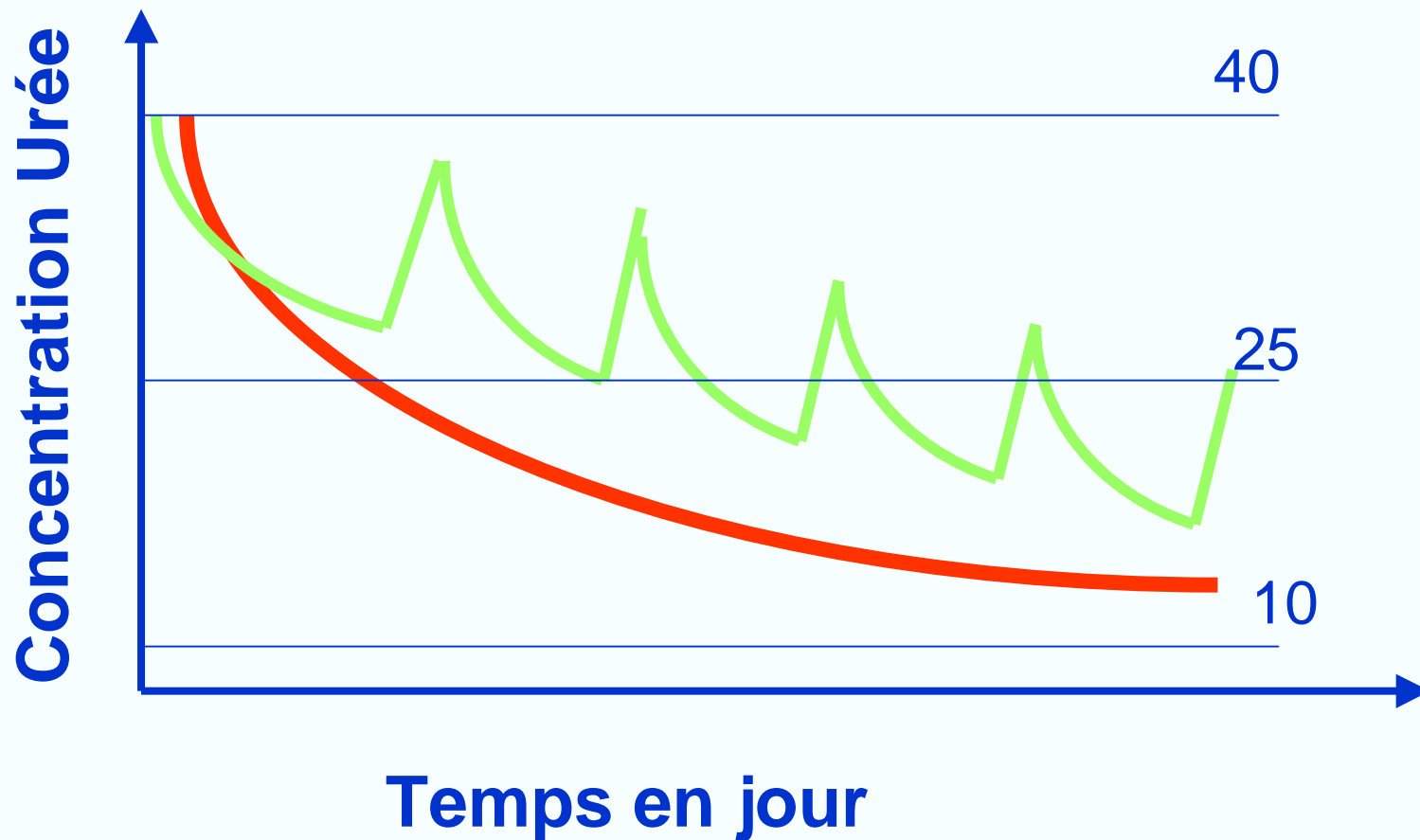
Sustained Low Efficiency Dialysis

Pour obtenir TRU > 60%

Vol Sang Epuré égal ou sup à Poids Corporel

EN REALISANT UNE EPURATION CONTINUE

Profils Evolutifs des Concentrations d' Urée en HDI et en HFC



PRESCRIPTION DE L'EER

EPURATION EXTRA RENALE CONTINUE CONTINUE

24h/24 en réalité 21 h en moyenne

HEMOFILTRATION

Clairance Urée = Débit UF

Proportionnalité DEBIT UF / SURVIE

