



كلية الطب  
والصيدلة - مراكش  
FACULTÉ DE MÉDECINE  
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

Année 2023

Thèse N° 130/2023

# Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

## THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 23/ 05 /2023

PAR

**Mlle. Tafachnaoui Meryem**

Née Le 27Mai 1997 à Marrakech

**POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE**

## MOTS-CLÉS

Hémodialyse conventionnelle–Hémodiafiltration– Hémodialyse élargie – Medium cut-off – Hémodialyse à haute performance.

## JURY

Mr.	<b>M. ZYANI</b> Professeur de Médecine interne	PRESIDENT
Mr.	<b>O. MAOUJLOUD</b> Professeur de Néphrologie	RAPPORTEUR
Mr.	<b>N. ZEMRAOUI</b> Professeur de Néphrologie	JUGES
Mr.	<b>M. ASSERRAJI</b> Professeur de Néphrologie	
Mr.	<b>A. BOUKHIRA</b> Professeur de Biochimie–chimie	
Mr.	<b>M. LISRI</b> Spécialiste en Néphrologie	MEMBRE ASSOCIÉ

# **Serment d'Hippocrate**

*Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.*

*Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*

*Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.*

*Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*

*Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*

*Les médecins seront mes frères.*

*Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale, ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*

*Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès sa conception.*

*Même sous la menace, je n'userai pas mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*

*Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

**Déclaration Genève, 1948**

---

# **LISTE DES PROFESSEURS**

---

**UNIVERSITE CADI AYYAD**  
**FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE**  
**MARRAKECH**

Doyens Honoraires

:Pr. Badie Azzaman MEHADJI

:Pr. Abdelhaq ALAOUI YAZIDI

**ADMINISTRATION**

Doyen

:Pr. Mohammed BOUSKRAOUI

Vicedoyen à la Recherche et la Coopération

:Pr. Mohamed AMINE

Vicedoyen aux Affaires Pédagogiques

:Pr. Redouane ELFEZZAZI

Vicedoyen chargé de la Pharmacie

:Pr. Said ZOUHAIR

Secrétaire Générale

:Mr. Azzeddine ELHOUDAIGUI

**Professeurs de l'Enseignement Supérieur**

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABIR Badreddine	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	ATMANE Mehdi	Radiologie
ABKARI Imad	Traumatologie-orthopédie	BAIZRI Hicham	Endocrinologie et maladies métaboliques
ABOUELHASSAN Taoufik	Anesthésie-réanimation	BASRAOUI Dounia	Radiologie
ABOUCHADI Abdeljalil	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	BASSIRA Hlam	Gynécologie-obstétrique
ABOULFALAH Abderrahim	Gynécologie-obstétrique	BELBACHIR Anass	Anatomie pathologique
ABOUSSAÏR Nisrine	Génétique	BELBARAKAR hizlane	Oncologie médicale
ADALI Imane	Psychiatrie	BELKHOUI Hlam	Rhumatologie
ADARMOUCH Latifa	Médecine communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)	BENDRISS Laila	Cardiologie
ADMOU Brahim	Immunologie	BENALI Abdeslam	Psychiatrie
AGHOUTANEI Mouhtadi	Chirurgie pédiatrique	BENCHAMKHAY Yassine	Chirurgie réparatrice et plastique
AISSAOUI Younes	Anesthésie-réanimation	BENELKHAIAT BENOMAR Ridouan	Chirurgie générale
AITAMEUR Mustapha	Hématologie biologique	BENHIMAM Mohamed Amine	Traumatologie-orthopédie

AITBATAHARSalma	Pneumo-phtisiologie	BENJELLOUNHARZIMIamine	Pneumo-phtisiologie
AITBENALISaid	Neurochirurgie	BENJILALILaila	Médecineinterne
AIT-SABImane	Pédiatrie	BOUCHENTOUFRachid	Pneumo-phtisiologie
ALJSoumaya	Radiologie	BOUKHANNILahcen	Gynécologieobstétrique
AMALSaid	Dermatologie	BOUKHIRAAbderrahman	Biochimie-chimie
AMINEMohamed	Epidémiologie clinique	BOUMZEBRADrissi	Chirurgie Cardio-vasculaire
AMMARHaddou	Oto-rhino-laryngologie	BOURRAHOUATAicha	Pédiatrie
AMROLamyae	Pneumo-phtisiologie	BOURROUS Monir	Pédiatrie

ANIBAKhalid	Neurochirurgie	BOUSKRAOUMohammed	Pédiatrie
ARSALANELamiaie	Microbiologie-virologie	BSISSMohammedAziz	Biophysique
ASMOUKIHamid	Gynécologie-obstétrique	CHAFIKRachid	Traumato-orthopédie
CHAKOURMohammed	Hématologiebiologique	HAZMIRIFatimaEzzahra	Histologie-embryologie cytogénétique
CHELLAKSaliha	Biochimie-chimie	HOCAROuafa	Dermatologie
CHERIFIDRISSIELGANOUNI Najat	Radiologie	JALALHicham	Radiologie
CHOULLIMohamedKhaled	Neuropharmacologie	KADDOURISaid	Médecineinterne
CHRAAMohamed	Physiologie	KAMILIEIOuafiElAouni	Chirurgiepédiatrique
DAHAMIZakaria	Urologie	KHALLOUKIMohammed	Anesthésie-réanimation
DAROUASSIYoussef	Oto-rhino-laryngologie	KHATOURIAli	Cardiologie
DRAISSGhizlane	Pédiatrie	KHOUCHANIMouna	Radiothérapie
ELADIBAhmedRhassane	Anesthésie-réanimation	KISSANINajib	Neurologie
ELAMRANIMoulayDriss	Anatomie	KRATIKhadija	Gastro-entérologie
ELANSARINawal	Endocrinologieet maladies métabolique	KRIETMohamed	Ophtalmologie
ELBARNIRachid	Chirurgiegénérale	LAGHMARIMehdi	Neurochirurgie
ELBOUCHTIImane	Rhumatologie	LAHKIMMohammed	Chirurgiegénérale
ELBOUIHIMohamed	Stomatologieet chirurgiemaxillo faciale	LAKMICHIMohamedAmine	Urologie
ELFEZZAZIRedouane	Chirurgiepédiatrique	LAKOUICHMIMohammed	Stomatologieet chirurgiemaxillo faciale
ELHAOUATIRachid	Chirurgie Cardio-vasculaire	LAOUADInass	Néphrologie
ELHAOURYHanane	Traumato-orthopédie	LOUHABNisrine	Neurologie
ELHATTAOUMustapha	Cardiologie	LOUZIAbdelouahed	Chirurgie-générale

