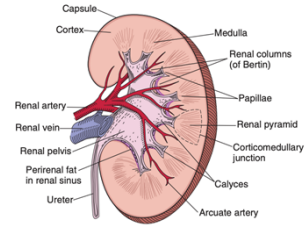


Aspects physiopathologiques et épidémiologiques de l'insuffisance rénale aiguë - Implications thérapeutiques

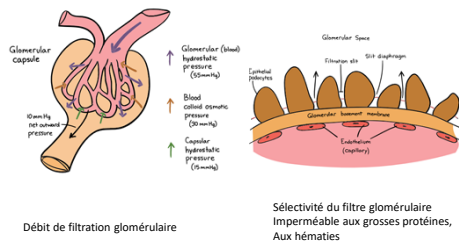
Pr. Sébastien Rubin
Néphrologie, Transplantation, Dialyse et Aphérèse, CHU de Bordeaux
INSERM U1034, Biologie des maladies cardiovasculaires

DU CEC 2026

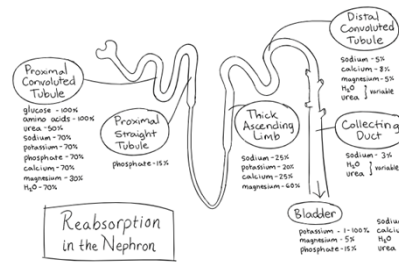
Un rein



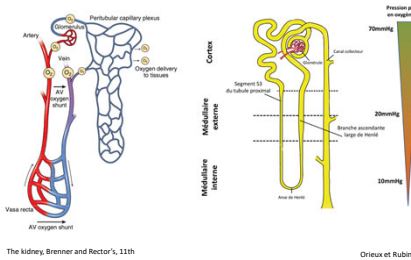
La filtration glomérulaire



La réabsorption tubulaire



Vascularisation rénale



Débit de filtration glomérulaire (DFG) et maladie rénale

- DFG = débit d'urine primitive formée
 - 100 ml/min/1.73m² <-> 140 litres / jour
- La baisse du DFG depuis au moins 3 mois définit la maladie rénale chronique
- Ce DFG peut être estimé en situation chronique par des équations (MDRD, CKD-Epi)
- En situation aiguë les équations ne fonctionnent pas

Insuffisance rénale aiguë

Baisse brutale du débit de filtration glomérulaire

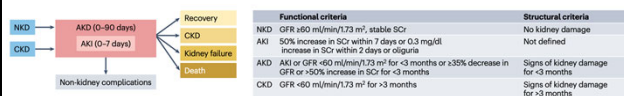
Définition de l'IRA

Insuffisance rénale aiguë (IRA) : définition

	Créatinine plasmatique	Diurèse
Stade 1	x1,5-1,9 en 7 jours ou >26,5 µmol/L en 48 heures	<0,5mL/kg/h sur 6 à 12 heures
Stade 2	x2-2,9 en 7 jours	<0,5mL/kg/h pendant ≥ 12 heures
Stade 3	x3 en 7 jours ou ≥354 µmol/L ou Epuration extra-rénale	<0,3mL/kg/h pendant ≥ 24 heures ou Anurie pendant ≥ 12 heures

D'après Khwaja et al. KDIGO Kidney Int. 2012

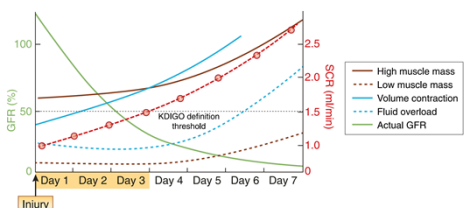
IRA : définition et histoire naturelle



Functional criteria	Structural criteria
NKD: GFR >60 mL/min/1.73 m ² , stable SCr	No kidney damage
AKI: 50% increase in SCr within 7 days or 0.3 mg/dL increase in SCr within 2 days or oliguria	Not defined
AKD: AKI or GFR <60 mL/min/1.73 m ² for <3 months or ≥35% decrease in GFR or >50% increase in SCr for <3 months	Signs of kidney damage for <3 months
CKD: GFR <60 mL/min/1.73 m ² for >3 months	Signs of kidney damage for >3 months

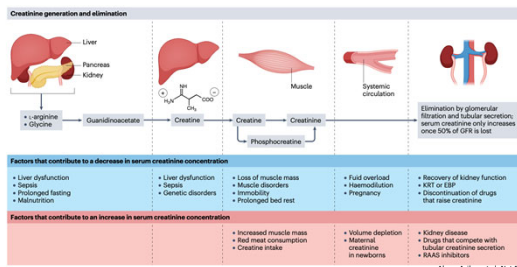
Cerdas et al. Nat Rev Nephrol 2026

La créatinine est un marqueur peu spécifique et peu sensible



Liu et al Clin J Am Soc Nephrol 2020

Synthèse et élimination de la créatinine



Alcan Arkan et al. Nat Rev Nephrol 2025

Les critères du sepsis et la fonction rénale : des biais multiples

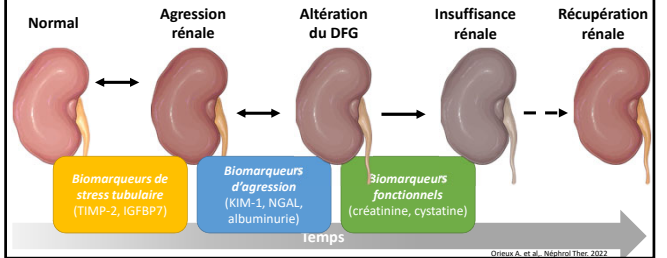
Score SOFA

SOFA	Organ	Points	Points
1	1-2	0-2	0-2
2	3-4	3-4	3-4
3	5-6	5-6	5-6
4	7-8	7-8	7-8

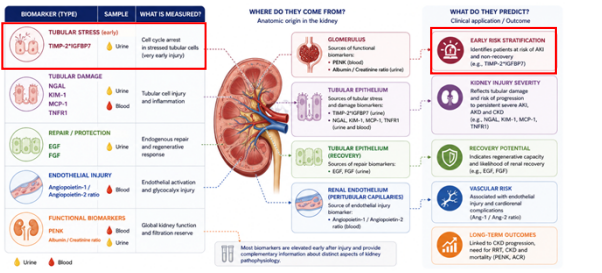
Exemple SOFA Rénal

Patient: age (years), sex	Serum creatinine (mg/dL)	GFR (mL/min/1.73 m ²)	Renal SOFA score
20, male	1.85	70	1
	3.8	30	3
	6.6	15	4
80, male	1.05	70	0
	2.1	30	2
	3.7	15	3
20, female	0.92	70	0
	1.85	30	1
	3.4	15	2
70, female	0.86	70	0
	1.75	30	1
	3.2	15	2
6, female	0.68	70	0
	1.6	30	2
	3.1	15	4

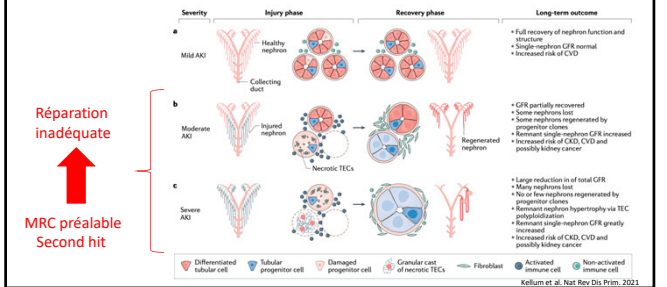
Place des biomarqueurs dans l'IRA



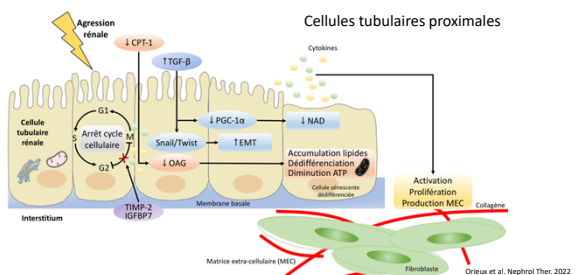
Des biomarqueurs multiples pour diagnostiquer tôt et stratifier le risque de sévérité et la récupération