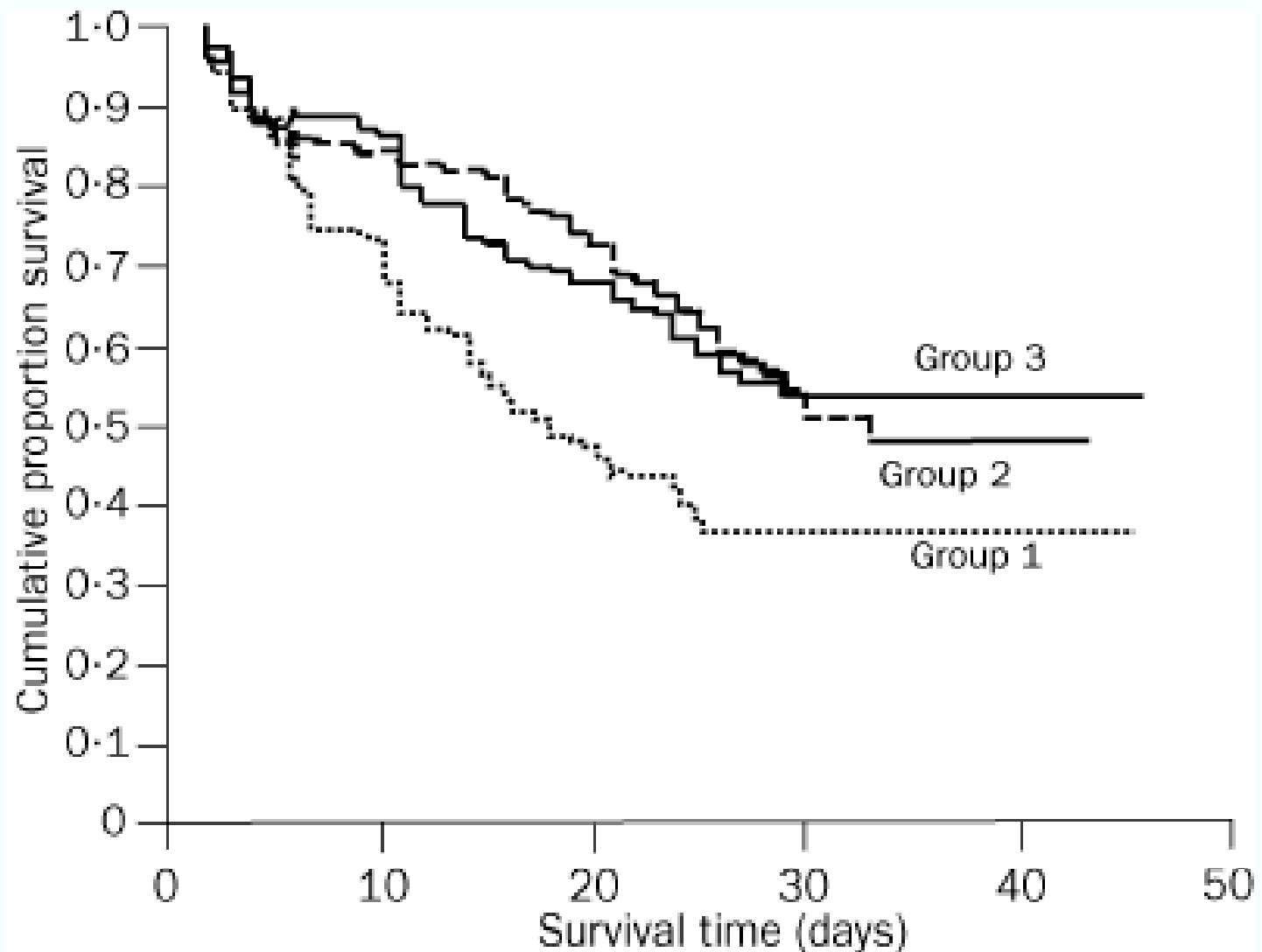
Recommandation 30 ml/kg/h

Soit 2400 ml/h pour sujet 80 kg et 24h
ou 2750 ml/h sur 21h

HEMOFILTRATION HAUT VOLUME

UF > 80ml/kg/h soit 6400 ml/h pour sujet 80 kg

SURVIE ET DOSES D' EER CONTINUE



En pratique
PRESCRIPTION DE L'EER

DEBUT IRA ⇔ INSTABILITE HEMODYNAMIQUE

Systemique et INTRA-RENALE

Lésions NTA fraîches en phase récupération

PERTES HYDRIQUES DELICATES

APPORTS EXOGENES ELEVES