ELHOUDZIJamila	Pédiatrie	MADHARSiMohamed	Traumato-orthopédie
ELIDRISSILITINENadia	Pédiatrie	MANOUDIFatiha	Psychiatrie
ELKAMOUNIYoussef	Microbiologie-virologie	MANSOURINadia	Stomatologieet chirurgiemaxillo faciale
ELKARIMISaloua	Cardiologie	MAOULAININEFadImrabihrabou	Pédiatrie(Néonatalogie)
ELKHADERAhmed	Chirurgiegénérale	MARGADOMar	Traumatologie-orthopédie
ELKHAYARIMina	Réanimationmédicale	MATRANEAboubakr	Médecinenucléaire
ELMEZOUARIEMostafa	Parasitologiemycologie	MLIHATOUATIMohammed	Oto-rhino-laryngologie
ELMGHARITABIBGhizlane	Endocrinologieetmaladies métaboliques	MOUAFFAKYoussef	Anesthésie-réanimation
ELOMRANIAbdelhamid	Radiothérapie	MOUFIDKamal	Urologie
ELFIKRIAbdelghani	Radiologie	MOUHSINEAbdelilah	Radiologie
ESSAADOUNILamiaa	Médecineinterne	MOUTAJRedouane	Parasitologie
FADILIWafaa	Néphrologie	MOUTAOUAKILAbdeljalil	Ophthalmologie
FAKHIRBouchra	Gynécologie-obstétrique	MSOUGARYassine	Chirurgiethoracique
FAKHRIAnass	Histologie-embryologiecytogénétique	NARJISYoussef	Chirurgiegénérale
FOURAIJKarima	Chirurgiepédiatrique	NEJMIHicham	Anesthésie-réanimation
GHANNANEHoussine	Neurochirurgie	NIAMANERadouane	Rhumatologie
GHAZIMirieme	Rhumatologie	OUALIIDRISSIMariem	Radiologie
GHOUNDALEOmar	Urologie	OUBAHASofia	Physiologie

HACHIMIAbdelhamid	Réanimationmédicale	OULADSAIADMohamed	Chirurgiepédiatrique
HAJJIBtissam	Ophthalmologie	QACIFHassan	Médecineinterne
HAROUKaram	Gynécologie-obstétrique	QAMOUSYoussef	Anésthésieréanimation
RABBANIKhalid	Chirurgiegénérale	TAZIMohamedIlias	Hématologieclinique
RADANoureddine	Pédiatrie	TOURABIKhalid	Chirurgieréparatrice etplastique
RAISHanane	AnatomiePathologique	YOUNOUSSaid	Anesthésie-réanimation
RAJIAbdelaziz	Oto-rhino-laryngologie	ZAHLANEKawtar	Microbiologie-virologie
ROCHDIYoussef	Oto-rhino-laryngologie	ZAHLANEMouna	Médecineinterne
SALAMATarik	Chirurgiepédiatrique	ZAOUISanaa	Pharmacologie
SAMKAOUIMohamed Abdenasser	Anesthésie-réanimation	ZARROUKIYoussef	Anesthésie-réanimation
SAMLANIZouhour	Gastro-entérologie	ZEMRAOUINadir	Néphrologie
SARFIsmail	Urologie	ZIADIAmra	Anesthésie-réanimation

SERGHINI Issam	Anesthésie-réanimation	ZIDANE Moulay Abdelfettah	Chirurgie thoracique
SORAA Nabila	Microbiologie-virologie	ZOUHAIR Said	Microbiologie
SOUMMANI Abderraouf	Gynécologie-obstétrique	ZYANI Mohammad	Médecine interne
TASSIN Noura	Maladies infectieuses		

### Professeurs Habilités (PH)

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
FDIL Naima	Chimie de coordination bio-organique		
GEBRATI Lhoucine	Chimie		
LOQMANSouad	Microbiologie et toxicologie environnementale		

### Professeurs Agrégés

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABDEL FETTAH Youness	Rééducation et réhabilitation fonctionnelle	HAJJI Fouad	Urologie
ABDOU Abdessamad	Chirurgie Cardio-vasculaire	HAMMOUNE Nabil	Radiologie
AKKAR Rachid	Gastro-entérologie	JALLAL Hamid	Cardiologie
ALJALIL Abdelfattah	Oto-rhino-laryngologie	JANAHHicham	Pneumo-phtisiologie
ARABI Hafid	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle	LAFFINTI Mahmoud Amine	Psychiatrie
ARSALANE Adil	Chirurgie thoracique	MAOUJOU Omar	Néphrologie
ASSERRAJI Mohammed	Néphrologie	MESSAOUDI Redouane	Ophthalmologie
BAALLAL Hassan	Neurochirurgie	MILOUDI Mouhcine	Microbiologie-virologie
BABA Hicham	Chirurgie générale	NADERI Youssef	Traumatologie-orthopédie
BAKZAZA Oualid	Chirurgie Vasculaire périphérique	NASSIMSABAHTaoufik	Chirurgie réparatrice et plastique
BELFQUIH Hatim	Neurochirurgie	OUMERZOUK Jawad	Neurologie
BELGHMAIDISarah	Ophthalmologie	RAISSI Abderrahim	Hématologie clinique
BELHADJ Ayoub	Anesthésie-réanimation	REBAHI Houssam	Anesthésie-réanimation
BELLASRI Salah	Radiologie	RHARRASSI Issam	Anatomie-pathologique
BENNAOUI Fatiha	Pédiatrie	SEBBANI Majda	Médecine Communautaire (Médecine préventive, santé publique et hygiène)
BOUZERDA Abdelmajid	Cardiologie	SEDDIKI Rachid	Anesthésie-réanimation
EL-AKHIRI Mohammed	Oto-rhino-laryngologie	SIRBOUR Rachid	Médecine d'urgence et

			decatastrophe
ELBAZMeriem	Pédiatrie	ZBITOUMohamedAnas	Cardiologie
ESSADIIsmail	Oncologiemédicale	ZOUIZRAZahira	Chirurgie Cardio-vasculaire
FENANEHicham	Chirurgiethoracique		