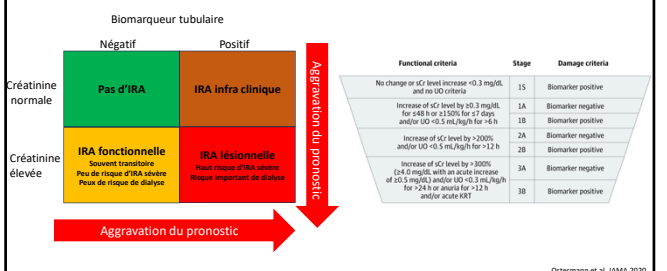
Les mécanismes de transition de l'IRA vers la MRC



Un mécanisme central pour le devenir : l'altération fonctionnelle et structurale des cellules tubulaires



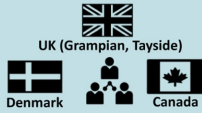
Affiner la classification de l'IRA : utilisation des biomarqueurs tubulaires



L'incidence de l'IRA est similaire à travers le monde

Methods

4 population-based cohorts:



2011-2014

Homogenous analytical approach: KDIGO definition

Results

Characteristics

- 7 million adults
- Median age: 59-68 years
- Female: 52-54%

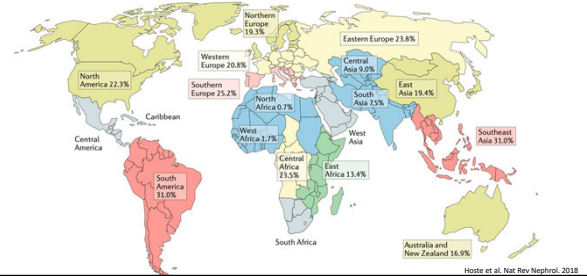
AKI/AKD rates

134 - 162 events /10,000 p years (age & sex standardised)

100 millions par an dans le monde

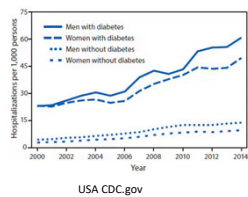
Saahjeev et al. Kidney Int. 2017

L'IRA concerne environ 20% des patients hospitalisés dans le monde

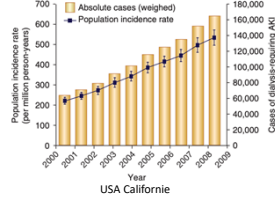


Une augmentation de l'incidence de l'IRA au cours du temps

IRA chez les patients hospitalisés



Incidence de l'IRA nécessitant une dialyse



Un impact financier majeur

- Cout annuel de l'IRA : 1 milliard de livres sterling (1% NHS)



Bedford et al. Nephrol Dial Transplant. 2014

- Impact au Canada



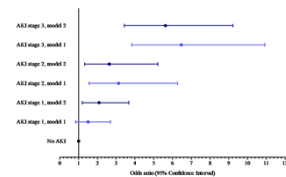
Results	N	hospital mortality	one year mortality	length of stay	hospital cost
No AKI	206,650 (86%)	3%	12%	8.9 days	\$9,444 CAD
Stage 1	25,495 (11%)	12%	25%	11.4 days	\$12,358 CAD
Stage 2	4,598 (2%)	27%	41%	12.8 days	\$14,370 CAD
Stage 3	2,493 (1%)	34%	47%	13.7 days	\$14,822 CAD
Stage 3 + Dialysis	670 (0.3%)	50%	56%	16.5 days	\$24,260 CAD

Collizer et al. Clin J Am Soc Nephrol 2017

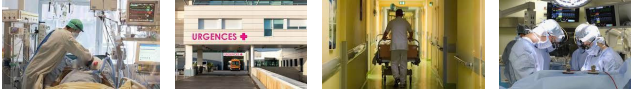
Insuffisance rénale aiguë en contexte critique

1800 patients
Fréquence AKI 57 %

Facteurs de risques
HTA OR = 1.8
Diabète OR = 1.8



Une maladie complexe : diversité de typologie de patients



Population	Age	Incidence (range)	RRT requirement (%)	Mortality (%)
Non-ICU hospitalized patients	Adult	<1 in 5 patients	<10	10-20
Critically ill patients	Adult	1 in 3 to 2 in 3 patients	5-11	NR
	Paediatric	1 in 4 patients (10-82%)	1-2	11
Patients undergoing cardiac surgery	Adult	1 in 5 patients (2-50%)	<5	10
	Paediatric	1 in 3 to 1 in 2 patients	NR	6
Patients with sepsis	Adult	1 in 20 to 1 in 2 patients	15	30-60

Hoste et al. Nature Review Nephrology 2018

Différents contextes cliniques

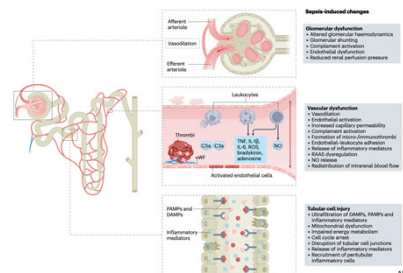
- AKI associée au Sepsis
- AKI associée à la Chirurgie
- AKI associée à l'hypoperfusion rénale
- Physiopathologie proche
 - Hypoperfusion / Choc
 - Ischémie - reperfusion
- AKI toxique

AKI associée au Sepsis

- Cause la plus fréquente AKI
 - 50% des AKI en réanimation
- Concerne 22% des patients atteints de sepsis (réa ou non)
- Mortalité : 40% en réanimation

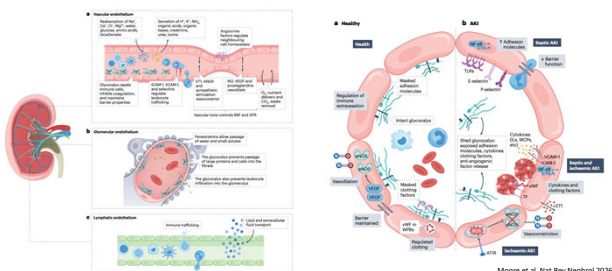
Uchino et al. JAMA, 2005
Angus et al. Crit. Care Med 2001
Vincent et al. Crit Care 2006

AKI septique : physiopathologie



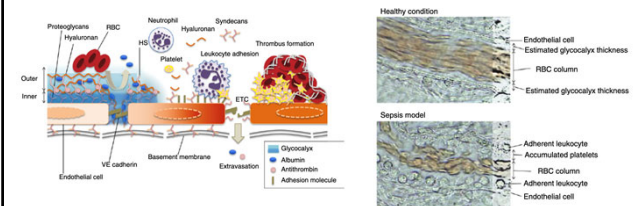
Akcan Arkan et al. Nat Rev Nephrology 2021