PRIVILEGIER HEMOFILTRATION CONTINUE

Minimiser débranchements

**Contrôle antithrombotique, coordination
examens**

Utiliser des hauts débits d' UF

Ajuster secondairement dose

En pratique PRESCRIPTION DE L'EER

PHASE ETAT IRA

MAINTIEN EER CONTINUE ⇔ POIDS SEC

EER SEQUENTIELLE QUOTIDIENNE

ou 4 / semaine au moins

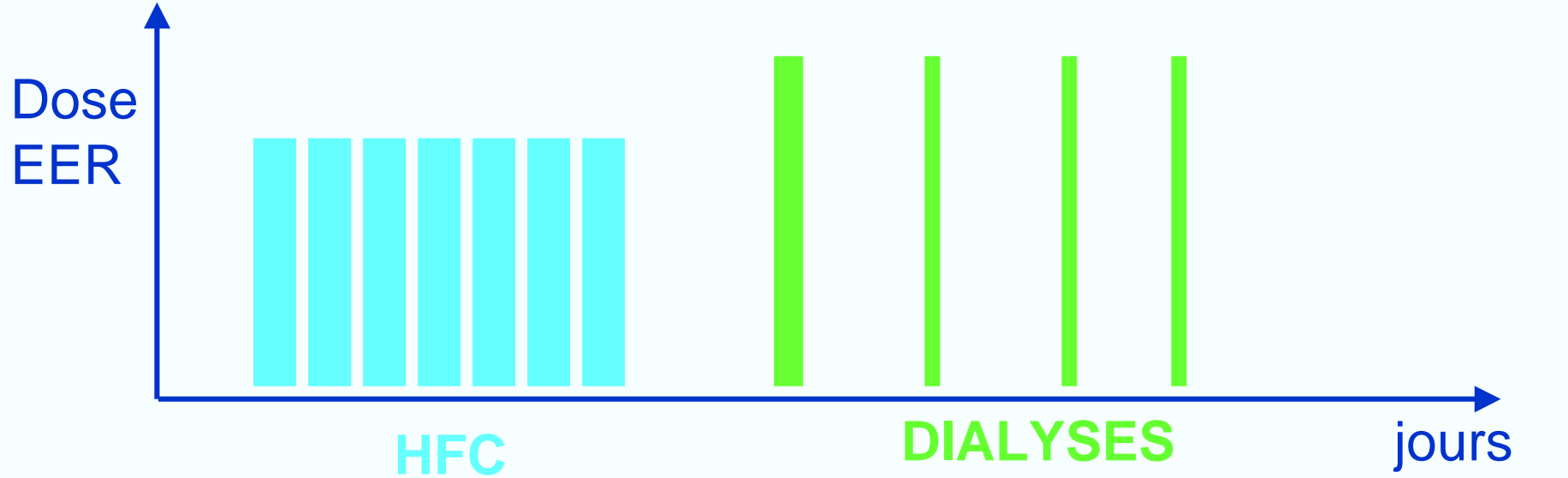
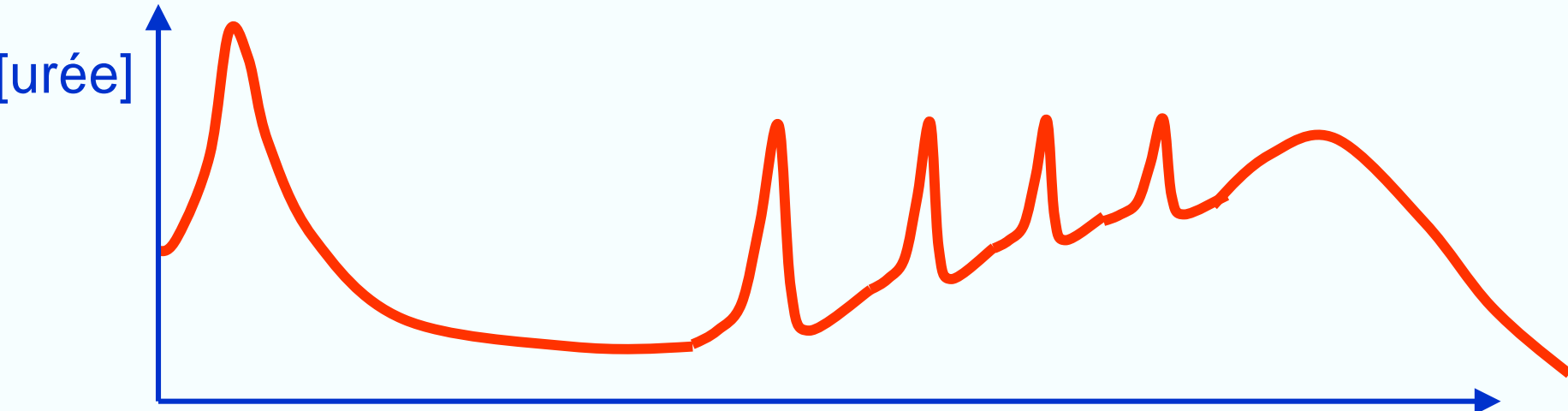
PHASE RECUPERATION IRA