### Professeurs Assistants

NometPrénom	Spécialité	NometPrénom	Spécialité
AABBASSIBouchra	Pédopsychiatrie	DAMIAbdallah	MédecineLégale
ABALLANajoua	Chirurgiepédiatrique	DARFAOUMouna	Radiothérapie
ABOUDOURIBMaryem	Dermatologie	DOUIREKFouzia	Anesthésie-réanimation
ABOULMAKARIMSiham	Biochimie	DOULHOUSNEHassan	Radiologie
ACHKOUNAbdessalam	Anatomie	ELAMIRIMyAhmed	ChimiedeCoordinationbio-organique
AHBALATariq	Chirurgiegénérale	ELFADLIMohammed	Oncologiemédicale
AITERRAMIAdil	Gastro-entérologie	ELFAKIRIKarima	Pédiatrie
AITLHAJEIHoussaine	Ophtalmologie	ELGAMRANIYounes	Gastro-entérologie
AMINEAbdellah	Cardiologie	ELHAJJAMIYoub	Radiologie
ARROBADil	Chirurgieréparatrice etplastique	ELHAKKOUNIAwatif	Parasitologiemycologie
AZAMIMohamedAmine	Anatomiepathologique	ELHAMDAOUIOmar	Toxicologie
AZIZZakaria	Stomatologie et chirurgie maxillofaciale	ELJADIHamza	Endocrinologie et maladiesmétaboliques
AZIZIMounia	Néphrologie	ELKHASSOUIAmine	Chirurgiepédiatrique
BELARBIMarouane	Néphrologie	ELMOUHAFIDFaisal	Chirurgiegénérale
BENAMEUR Yassir	Médecinenucléaire	ELATIQUIOumkeltoum	Chirurgieréparatrice etplastique
BENANTARLamia	Neurochirurgie	ELJAMILIMohammed	Cardiologie
BENCHAFAlIias	Oto-rhino-laryngologie	ELOUARDIYoussef	Anesthésie-réanimation
BENYASSYoussef	Traumato-orthopédie	EL-QADIRYRabiy	Pédiatrie
BENZALIMMeriam	Radiologie	ESSAFTIMeryem	Anesthésie-réanimation
BOUHAMIDIAhmed	Dermatologie	FASSIFIHRIMohamedjawad	Chirurgiegénérale
BOUMEDIANEEMehdi	Traumato-orthopédie	FIKRIOussama	Pneumo-phtisiologie
BOUTAKIOUTEBadr	Radiologie	HAJHOUJIFarouk	Neurochirurgie
CHEGGOURMouna	Biochimie	HAMRIAsma	ChirurgieGénérale
CHETOUIAbdelkhalek	Cardiologie	HAZIMERaja	Immunologie
CHETTATIMariam	Néphrologie	IDALENEMalika	Maladies infectieuses



JEBRANEIham	Pharmacologie	RAMRAOUI Mohammed-Es-said	Chirurgie générale
KHALLIKANESaid	Anesthésie-réanimation	RHEZALIManal	Anesthésie-réanimation
LACHHABZineb	Pharmacognosie	ROUKHSIRedouane	Radiologie
LAHLIMIFatimaEzzahra	Hématologie clinique	SAHRAOUI HoussamEddine	Anesthésie-réanimation
LAHMINIWidad	Pédiatrie	SALLAHIHicham	Traumatologie-orthopédie
LAKHDARYoussef	Oto-rhino-laryngologie	SAYAGHSanae	Hématologie
LALAOUI Abdessamad	Pédiatrie	SBAAIMohammed	Parasitologie-mycologie
LAMRANI HANCHI Asmae	Microbiologie-virologie	SBAI Asma	Informatique
LGHABIMajida	Médecine du Travail	SLIOUI Badr	Radiologie
MEFTAH Azzelarab	Endocrinologie et maladies métaboliques	WARDAKarima	Microbiologie
MOUGUI Ahmed	Rhumatologie	YAHYA OUIHicham	Hématologie
MOULINE Souhail	Microbiologie-virologie	YANISSE Siham	Pharmacie galénique
NASSIH Houda	Pédiatrie	ZIRA OUI Oualid	Chimiothérapeutique
RACHIDI Hind	Anatomie pathologique	ZOUITA Btissam	Radiologie
RAFISana	Endocrinologie et maladies métaboliques		

**LISTE ARRETEE LE 03/04/2023**

---

# **DEDICACES**

---

*“The purpose of life, as far as I can tell... is to  
find a mode of being that’s so meaningful  
that the fact that life is suffering is no longer  
relevant.”*

*— Jordan B. Peterson*

***To my parents,***

*Without whom, I would have never been able to achieve any of this.  
Thank you for your unconditional love and support. I owe you  
everything.*

***To the best mother Saïda Barhabî,***

*To the person who loves me the most, to the person who has given me her  
everything, to the person who fought for me endlessly, to the sweet  
wonderful and gentle mother that you are, no words could ever express  
the love, appreciation and gratitude I have for you.*

*Throughout my whole life, especially my academic journey, you have  
been my support system and my biggest cheerleader. You have always  
believed in me and you have always given me the strength and  
motivation to pursue my goals.*

*As I complete my thesis, I want to dedicate it to you as a testimony of the  
value of hard work that you taught me. On this special day, I hope I am  
fulfilling one of your dreams, knowing that nothing I could do or say  
could ever equal what you have given me and hoping I grow up to be a  
strong thoughtful and delicate woman like you.*