Atteinte endothéliale et AKI septique

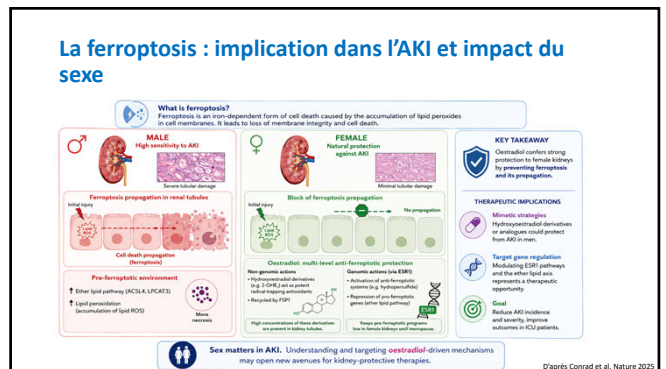
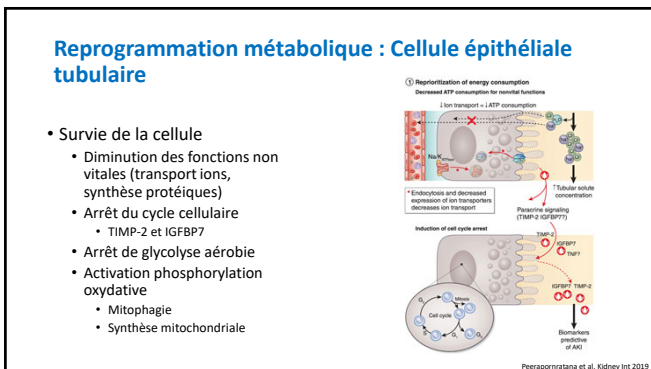
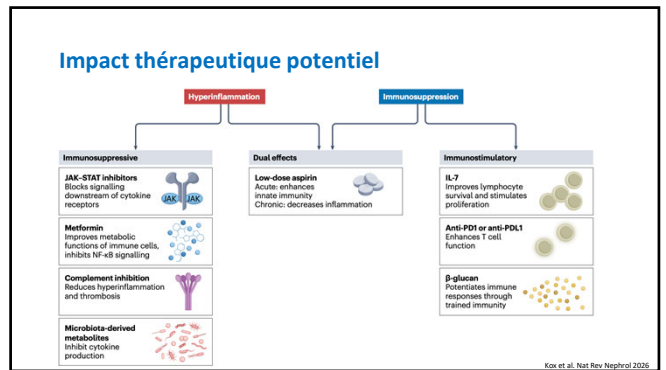
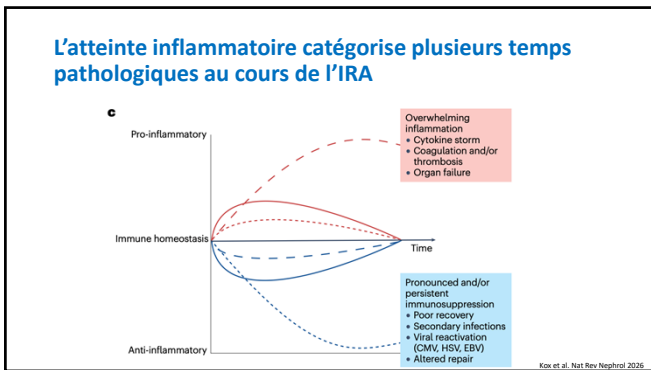
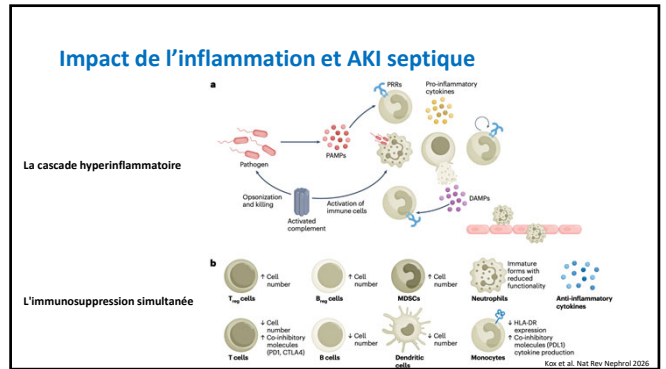
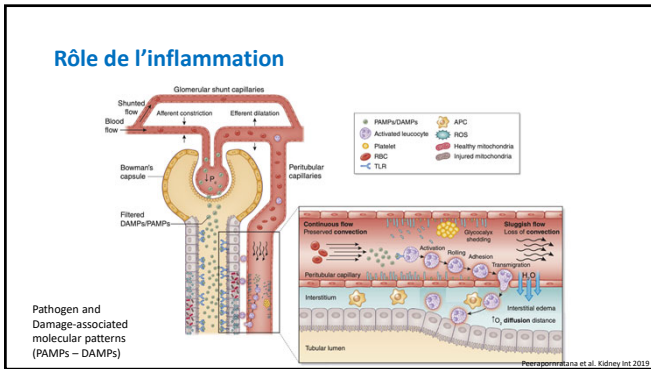


Moore et al. Nat Rev Nephrology 2026

Sepsis et altération endothéliale (ex. du glycocalyx)



Hiba and Levy J Thromb Haemost 2019



IRA « chirurgicale » : spécificités

- AKI est associée à la mortalité post opératoire
- Fréquence
 - Chirurgie cardiaque : 20 %
 - Chirurgie abdominale lourde: 15 %
 - Chirurgie aortique non programmée > 50 %
 - Transplantation hépatique > 50 %
- L'insuffisance rénale chronique est le facteur de risque le plus important
- AKI sévère : HR de mortalité x 2 à 10 ans

Box 2 | Risk factors for CSA-AKI

Risk factors for cardiac surgery-associated acute kidney injury (CSA-AKI) are classified as patient-related or procedure-related factors, as well as by the relevance of the risk factors at different times with respect to the cardiac surgery procedure.

Patient-related factors

Female sex, advanced age, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), diabetes mellitus, peripheral vascular disease, pre-existing chronic kidney disease, congestive heart failure, left ventricular systolic function < 35%, need for emergency surgery, cardiogenic shock requiring intra-aortic balloon pump (IABP), left main coronary artery disease, previous cardiac surgery.

Procedure-related factors

Cardiopulmonary bypass (CPB) time, cross-clamp time, on-pump versus off-pump, hemodynamic hemofiltration, pulsatile versus non-pulsatile perfusion.

Preoperative factors

Advanced age, female sex, renal dysfunction, heart failure, left main coronary artery disease, diabetes mellitus, COPD, peripheral vascular disease, heart disease, low end-organ output states or hypotension (antigenic shock from acute myocardial infarction, mechanical complications of myocardial infarction, myocarditis).

Intraoperative factors

Type of aortic occlusion, aortic and coronary anastomosis and side anastomosis, CPB non-pulsatile, low flow, low pressure perfusion, hypothermia, CPB, deep hypothermia circulatory arrest, CPB duration (side < 20 min, hemofiltration, hemofiltration and haemodialysis from prolonged duration of CPB, embolism).

Postoperative factors

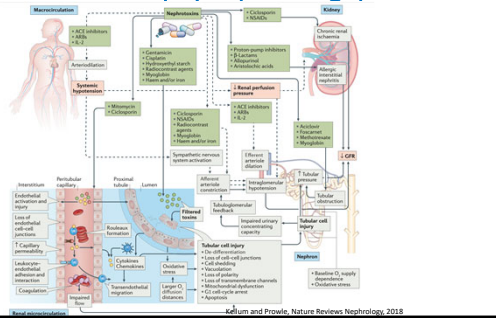
Low cardiac output, transfused contractile, hypovolemia and absent antioverload synchrony in hypertrophic heart, hypotension, intense vasoconstriction after renal and hepatic (RAI), acute nephritis.

Wang and Bellomo Nat Rev Nephrol 2017
Peetounzadeh et al. Kidney Int 2019

IRA toxique / médicamenteuse

- Le rein reçoit 25% du débit sanguin cardiaque
 - Exposition importante aux toxines sanguines
1. Hémodynamique rénale
 2. Toxicité tubulaire
 - Directe
 - Osmotique
 3. Obstruction lumière tubulaire
 4. Inflammation interstitielle directe ou indirecte (immune)
 5. Atteinte vasculaire

AKI toxiques : diversité physiopathologique



Attitude pratique : quels examens prescrire ?

- Objectif : ne pas rater une étiologie spécifique (néphrologique ou urologique)
- Éliminer les causes « post-rénales »
 - Échographie rénale / Scanner
- Ionogramme urinaire, protéinurie, ECBU

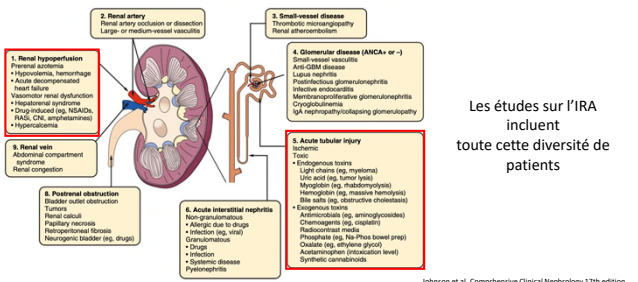
Normal or few red blood cells or white blood cells
Prerenal azotemia
Arterial thrombosis or embolism
Prerenal azotemia
HUS, TTP
Scleroderma crisis
Postrenal AKI
Renal tubule epithelial cells and granular casts
Acute tubular necrosis
Dysmorphic red blood cells and red blood cell casts
Glomerulonephritis or vasculitis
Malignant hypertension
White blood cell and white blood cell casts
Acute interstitial nephritis or eosinophilic glomerulonephritis
Sarcoid pyelonephritis
Marked leukocytosis or lymphocytosis
Eosinophilia (>5%)
Allergic interstitial nephritis (antibiotics > NSAIDs)
Atheroembolism
Cystitis
Acute urate nephropathy
Calcium oxalate (ethylene glycol intoxication)
Acyclovir
Indinavir
Sulfonamides
Methicarbrazol

AKI, Acute kidney injury; HUS, hemolytic uremic syndrome; NSAIDs, nonsteroidal anti-inflammatory drugs; TTP, thrombotic thrombocytopenic purpura.