EVITER DIALYSE

Tolérance urée élevées

EVITER DIURETIQUES

Profil Évolutif Modalités EER Dans IRA De Réanimation



COMPLICATIONS DES TECHNIQUES

COMPLICATIONS DU CATHETERISME cf supra

COMPLICATIONS ANTICOAGULATION cf supra

Complications liées à la technique

Déséquilibre aigu de la balance des fluides

Hypothermie, Réactions pyrogènes

Spoliation sanguine / Thromboses itératives de circuits

Hémorragie par déconnection / Embolie gazeuse

Complications liées à l'efficacité

Déséquilibres ioniques : hypokaliémie, hypophosphorémie

Pertes glucidiques, acides aminés

HYPOTENSION PER DIALYTIQUE

HYPOTENSION PER DIALYTIQUE

FACTEUR AGGRAVATION IRA

Récupération plus lente, Défaillances viscérales prolongées, Surmortalité ?

LIEES AUX VARIATIONS VOLEMIQUES / EER

Incidence

Elevée en chronique, non évaluée en aigu

20% d'hypotension ; 30% crampes vertiges céphalées

Causes

UF APPLIQUEE trop élevée

Hypo-osmolarité plasmatique ; Veinodilatation par correction acidose

Libération IL1, TNF, Acétate

Hypokaliémie, hypocalcémie

PHYSIOLOGIE REMPLISSAGE VOLEMIQUE PER DIALYTIQUE REFILLING ENDOGENE

Diminution volémie

⇔ Remplissage liquides interstitiels

⇔ Mobilisations liquides intracellulaires

CONTRIBUTEURS

HYPERHYDRATATION , PROTIDEMIE,

DEBIT D'UF

Inférieur à 500 ml/h

Reflet refilling

Coeff. Perméabilité Capillaire 0,0061 ml/mn/mmHg/100gr

ex : si P capillaire > 41 mmHg => 100 ml/h

AMELIORATION TOLERANCE EER-SEQUENTIELLE

Préservation Contractilité Myocardique

bicarbonate ; calcium 1,75 mmol/l ; normokaliémie

Préservation VOLUME PLASMATIQUE

sodium 145 mmol/l ; limiter UF initiale ;
glucose/dialysat ; excès d'efficacité TRU

Préservation Réactivité Vasculaire

bicarbonate ; 35°C ; UF ISOLEE

Préservation Biocompatibilité

éviter cuprophane ; dialysat stérile

SURVEILLANCE INFIRMIERE

CONTRÔLE BALANCE HYDRIQUE

Automatisation mais pesée bi quotidienne indispensable

Tolérance au branchement et débranchement

Variations volémiques rapides

CONTRÔLE THERMIQUE

Température malade, réchauffeurs, réchauffement actif

Moniteurs évaluant la dépense énergétique/thermique EER

CONTRÔLE FONCTIONNALITE MONITEUR

Pressions artère, veine, trans-membranaire

Détecteur sang/effluent – Détecteur bulles

UF APPLIQUEE, COMPOSITION LIQUIDES DIALYSAT/SUBSTITUTION

Entretien et contrôle circuit eau osmosée

CONTRÔLE BIOLOGIQUE

Ionogramme, TCA, Ca⁺⁺