*So, for all your affection, your encouragement and your sacrifices, Thank  
you.*

*I love you mom.*

***To the best father Brahim Tafachnaoui,***

*I could try, but I can never put in words the love I have for you. Since my  
childhood, you've always been my friend, my source of encouragement  
and my role model. You've always worked hard so that we would never  
need anything.*

*Your beautiful heart taught me what kindness and unconditional love  
are like. Your constant guidance has been the bedrock of my success, and  
I am forever grateful for your presence in my life.*

*Thank you, dad, for being there for me in every step of this long journey.*

*I am so proud to be your child, and I hope that I can make you proud  
with this achievement.*

*This thesis is a testament to my love and appreciation. I dedicate it to you  
with all my heart.*

*I love you dad.*

*To my Siblings,*

*Every sleepless night, every ounce of effort poured into this work, was motivated by my desire to make you proud.*

*Thank you for being my constant source of inspiration*

*To my dear little sister Rania Tafachnaoui,*

*I've always done my best to be your confident and your best friend, not just your older sister, but somehow you always managed to be that me. You are my source of comfort and joy, and I cannot imagine navigating through life without you by my side. I admire your boldness, your self-confidence and your enthusiasm.*

*Today, I am proud of the woman you are becoming and I hope I inspire you to go further in your life.*

*As I complete this important milestone in my academic career, I want to acknowledge the role you have played in shaping my journey. This thesis is a testament to our bond, and I am honored to share this achievement with you.*

*Thank you for your love, your kindness and consideration.*

*I love you little Rania and I will always be by your side.*

*To my dear little brother Ilyas Khalil Tafachnaoui,*

*I remember the first time I held you between my hands, which feels just like yesterday, I was very happy and I felt lucky to have you. Seeing how much you have grown up makes my heart swell with pride and joy.*

*I'm constantly amazed by your intelligence, and I can't wait to see all your dreams come true. I believe in you and I know you will continue to accomplish great things in the future.*

*I dedicate this thesis to you, my special little gem, to show you how much I am grateful to have you as my brother.*

*Thank you for always being there for me,*

*I love you so much Ilyas and I will always be there for you.*

*To my dear cousins,*

*While writing this, I can't help but think of all the long nights we spend laughing at anything and everything.*

*This thesis is a testament to the role you have played in my life. So, I would like to take this opportunity to express my heartfelt gratitude for your support throughout this long journey.*

*To my cousin Fatima Ezzahra Ait Moussa, you are the bigger sister I never had, I love you and I am so thankful for everything you did for me since I was a little kid.*

*For the countless moments of laughter, for the late nights you stayed up to cheer me up after my long tiring study days, simply, for always being there for me, thank you.*

*I wish you a future as bright and warm as your beautiful heart.*

*To my cousin Alaa Ait Moussa, I want you to know that you hold a special place in my heart, and that your presence in my life is just as important to me as if you were my own brother. I hope that you never lose sight of that potential of yours and always strive to be the best version of yourself.*

*To my beloved aunts Nezha & Hafida,*

*From the time I was a child, you've always been there to shower me with your love and kindness.*

*Your generosity and selflessness have been an inspiration to me, and I will always be grateful for you.*

*I know that if the world were yours to give, you would have given it to me. For that and for everything, I thank you so much.*

*I love you more than you would ever know.*

*To my maternal grandparents Lalla Rkia & Si Hmed  
I feel honored to dedicate my thesis to you both as your  
constant encouragement and faith in my abilities have been a  
big source of motivation for me.*

*Also, I want to acknowledge the profound impact that you  
have had on my beliefs about love and family. Through your  
example, I have learned that love is eternal and that family is  
everything. Your love for each other has stood the test of time,  
and it is a testament to the power of commitment and  
dedication.*

*I love you both so much and I hope I always make you proud.*

*To the memory of my paternal grandparents Lalla Aïcha et  
Moulay Ali*

*To the soul of my grandpa Moulay Ali, even though I never  
had the opportunity to meet you, I always admired the person  
you were through the stories people shared about you.*

*To the soul of my grandma Lalla Aïcha, losing you just a few  
months before this momentous occasion has deeply touched me,  
but I am comforted knowing that you are in a better place.  
I cannot help but think of you both and how much I wish you  
were here to witness the end of my journey of becoming a  
doctor.*

*I dedicate this modest work to you as a thank you for the most  
precious gift of all - my father. I owe it all to you for raising  
such an amazing man. Your legacy lives on through him and  
through me.*

*May your souls rest in peace.*

*I love you.*

*To every member of the large family Tafachnaoui & Barhabí,  
I would have liked to be able to mention each one by name.*

*In recognition of the great affection, you have shown me and for the gratitude and sincere love I have for you. May our ties always remain strong.  
I love you all.*

*To my soulmate Saâd Mazouni,  
We've both come a long way in the past eight years and have changed in many ways. But when I look at us now, together, I feel like we're better than ever.*



*Reflecting back on our journey, I experience many feelings, feelings of joy, for all the beautiful memories we created, feelings of pride, of the hard challenges we overcame and the strong bond we built, feelings of affection, for all the kindness and love we share and mostly, feelings of excitement, for all the challenges for us to face, the moments for us to collect, and the dreams for us to reach.*

*Your faith in me, as well as your constant reassurance always give me the strength to push through the toughest times.*

*I am so excited for the upcoming phase of our lives. So, as we approach the end of this chapter, I feel compelled to express my heartfelt gratitude to you for all that you do for me and for us.*

*I dedicate this thesis to you as a symbol of the immense appreciation I have for your devotion and unreserved support.*

*I love you and I am eternally grateful for you.*

### ***To my lifetime bestie Kenza Ait El Kadi,***

*It's hard to believe that we have known each other for over 15 years now.*

*You have been there to witness every change that I have gone through, and your love and acceptance have never wavered. You have seen me at my best and my worst, yet you have always been there to listen, support, and uplift me.*

*I know I don't express it often, but you hold a special place in my heart that no one else can fill. You are a constant in my life, a source of comfort and joy, and someone who I know will always be there for me no matter what. You have shown me what true friendship means, and I am forever grateful for the bond that we share.*