Intérêt de l'analyse urinaire

The kidney, Brenner and Rector's, 11th

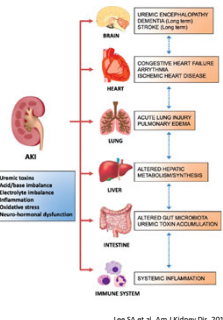
Objectif : éliminer une cause spécifique d'IRA

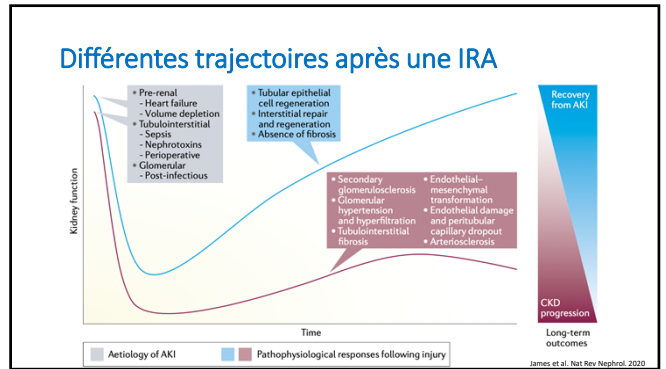
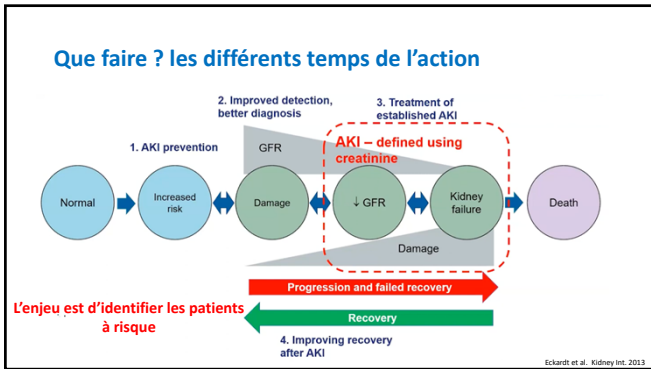


Les études sur l'IRA incluent toute cette diversité de patients

Complications aiguës

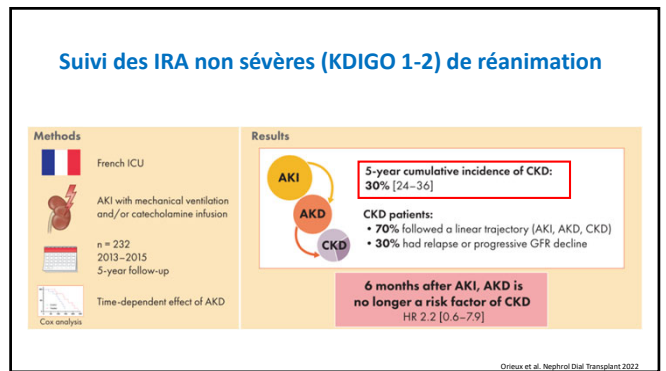
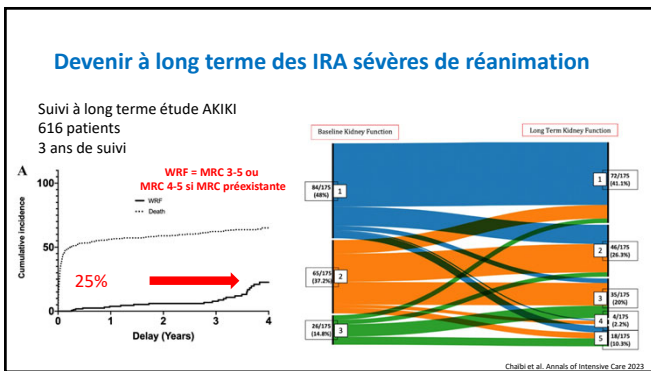
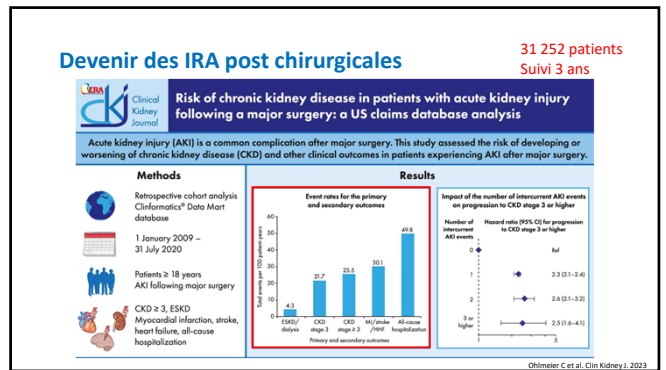
- Hyperkaliémie
- Acidose métabolique
- Rétention hydrosodée
- Anémie, altération hémostasie
- Dénutrition
- Saignements digestifs
- Susceptibilités aux infections





Récupération rénale : différentes définitions

FACTEUR DÉTERMINANT	TERMINOLOGIE	DÉFINITION
DURÉE DE L'AKI	• Transitoire ou réversible rapide de l'AKI • AKI persistant	• Retour à la fonction rénale de base dans les 48-72 h • Persistance de l'AKI au-delà de 72 h après le début
DEGRÉ DE RÉCUPÉRATION	• Non-récupération de la fonction rénale • Récupération incomplète • Récupération partielle • Récupération complète	• Basée sur le SCr • Score de MRC 1-3 • Coéférence unique (SCr) entre la valeur de base et 1.5x la valeur de base, ou entre deux valeurs de base (après persistance prolongée ou après de nouveau épisode) • SCr < 1.5 x la valeur de base
DEGRÉ DE RÉCUPÉRATION	• Récupération	• Diminution de la SCr d'au moins 25 % par rapport à la valeur de référence dans les 7 jours suivants
DEGRÉ DE RÉCUPÉRATION	• Récupération complète	• Annulation des DFGs à 90 % de la valeur de base
DEGRÉ DE RÉCUPÉRATION	• Récupération	• SCr post-AKI dans les 25 % de la valeur de base (par hospitalisation) relative à la valeur de base à la TRT
NON DIALYSÉ	• Survie de la TRT	• Survie de la TRT à 30 jours de début de la TRT
CHANGEMENT DE SCr PAR RAPPORT À LA BASE	• Récupération complète • Récupération incomplète • Absence de récupération	• SCr < 0.5 mg/dL (44 µmol/L) au-dessus de la valeur de base • SCr < 0.5 mg/dL, au-dessus de la valeur de base, sans dépendance à la TRT • Dépendance à la TRT
DFGc	• Récupération complète • Récupération incomplète • Absence de récupération	• DFGc > 60 mL/min/1.73 m ² • Dépendance à la TRT
PATIENT DE RÉCUPÉRATION	• Récupération partielle • Récupération incomplète • Récupération partielle • Récupération complète • Absence de récupération	• Retour dans les 72 heures et maintien jusqu'à la sortie d'hospitalisation • Retour après 72 heures et maintien jusqu'à la sortie d'hospitalisation • Retour après 72 heures et maintien jusqu'à la sortie d'hospitalisation • Retour après 72 heures et maintien jusqu'à la sortie d'hospitalisation • Retour après 72 heures et maintien jusqu'à la sortie d'hospitalisation • Retour après 72 heures et maintien jusqu'à la sortie d'hospitalisation • Retour après 72 heures et maintien jusqu'à la sortie d'hospitalisation • Retour après 72 heures et maintien jusqu'à la sortie d'hospitalisation
AKD	• AKD	• Diagnostic établi après un épisode de lésion rénale aiguë persistante pendant 90 jours



Les facteurs de risque de maladie rénale chronique post IRA

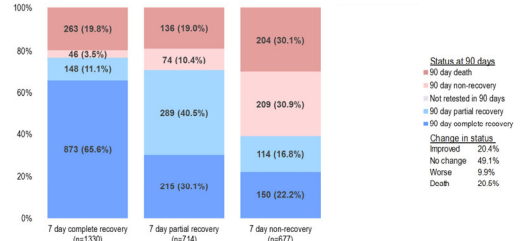
Chez les patients vivants à J7 de réanimation
n=172
Suivi 5 ans