*I also want to take a moment to acknowledge and appreciate you as a person, not just as a friend. Your honesty, integrity, and commitment are unshakable values that make you a truly exceptional human being. Your friendship is one of the most precious things in my life, and I cherish it more than you would ever know.*

*This humble work is a small expression of my immense appreciation for all that you have done for me throughout the years.*

*You are my once-in-a-lifetime friend who I will always treasure.*

*I love you so much.*

### ***To my favorite one Ilias Taleb***

*When we first met, I had no idea you would become such an important part of my life. Yet now, I can't picture my life without you.*

*For the past few years, our friendship has been a huge source of inspiration to me. You have always been there for me, offering me a listening ear and a supportive shoulder to lean on. Even though we are separated by distance, your friendship has never felt more present. It is a testament to the strength of our bond that no matter how far apart we are, our connection remains unbreakable. I cherish the memories we've made together and I look forward to creating more in the future.*

*My dear Ilias, I can honestly say that I don't know what my life would be like if I hadn't met you. I always miss you and I can't wait until we can be reunited once again. Until then, hopefully very soon, please know that your friendship means the world to me and that I am grateful for you forever and always.*

*As I draw this chapter to a close, I want to dedicate this work to you to thank you for your constant help and support. I love you Ilias and I wish you so much love and happiness, both in your personal and professional life.*

### ***To my childhood friend Amine Ait Talhiq,***

*Knowing you since we were children, I got to see you grow up into this smart wise man. You always offered me guidance and supported my big decisions.*

*I will never forget our three months get togethers catching up on our news and discussing every aspect of our lives. You always listened intently to my troubles and provided me with sage advice that helped me organize my ideas. Those conversations were more than just chats over a cup of coffee; those moments were some of the most treasured memories I have and they will be forever etched in my mind.*

*Your kindness, patience, and wisdom have been a guiding light for me and I can proudly say that you have helped me become the person I am today, and I cannot thank you enough for that.*

*As I dedicate this thesis to you, I want you to know that you hold a special place in my heart. I am grateful for the many years of friendship we have shared.*

*You are more than a friend; you are family.*

***To my soul sisters, Zineb Souunny Slitine, Chaïmae Soussi, Sara Serghini, Selma Sidki, Chaïmae Selkane, Fatima Ezzahra***

*Zeroual, Nouha Baatoch, Sanae Fars, Oumaima Soussi, Aouatif  
El Allouki, and Nouhaïla Elbatal,*

*To my dear Zaynab, you have consistently been a trustworthy  
genuine friend. I am filled with admiration for the  
improvements you have made throughout the years, while  
your heart of gold remained unchanged. While reflecting back  
on all our unforgettable memories, I can only be thankful.*

*To my dear Chaïmatí, the cheerfulness and amazing energy  
you brought to my life have made the past years more fun and  
enjoyable. I owe you a lot for your unconditional love and  
support and I deeply cherish the moments we've made. I am  
infinitely grateful for having you as one of my dearest friends.*

*To my dear Saratí, you have a special way of making me feel  
warm and I honestly don't know what I have done to deserve a  
friend like you. Your wisdom and selflessness are some few  
admirable qualities of yours that I value in you and that  
makes me reach you whenever I feel lost.*

*To my dear Selma, I know I don't express it enough, but you  
hold a truly exceptional place in my heart. You have always  
been there for me, both in good and tough times. Your  
adventurous spirit and gentle heart make you a unique human  
being and I am very happy to have you in my life.*

*To my dear Shaymae, your kindness has no equal but your  
caring attitude towards others. Your compassionate heart is a  
precious rarity in this world. Thank you for being who you are.  
I wish I could tell you how much I cherish you and I hope this  
dedication conveys at least some of my appreciation.*

*To my dear Fatí, I haven't known you the longest but you  
quickly earned a special place in my heart. Your  
thoughtfulness and devotion make you an amazing human and  
reliable friend. Your faithful soul deserves all the love and  
happiness that I sincerely wish you. I will always have your  
back.*

*To my dear Nouha, to your weirdly beautiful soul, your spirit  
irradiates with good energy and positive vibes. Your*

*understanding and peacefulness make you one of a kind. You are the Phoebe to our group and she is my favorite character in the show.*

*To my dear Sanae, we have been through many challenges together, yet we always managed to keep our bond. Your generous gentle soul has been a blessing to me these past few years. I hope you know how much I value our friendship and I wish you all the beautiful things that your soul deserves.*

*To my dear Oumaima, your infectious joy, tenderness and maturity have always been so impressive to me. I am so proud of the doctor you became and glad your hard work and dedication are paying off. Your friendship means a lot, wishing you all the best sweetie.*

*To my dear Awatif, our sleepovers chatting about anything and everything, your mature advice and willingness to help me in any way you can, are things I profoundly appreciate. I greatly admire the charming witty person that you are. I'm lucky to have you as one of my dearest friends.*

*To my dear Nouhaïla, I am always inspired by your bravery and your determination to achieve your goals. I have watched you put countless hours of hard work into your project INFUFLAV, and I am confident that it will be the first of many successes to come. Keep it up!*

*If I were to individually express my gratitude and feelings towards each one of you, it would take me ages, and even then, it wouldn't be enough. You have been a blessing in my life, sticking by my side through the highs and lows. I am thankful for the memories we shared, the laughter, the tears, and everything in between. Your presence helped me become the person I am today and for that I am eternally grateful. Please accept this work and these few words of appreciation as a humble expression of my feelings towards you. I hope you know how much you mean to me, and how grateful I am to have you all in my life.*

*To my Binôme Youness Taiti,*

*I still can remember the first time we met at our faculty and how your cheerful welcoming made me feel, I always appreciated your joyful positive vibes and your incredible energy. Our everyday morning routines at the hospital, our motorcycle rides and our casual hangouts are some unforgettable memories to me. I have no doubt that your compassion for others will help you become a great doctor and make a difference in your patients' lives. Thank you for being such an amazing friend. I will always be grateful for everything you have done for me. I love you and I can't wait to see you accomplish great things in the future.*