Facteurs associés au risque d'IRC	HR	IC95%	p-value
Age (par année)	1.01	1.0-1.03	0.14
Sexe (féminin)	1.9	1.1-3.2	0.02
Hypertension	1.2	0.6-2.2	0.62
Diabète	0.8	0.4-1.4	0.38
Antécédent cardiovasculaire	1.4	0.8-2.6	0.27
Score (GS2 (par point))	1.01	1.0-1.02	0.13
IRA KDIGO 2	0.95	0.4-2.2	0.91
IRA KDIGO 3	0.6	0.3-1.4	0.21
Maladie rénale aiguë (AKD)			
IRC, dans les 6^{ème} mois après l'admission en réanimation	29.2	8.5-100.7	<0.0001
IRC, plus de 6 mois après l'admission en réanimation	2.2	0.6-7.9	0.21

Cheroux et al. Nephrol Dial Transplant 2022

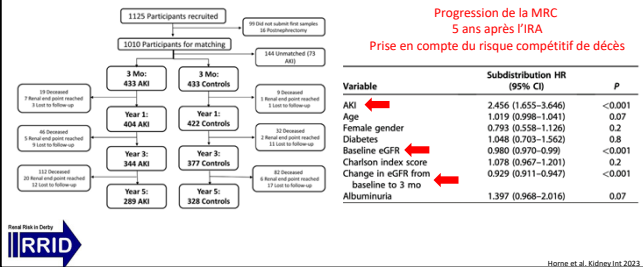
Importance de la récupération précoce sur la fonction rénale

17 630 patients hospitalisés suivis de 2003 à 2013
GLOMMS-II (Royaume-Uni)



Sawhney et al. Am J Kidney Dis 2017

Facteurs de risque de mauvaise pronostic rénal : importance de l'évaluation à 3 mois

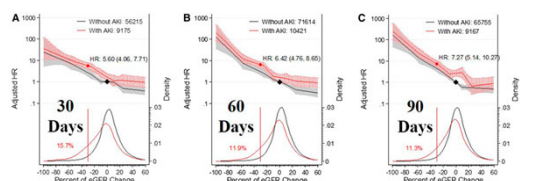


Horne et al. Kidney Int 2021

L'essentiel se joue très tôt : identifier vite les patients

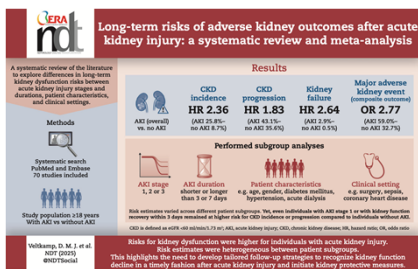
161 185 patients américains
Suivi 3,8 ans

MRC stade 5 et mortalité
HR en comparaison à l'absence d'IRA et de variation du DFGc

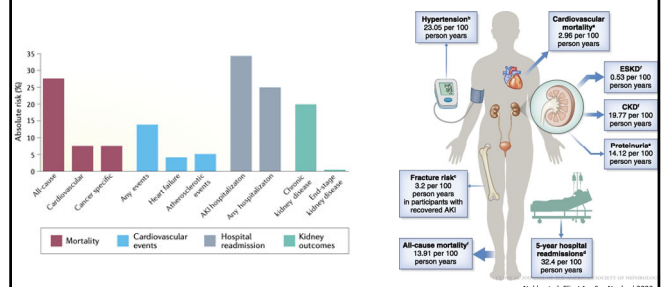


Grims et al. J Am Soc Nephrol 2016

Synthèse du risque rénal post IRA

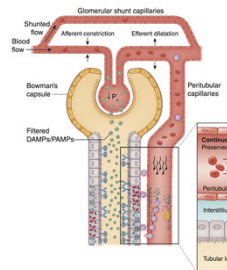


Devenir des IRA : complications systémiques



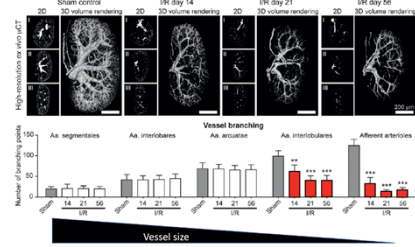
Dysfonction microcirculatoire

- Vasoconstriction artériole afférente
- Dilatation artériole efférente
- Shunt glomérulaire
- Redistribution de perfusion vers le cortex



Peerapornratana et al. Kidney Int 2019

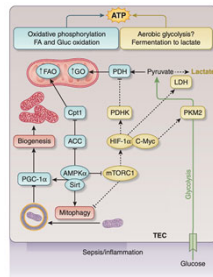
Raréfaction vasculaire et IRA



Ehling J. et al. J Am Soc Nephrol 2016

Reprogrammation métabolique : Cellule épithéliale tubulaire

- Survie de la cellule
 - Diminution des fonctions non vitales (transport ions, synthèse protéiques)
- Arrêt du cycle cellulaire
 - TIMP-2 et IGFBP7
- Glycolyse aérobie
- Activation phosphorylation oxydative
 - Mitophagie
 - Synthèse mitochondriale



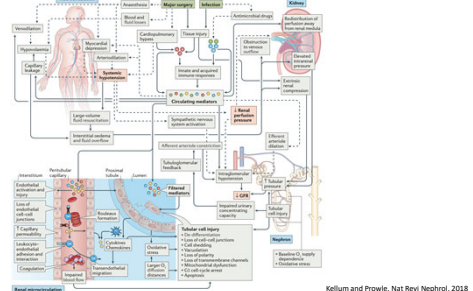
Peerapornratana et al. Kidney Int 2019

IRA « chirurgicale » : physiopathologie

- Altérations hémodynamiques
 - Anesthésie
 - Pertes sanguines
 - CEC
- Ischémie – reperfusion
- Inflammation
- Stress oxydatif
- Activation neuro hormonale

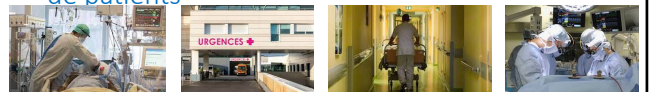
Kellum and Prowle, Nature Reviews Nephrology 2018

AKI associée au sepsis et à la chirurgie



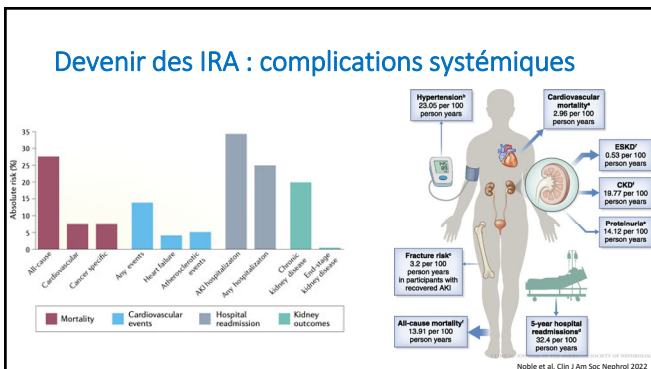
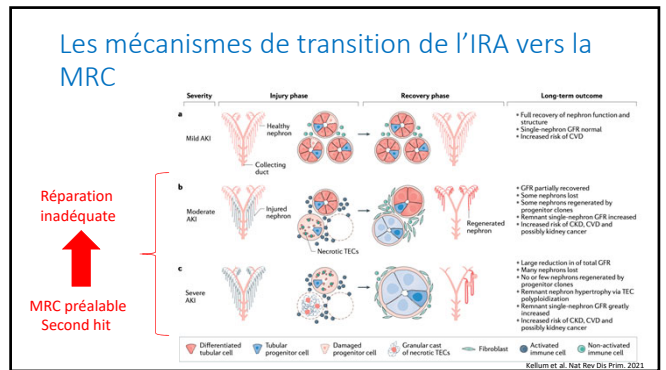
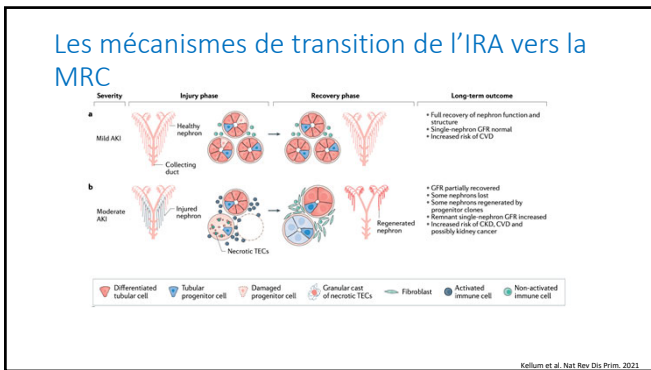
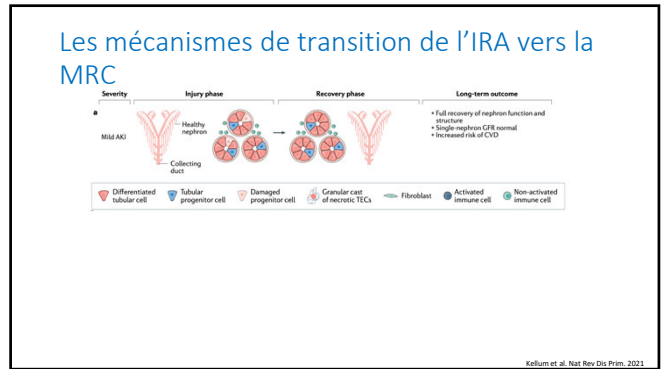
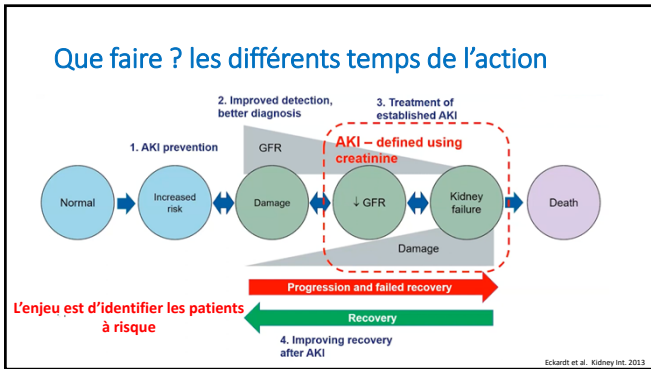
Kellum and Prowle, Nat Rev Nephrol 2018

Une maladie complexe : diversité de typologie de patients



Population	Age	Incidence (range)	RRT requirement (%)	Mortality (%)
Non-ICU hospitalized patients	Adult	<1 in 5 patients	<10	10-20
Critically ill patients	Adult	1 in 3 to 2 in 3 patients	5-11	NR
	Paediatric	1 in 4 patients (10-82%)	1-2	11
Patients undergoing cardiac surgery	Adult	1 in 5 patients (2-50%)	<5	10
	Paediatric	1 in 3 to 1 in 2 patients	NR	6
Patients with sepsis	Adult	1 in 20 to 1 in 2 patients	15	30-60

Hoste et al. Nature Review Nephrology 2018



Vignette clinique

- **Patiente 68 ans, poids initial 120 kg, actuellement 135 kg**
 - **Antécédents** : Obésité; Hypertension artérielle; Coronaropathie traitée par angioplastie avec stent, Reflux gastro-œsophagien
 - **Insuffisance respiratoire aiguë progressive, intubation et ventilation mécanique.**
 - **Aggravation de l'hypoxémie : Transfert vers un centre tertiaire pour ECMO veino-veineuse.**
- État actuel (24h post-ECMO)**
- **Intubée, ventilée, sous ECMO veino-veineuse et héparine systémique**
 - **Traitements en cours** : Noradrénaline IV, Piperacilline-Tazobactam, Vancomycine
 - **Anurie persistante depuis 12 heures**

Sodium (Na ⁺)	119 mmol/L
Potassium (K ⁺)	5,4 mmol/L
Chlore (Cl ⁻)	96 mmol/L
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	18 mmol/L
Urée	22,8 mmol/L (64 mg/dL)
Créatinine sérique	265 µmol/L (3,0 mg/dL)
Calcémie totale	2,47 mmol/L (9,9 mg/dL)
Albumine sérique	31 g/L (3,1 g/dL)
Gazométrie artérielle (pH/pCO₂/pO₂/HCO₃⁻)	7,36 / 38 mmHg / 50 mmHg / 20 mmol/L
Lactates plasmatiques	2,5 mmol/L
Leucocytes	15 G/L (15 000/mm ³)
Hémoglobine	10,1 g/dL
Hématocrite	30 %
Plaquettes	61 G/L (61 000/mm ³)
ASAT (GOT)	78 U/L
ALAT (GPT)	53 U/L
Bilirubine totale	42,8 µmol/L (2,5 mg/dL)
LDH	987 U/L
Haptoglobine plasmatique	110 mg/dL (1,1 g/L)
TP / INR	33 % / INR 3,14
Ratio TCA	1,6

Quand initier la dialyse en situation aiguë ?

	ELAIN	AKIKI	IDEAL-ICU	START-AKI	AKIKI-2
Location	Germany	France	France	Multinational	France
Study center n	231	Multicenter n = 439	Multicenter n = 408	Multicenter n = 207	Multicenter n = 23
Inclusion criteria	AKI Stage 2 + EOL + NGAL >10 ng/mL	Stage 3 AKI + ventilator (85% Pressors (85%) SpO ₂ (85%))	AKI Stage 1/2/3 shock + Pressors (100%)	Stage 2 or 3	Stage 3 AKI Stage 2 or 3 or BUN >12 or RRT 40-50 mmol/L
Timing of RRT	Early <18 post-AKI Late 18-36 post-AKI Very late >36 post-AKI	Early <18 post-AKI Late 18-36 post-AKI Very late >36 post-AKI	Early <18 post-AKI Late 18-36 post-AKI Very late >36 post-AKI	Early <18 post-AKI Late 18-36 post-AKI Very late >36 post-AKI	Delayed >18 post-AKI More delayed AKI compared to day 0 or BUN >50 mmol/L in the-ventilating
% of RRT early vs. late	100% vs. 91%	98% vs. 91%	97% vs. 62%	97% vs. 62%	Delayed (85%) More delayed (27%)
Type of RRT	100% CVVHD	HD (55%) CVVHD (45%)	HD (42%) PREDOMINANT (57%)	HD, PRRT, or CVVHD (84%)	Delayed: HD (80%) CVVHD (20%) More delayed: HD (50%) CVVHD (50%)
Months early vs. late	60 days: 38.4% vs. 30.4% 90 days: 39.3% vs. 30.2%	60 days: 40.5% vs. 40.7%	90 days: 50% vs. 44%	90 days: 44% vs. 44%	24 days: 38% vs. 6%
Duration of stay in ICU	19 vs. 22 days	Not significant	Not significant 12 vs. 13 days	Lower in Early group 15 days	No difference 18 vs. 19 days
Mortality	15% vs. 10% (8 hours)	Not significant 7.8 vs. 8.4 days	No difference 2 vs. 3 days	No difference	No difference

1. La stratégie tardive est aujourd'hui à privilégier
2. Un doute subsiste chez le patient chirurgical

Quelle modalité de traitement ?

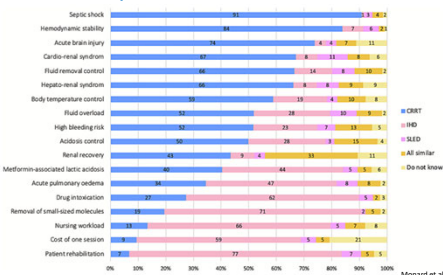
1. Continuous veno-venous hemofiltration (CVVH)
2. Continuous veno-venous hemodialysis (CVVHD)
3. Continuous veno-venous hemodiafiltration (CVVHDF)
4. Prolonged intermittent renal replacement therapy (PIRRT, ex SLEDD)
5. Intermittent hemodialysis (IHD)
6. Isolated ultrafiltration (ex SCUf)

Quelle modalité utilisent les réanimateurs dans le monde ?