*To my beloved friend Niama El Khabir,  
You have always appreciated me for who I am and has been there to help me overcome some of toughest moments in my life. For this, for the beautiful memories we share, and for the friend that you are, thank you.  
Keep in mind that despite the distance, you will always hold a special place in my heart and that I miss you dearly.  
I dedicate this work to you as a testament to the strength and sincerity of the unbreakable connection that we share.*

*To my dear friends, Abdellah El Houdaigui, Anass El m'Zah,  
Hamza Belakbayer,  
Your friendship is invaluable to me and has provided immense strength throughout this journey. I dearly cherish all the deep conversations we had and the fun memories we shared. I am deeply grateful to each one of you for your support and belief in me. As a token of my heartfelt appreciation, I dedicate this thesis to you to express my gratitude for being an exceptional part of my life. I love you all.*

*To Dr. Khadija Zouihri, Nephrologist and Dr. Manal El Moujahid, general practitioner at the ATLAS Nephrology and dialysis center*

*I would like to express my gratitude for your exceptional kindness, benevolence and support throughout my research work at the center. Your insightful guidance has been an invaluable contribution to the completion of my thesis. It has been an honor to collaborate with such a passionate and proficient team, and I extend my deepest appreciation for your availability and graciousness.*

*I wish you success and prosperity, please accept my sincere and respectful regards.*

*To all those who are dear to me but whom I unintentionally omitted to mention,  
To all those who have directly or indirectly contributed to the development of this work,  
To all my mentors, professors and colleagues who positively influenced me,  
To all the patients who have allowed me to learn from them and help them,  
I express my deepest respect and profound appreciation.*

---

# REMERCIEMENTS

---

*A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THESE :*  
*Professeur ZYANI Mohammed*  
*Professeur de l'enseignement supérieur et chef de*  
*service de Médecine interne à l'hôpital militaire*  
*Avicenne de Marrakech*

*Cher maître,*

*C'est un immense honneur que vous me faites en acceptant de présider cette thèse et de siéger parmi cet honorable jury.*

*Par votre savoir, votre savoir-faire et votre savoir être, vous ne cessez d'inspirer et de susciter admiration et gratitude chez tout futur médecin ayant l'occasion d'être votre étudiant.*

*Votre personne aux qualités indétronables et votre longue expérience en tant que clinicien et professeur distingué ont été une source inestimable d'inspiration et d'apprentissage tout au long de mon parcours académique. Dans les années à venir, si je parviens à développer ne serait-ce qu'une fraction de vos remarquables qualités en tant que médecin, je saurai que cela est largement dû à votre influence et à l'exemple que vous avez donné. C'est avec le plus grand respect que je vous adresse mes sincères remerciements, en espérant que ce travail puisse être une humble expression de gratitude pour ce que vous m'avez appris tout au long de mes études médicales et puisse témoigner de mon immense reconnaissance envers votre personne.*

*En témoignage de tous les efforts déployés à enseigner toutes ces générations, je vous dédie ce travail pour vous remercier du fond de mon cœur.*



*A MON MAITRE ET RAPPORTEUR DE THESE :*  
*Professeur MAOUJOU D Omar*  
*Professeur de l'enseignement supérieur de néphrologie*  
*à l'hôpital militaire Avicenne de Marrakech*

*C'est avec un grand plaisir que je me suis adressée à vous dans le but de bénéficier de votre encadrement et j'étais très touchée par l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de me confier la responsabilité de ce travail. Je vous en remercie profondément. Je vous suis très reconnaissante pour tout le temps et les sacrifices que vous avez dû faire aux dépens de votre travail et de vos obligations afin de me réserver toujours le meilleur accueil. Je vous remercie infiniment, cher Maître, pour tous vos efforts incomparables, ainsi que pour vos encouragements inlassables, et vos conseils judicieux. Vos qualités humaines exemplaires, votre compétence et votre dévouement sont pour moi un exemple à suivre dans l'exercice de la profession médicale. C'est grâce à des professeurs néphrologues comme vous que nous, futurs médecins, sommes inspirés à suivre vos pas et à choisir cette belle spécialité.*

*J'espère avoir été à la hauteur de votre confiance et de vos attentes. Veuillez trouver ici, cher maître, le témoignage de ma vive gratitude, de mes sentiments les plus distingués et de ma plus haute considération.*

*A MON MAITRE ET JUGE DE THESE : Professeur  
ZEMRAOUI Nadir*

*Professeur de l'enseignement supérieur et chef de  
service de Néphrologie à l'hôpital militaire Avicenne  
de Marrakech*

*Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de faire part de cet honorable jury et nous vous remercions de la confiance que vous avez bien voulu nous accorder. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude pour la grande amabilité avec laquelle vous nous avez accueillis. Au-delà de votre participation à ce jury, nous souhaitons également vous remercier pour l'impact positif que vous avez eu sur notre formation. Votre expertise et votre modestie ont été une source d'inspiration et de motivation pour nous tous. Cher Maître, veuillez trouver ici l'expression de notre plus haute estime.*

*A MON MAITRE ET JUGE DE THESE : Professeur  
ASSERRAJI Mohamed*

*Professeur de l'enseignement supérieur de néphrologie  
à l'hôpital militaire Avicenne de Marrakech*

*Vous m'avez honoré d'accepter avec grande sympathie de siéger parmi ce jury de thèse. Cet honneur me touche infiniment et je tiens à vous exprimer ma profonde reconnaissance. Je tiens à vous remercier sincèrement pour votre accueil chaleureux et pour l'intérêt que vous avez porté à mon travail.*

*J'ai pour vous cher maître, l'estime et l'admiration qu'imposent votre sérieux, votre dynamisme et votre gentillesse sans limite. Que ce travail soit l'occasion pour vous exprimer ma plus profonde gratitude et mon respect.*

**A MON MAITRE ET JUGE DE THESE : Professeur  
BOUKHIRA Abderrahman**

**Professeur de l'enseignement supérieur et chef de  
service de Biochimie à l'hôpital militaire Avicenne de  
Marrakech**

*Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury et d'y apporter  
votre jugement expert.*

*Nous avons toujours bénéficié de l'étendue de votre savoir et de vos hauts  
talents pédagogiques. Votre bonté, modestie, ainsi que vos qualités  
professionnelles, ne peuvent que susciter ma grande estime et profond  
respect.*

*Veillez trouver ici, Professeur, l'assurance de ma reconnaissance et ma  
profonde admiration.*

**A MON MAITRE ET JUGE DE THESE : Docteur LISRI  
Mohamed**

**Spécialiste en Néphrologie- Centre d'hémodialyse ATLAS**

*Je tiens tout d'abord à vous exprimer ma profonde reconnaissance pour  
m'avoir accueillie dans votre centre de dialyse, pour m'avoir donné accès  
à vos patients ainsi que pour le temps que vous m'avez accordé en co-  
dirigeant mon travail de recherche. Vous nous avez énormément honorés  
en acceptant de vous associer aux membres du jury. Malgré vos grandes  
responsabilités, votre emploi toujours chargé, vous étiez toujours  
disponible pour répondre à tous les soucis que j'ai eu en entamant ce  
travail. Je suis pleine de gratitude pour toutes les connaissances et les  
compétences que vous m'avez transmises.*

*Permettez-moi de vous remercier du fin fond de mon cœur pour la  
bienveillance, la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez  
partagé toutes vos sources avec moi. Vos qualités scientifiques et  
pédagogiques et votre professionnalisme m'inspirent beaucoup de respect  
et d'admiration.*

*Je voudrais également souligner votre engagement et votre dévouement  
envers vos patients.*

*Je vous suis redevable pour votre aide et votre soutien durant mon  
travail. Merci pour votre patience, votre écoute.*

*En espérant avoir été à la hauteur de vos attentes, veuillez agréer cher  
Maitre, l'expression de mon éternel respect et sincère gratitude.*

---

# **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

---

## Liste des abréviations :

- B2m** : Bêta-2-microglobuline.
- DFG** : Débit de filtration glomérulaire
- EER** : Epuration extra-rénale
- EPO** : Erythropoïétine
- GB** : Globules blancs
- GR** : Globules rouges
- HbA1c** : Hémoglobine glyquée
- HBPM** : Héparine de bas poids moléculaire
- HDC** : Hémodialyse conventionnelle
- HDF** : Hémodiafiltration
- HDx** : Hémodialyse élargie (Expanded hemodialysis)
- HNF** : Héparine non fractionnée
- HPM** : Haut poids moléculaire
- HRO** : High retention onset ( à début de rétention élevé )
- HTA** : Hypertension artérielle
- IL-1** : Interleukine 1
- IL-6** : Interleukine 6
- IMC** : Indice de masse corporelle
- IRC** : Insuffisance rénale chronique
- IRT** : Insuffisance rénale terminale
- MCO** : Medium cut-off( à seuil de coupure moyen )

**MPM** : Moyen poids moléculaire

**MRC**: Maladie rénale chronique

**MWRO**: Molecular weight Retention Onset

**MWCO** : Molecular weight Cut-Off

**PA** : Pression artérielle

**PPM** : Petit poids moléculaire

**PTH** : Parathormone

**PTM** : Pression transmembranaire

**RCV** : Risque cardio-vasculaire

**TNF- $\alpha$**  : Tumor necrosis factor alpha

---

# PLAN

---

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>PATIENTS ET METHODES</b>	<b>5</b>
<b>RESULTATS</b>	<b>10</b>
<b>I. Caractéristiques de la population</b>	<b>11</b>
<b>II. Données épidémiologiques</b>	<b>12</b>
1. Age	12
2. Ancienneté en hémodialyse	12
3. Sexe	13
4. Indice de masse corporel (IMC)	14
5. Comorbidités	15
6. Néphropathie initiale	18
<b>III. Paramètres techniques de la dialyse</b>	<b>19</b>
1. Type de l'abord vasculaire	19
2. Durée de dialyse par semaine	19
3. Caractéristiques de la membrane d'hémodialyse	19
4. Anticoagulation	22
5. Dose de dialyse Kt/V	24
6. Débit de la pompe à sang	24
7. Pression transmembranaire	25
8. Taux de recirculation de l'accès vasculaire	26
9. Tableau récapitulatif des données démographiques et dialytiques	27
<b>IV. Données cliniques</b>	<b>28</b>
1. Signes généraux	28
2. Signes cardio-vasculaires	32
3. Signes digestifs	34
4. Signes neuro-musculaires	35
5. Tolérance intra-dialytique	37
6. Prise médicamenteuse au long cours	40
7. Tableau récapitulatif des données cliniques	40
<b>V. Données paracliniques</b>	<b>42</b>
1. Données hématologiques	42
2. Données inflammatoires	44
3. Données du bilan phospho-calcique	46
4. Données du bilan nutritionnel	50
5. Tableau récapitulatif des données paracliniques	53
<b>DISCUSSION</b>	<b>55</b>
<b>Rappel</b>	<b>56</b>
<b>I. Maladie rénale chronique :</b>	<b>56</b>
1. Définition et classification de la maladie rénale chronique	56
2. Définition de l'insuffisance rénale chronique	57
3. Physiopathologie de la maladie rénale chronique	58
4. Diagnostic de la maladie rénale chronique	60
<b>II. Traitement de suppléance : Hémodialyse</b>	<b>74</b>
1. Dispositifs et liquides utilisés	74



2. Principes physico-chimiques de l'hémodialyse	82
3. Toxines urémiques	84
4. Membranes de l'hémodialyse	85
5. Quantification de la dialyse	94
<b>III. Modalités techniques d'hémodialyse</b>	<b>95</b>
1. Hémodialyse conventionnelle HDC	95
2. Hémodiafiltration HDF	96
3. L'hémodialyse à membrane à seuil de coupure moyen HDx	98
<b>Discussion des résultats</b>	<b>102</b>
I. Données épidémiologiques	102
II. Données dialytiques	105
III. Données cliniques	110
IV. Données paracliniques	122
V. Hémodialyse à haute performance ou Hémodialyse conventionnelle :	131
Limites de l'étude	134
<b>CONCLUSION</b>	<b>135</b>
<b>RESUMES</b>	<b>137</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>144</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>147</b>