	Africa	Asia	Europe	North America	Oceania	South America	All
	N = 23	N = 277	N = 724	N = 45	N = 30	N = 75	N = 1174
Number of countries	8	21	32	2	1	9	73
Who prescribes RRT?							
The intensivists	6 (23)	109 (40)	466 (71)	5 (13)	23 (77)	7 (10)	461 (60)
The nephrologist/other consultant coming from outside the ICU	8 (42)	49 (20)	76 (12)	31 (76)	0 (0)	43 (64)	207 (20)
Both (intensivists or other, depending on the modality)	4 (21)	48 (19)	128 (20)	5 (13)	10 (33)	16 (24)	211 (20)
Both (intensivists or other, depending on the modality)	3 (18)	13 (5)	34 (5)	0 (0)	0 (0)	9 (13)	59 (6)
Number of RRT sessions prescribed monthly							
0 to 1	1 (5)	76 (32)	145 (27)	3 (8)	16 (64)	5 (8)	246 (27)
2 to 5	8 (42)	60 (25)	141 (27)	14 (39)	4 (16)	20 (30)	247 (27)
6 to 15	3 (18)	40 (17)	73 (14)	5 (14)	0 (0)	14 (24)	127 (15)
> 15	4 (21)	51 (23)	61 (12)	14 (39)	0 (0)	21 (32)	151 (18)
Not available	3 (18)	14 (6)	109 (21)	0 (0)	5 (20)	4 (6)	135 (15)
Number of CRRT days prescribed monthly							
0 to 1	2 (11)	30 (13)	47 (7)	2 (5)	2 (7)	4 (6)	87 (8)
2 to 5	6 (32)	79 (32)	225 (55)	8 (20)	10 (33)	26 (39)	354 (34)
6 to 15	3 (18)	49 (20)	194 (35)	11 (28)	11 (37)	13 (20)	268 (27)
> 15	3 (18)	82 (35)	157 (25)	19 (48)	7 (23)	14 (21)	282 (27)
Not available	5 (28)	9 (4)	11 (2)	0 (0)	0 (0)	9 (14)	34 (3)
CRRT is not available	6 (32)	9 (4)	15 (2)	0 (0)	0 (0)	6 (9)	36 (3)
CVVH	0 (0)	51 (23)	82 (13)	19 (48)	2 (7)	9 (13)	139 (15)
CVVHD	6 (32)	25 (14)	201 (31)	5 (13)	2 (7)	12 (18)	261 (25)
CVVHDF	7 (37)	134 (62)	326 (54)	20 (50)	26 (87)	40 (60)	507 (53)

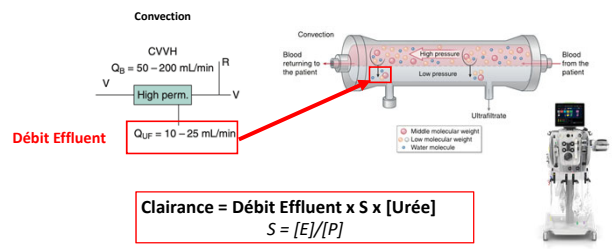
Monard et al. Journal of Critical Care 2023

Choix de la technique en fonction de la situation clinique

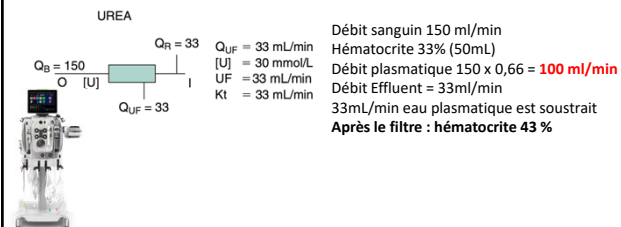


Monard et al. Journal of Critical Care 2023

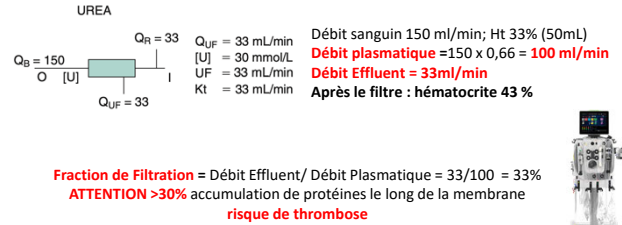
Les différentes modalités de dialyse continue : la convection = CVVH



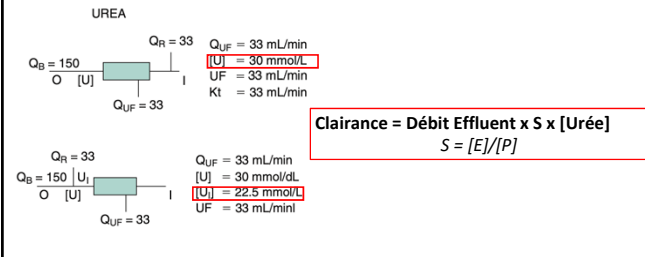
CVVH : effet de la restitution en post-dilution sur l'hématocrite en sortie de filtre



La fraction de filtration : un paramètre à surveiller en CVVH

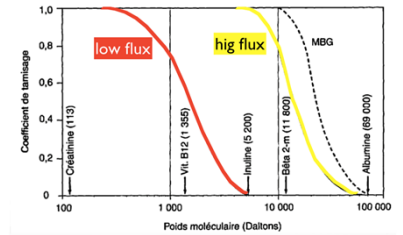


La restitution en pré-dilution diminue la FF et diminue la clairance des solutés

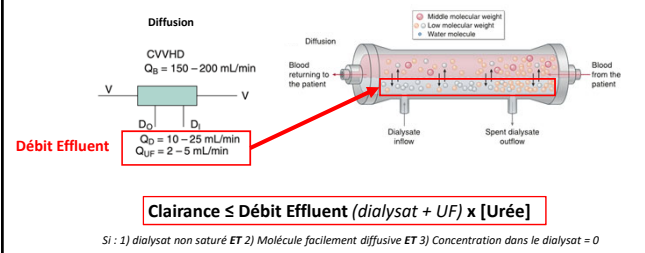


Facteurs influençant la clairance des molécules

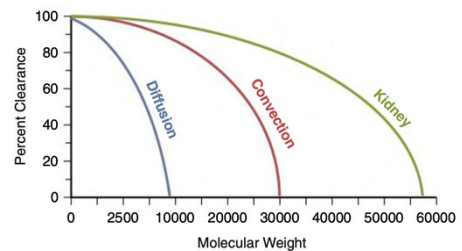
La perméabilité de la membrane



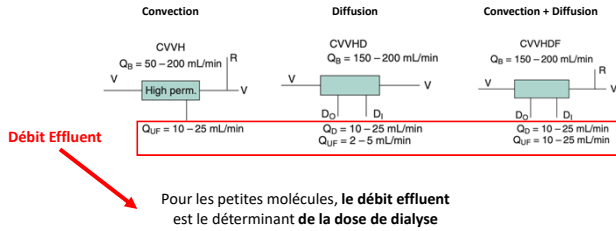
Les différentes modalités de dialyse continue la diffusion : CVVHD



Clairances des solutés en fonction du poids moléculaire et de la technique utilisée

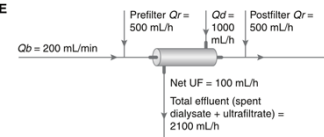


Les différentes modalités de dialyse continue CVVHDF est une modalité mixte



Intérêt de la CCVHDF

- Augmente le débit traitement
- Sans augmenter la Fraction de Filtration (FF)
- La part « HD » est une part neutre vis-à-vis de la FF mais apporte une clairance presque équivalente vis-à-vis des petites molécules à la part convective

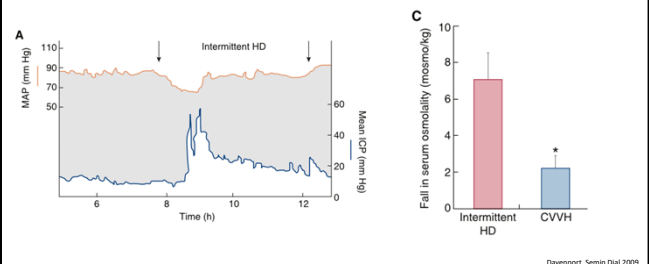


Les clairances théoriques de l'urée en fonction de la technique

TECHNIQUE	PLASMA FLOW (mL/min)	PREFILTER RF FLOW (mL/min)	EFFLUENT FLOW (mL/min)	DIALYSATE FLOW (mL/min)	CLEARANCE (mL/min)
CVVH	100	33.3	33.3	0	25
CVVH	100	0	33.3	0	33.3
CVVHD	100	0	33.3	33.3	33.3
CVVHDF	100	16.6	33.3	16.6	29.1
CVVHDF	100	0	33.3	16.6	33.3

Brunet et al. Am J Kidney Dis. 1999

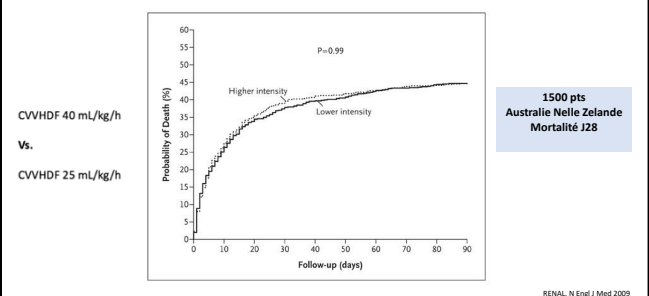
Choix de la modalité : particularités chez le cérébrolé



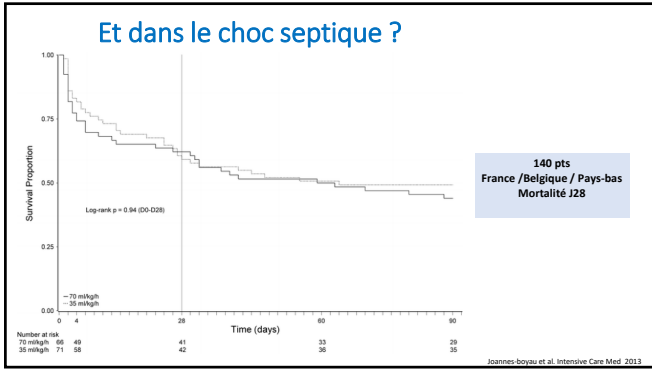
Davenport, Semin Dial 2009

Quelle dose d'effluent ?

Hémofiltration continue à haut débit



RENAL, N Engl J Med 2009



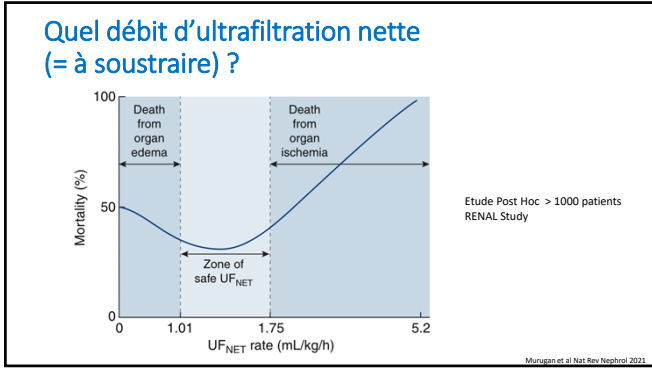
Quelle dose d'effluent ?

5.8.4: We recommend delivering an effluent volume of 20–25 ml/kg/h for CRRT in AKI (1A). This will usually require a higher prescription of effluent volume. (Not Graded)

- 1) Les temps morts sont estimés jusqu'à 20% du temps en technique continue
Claire Del Grande et al. Clin J Am Soc Nephrol 6: 467–475, 2011
- 2) La part prédilutionnelle diminue la dose délivrée

Prescrire 25-30 ml/kg/h sans dépasser 5 000 ml/heure

The Veterans Affairs National Institutes of Health Acute Renal Failure Trial Network (ATN) study N Engl J Med 2008
The Randomized Evaluation of Normal versus Augmented Level Replacement Therapy (RENAL) study N Engl J Med 2009



Choix du liquide de substitution

	Gambro (Baxter)	NxStage	B. Braun	
	^a PrismaSol BGK/B22K/ BK	^b PrismaSATE BGK/B22K/ BK	^c RFP 400-456 ^d Duosol 4551-4556	
Na ⁺ , mEq/L	140	140	130-140	140-136
K ⁺ , mEq/L	0-4	0-2-4	0-4	0-4
Cl ⁻ , mEq/L	108-113	108-120.5	108.5-120.5	109-117
Lactate, mEq/L	3	3	0	0
Bicarbonate, mEq/L	22-32	22-32	25-35	35-25
Ca ²⁺ , mEq/L	0-2.5-3.5	0-2.5-3.5	0-3	3-0
Mg ²⁺ , mEq/L	1.0-1.2-1.5	1.0-1.2-1.5	1-1.5	1-1.5
Dextrose, g/dL	0-1	0-1.1	1	1-0

Mazda et al. AJDK 2016

Quel débit sanguin ?

- En CCVH : Un débit sanguin cible de 150 à 200 ml/heure
- En CCVHDF ou CCVHD : Un débit sanguin cible de 200 ml/heure

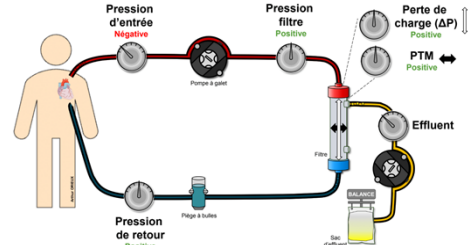
Quelle anticoagulation ?

- Ici, utilisation de l'anticoagulation de l'ECMO

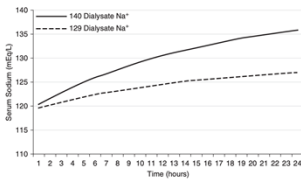
Chez notre patiente : prescription

- Modalité CCVHDF
- Débit sanguin 200 ml/h
- Débit ultrafiltration nette : 50 ml/heure
- Dose effluent prescrite = 30ml/kg/h (135 kg) = 4000 ml/h
 - Débit dialysat : 2000 ml/heure
 - Débit ultrafiltration : 2000 ml/h (+ 50 ml/heure)
 - Restitution pré dilution : 1000 ml/h
 - Restitution post dilution : 1000 ml/h
 - **Débit effluent total = 4050 ml/h**
- Solution de substitution
 - Sodium 140 mEq/L,
 - potassium 4 mEq/L, chloride 113 mEq/L, calcium (Ca) 2.5 mEq/L,
 - bicarbonate 32 mEq/L, glucose 110 mg/dl,
 - Osmolarité: 300 mOsm/L

Le circuit extracorporel et les alarmes de pression : ici CVVH



Le risque de correction trop rapide de la natrémie



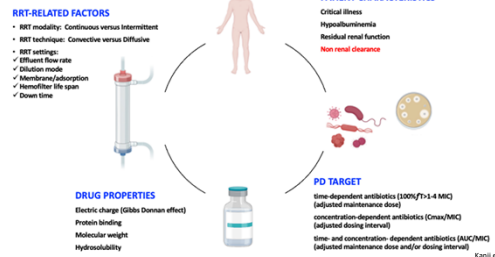
Perfusion concomitante de G5%
(à ajouter à l'UF nette)

$$DSW \text{ rate} = \frac{CRRT \text{ solution } [Na^+] - \text{target serum } [Na^+]}{CRRT \text{ solution } [Na^+]} \times \text{desired clearance}$$

Ne pas corriger la natrémie de plus de 8 mmol/jour

Neira et al. Kidney 360, 2022

Adaptation posologique : déterminant de la pharmacocinétique



Kazji et al. Pharmacotherapy 2023

Résumé différentes techniques continues utilisées et conclusion

Parameters	SCUF	CVVH	CVVHD	CVVHDF
Solute transport mechanism	Convection	Convection	Diffusion	Diffusion and convection
Blood flow rate (Q_b), mL/min	100-200	100-250	100-250	100-250
Dialysate flow rate (Q_d), mL/h	0	0	1,000-2,000	1,000-2,000
Substitution fluid rate (Q_s), mL/h	0	1,000-2,000	0	1,000-2,000
Ultrafiltration rate (Q_{uf}), mL/min	2-8	16-33	2-8 ^b	33-66
Net ultrafiltration rate (Q_{net}), mL/h	Q_{uf}	$Q_{uf} - Q_s^c$	Q_{uf}^b	$Q_{uf} - Q_s^c$
Effluent flow rate (Q_e), L/d	2-8	24-48	24-48	48-96
Components of Q_{ef}	Q_{uf}	$Q_{uf} = Q_s + Q_{net}$	$Q_{ef} \pm Q_{net}$	$Q_{uf} + Q_s$
Sieving coefficient (S)	C_{uf}/C_p	C_{uf}/C_p	C_{uf}/C_p	C_{uf}/C_p

Macedo et al. AJDK 2016