---

# INTRODUCTION

---

La maladie rénale chronique (MRC) constitue un véritable enjeu de santé publique au Maroc et à travers le monde. [1,2]

Elle est définie par la présence d'une atteinte rénale (albuminurie, anomalies morphologiques du parenchyme rénal..) et/ou un débit de filtration glomérulaire estimé (DFGe)  $< 60\text{mL}/\text{min}/1.73\text{m}^2$  durant plus de 3 mois. [3]

L'étude MAREMAR (la maladie rénale au Maroc) publiée en 2016 a révélé que l'insuffisance rénale chronique touche 2,9% de la population marocaine.[4] Selon les données fournies par MSN (Moroccan Society of Nephrology), fin 2014, environ 16 950 patients avaient bénéficié d'une épuration extra-rénale (EER) au Maroc. En Mars 2019, ce nombre a dépassé les 30000.[5]

L'évolution de la classification de la MRC a abouti à classer les patients en fonction du DFGe ainsi que du degré d'albuminurie, en 5 stades. Pendant les premiers stades, le but est de préserver au maximum la fonction rénale. Au stade d'insuffisance rénale terminale (IRT), un traitement de suppléance est la seule alternative pour pallier le déclin de la fonction rénale.[6]

Il existe trois types de traitement de suppléance :

- L'hémodialyse : cette méthode permet les échanges à l'extérieur du corps entre le sang et un liquide (dialysat) à travers un filtre artificiel dit dialyseur. Elle nécessite une machine (appelée générateur) alimentée par une eau traitée.
- La dialyse péritonéale : Elle permet des échanges entre le sang et un dialysat à l'intérieur du corps en utilisant les capacités de filtration du péritoine. Le dialysat est introduit dans la cavité péritonéale par un cathéter de dialyse souple et permanent, implanté chirurgicalement dans l'abdomen. [7]

- La transplantation rénale ou greffe de rein : il s'agit d'une intervention chirurgicale, au cours de laquelle le rein d'une personne décédée ou vivante, est placé dans le corps d'un receveur malade.

L'hémodialyse est le moyen de suppléance le plus utilisé dans le monde (89%).[8] Elle fait appel à différentes modalités techniques (hémodialyse conventionnelle (HDC), hémofiltration, hémodiafiltration (HDF), hémodialyse à membranes spéciales à seuil de coupure moyendites Medium Cut-Off (MCO) ou Hémodialyse élargie (Expanded hemodialysis HDx )) mettant en jeu des principes physiques de base (diffusion ou conduction, convection ou ultrafiltration, adsorption).

L'hémodialyse conventionnelle (HDC) est la méthode de thérapie de remplacement rénal (TRR) la plus répandue au Maroc. Elle utilise des membranes semi-perméables à basse perméabilité ou Low-Flux (taux d'ultrafiltration  $< 15$  mL/mmHg/h) et à haute perméabilité ou High Flux (taux d'ultrafiltration  $\geq 15$  mL/mmHg/h), afin d'assurer l'élimination des toxines urémiques. Grâce à ces membranes et au mécanisme diffusif de l'HDC, toutes les molécules de petit poids moléculaire (PPM) sont filtrées, selon un gradient de concentration. Cependant, l'épuration de toxines de moyen et de haut poids moléculaire (MPM, HPM), dont l'accumulation est responsable de morbidité importante, constitue alors la limite majeure de cette technique.[9]

Depuis, les progrès technologiques et l'essor de la recherche scientifique ont permis l'avènement de nouvelles méthodes thérapeutiques centrées sur les techniques convectives.

D'une part, l'hémodiafiltration (HDF) qui est une modalité thérapeutique d'EER combinant les avantages de l'hémodialyse et de l'hémofiltration, en assurant une soustraction des déchets de PPM et HPM.

Elle nécessite la production et la perfusion extemporanées de liquide de substitution de qualité pharmaceutique stérile et apyrogène d'où son appellation d'HDF « en-ligne » avec un débit de 5 à 10 litres par heure, ainsi que l'utilisation de moniteurs générateurs d'HDF qualifiés et certifiés pour cette fonction.[10]

D'autre part, l'hémodialyse élargie(HDx) est basée sur le même principe que l'hémodialyse conventionnelle, en utilisant une nouvelle classe de membranes conçues pour augmenter l'élimination d'une large gamme de molécules de moyen et de haut poids moléculaire (25 kDa à < 60 kDa) responsables du développement de l'inflammation, des maladies cardiovasculaires et d'autres comorbidités chez les hémodialysés chroniques. Toutefois, elle n'exige pas de fluide de remplacement et fonctionne sur les équipements standard de l'HDC[11].

L'objectif principal de notre étude est de comparer les différentes techniques d'hémodialyse à haute performance (hémodiafiltration HDF et hémodialyse élargie HDx ) à l'hémodialyse conventionnelle, en évaluant leurs impacts sur différents paramètres cliniques et biologiques.

Ce travail vise à apporter des données utiles justifiant une utilisation plus large de la technique innovante d'hémodialyse moyennant des dialyseurs à membranes spéciales à seuil de coupure moyen (MCO) qu'est l'HDx.

---

# **PATIENTS ET METHODES**

---

## **I. Schéma de l'étude :**

C'est une étude transversale, monocentrique, à visée descriptive, analytique et comparative, ayant adopté un recrutement rétrospectif, dont l'objectif est de comparer l'impact des techniques d'hémodialyse à haute performance à celui de l'hémodialyse conventionnelle sur différents paramètres cliniques et biologiques.

L'étude s'étend sur une période de 6 mois s'étalant de Septembre 2022 à Février 2023.

## **II. La population d'étude :**

### **1. Patients :**

Un groupe de 65 patients insuffisants rénaux chroniques, traités par hémodialyse périodique, depuis plus de 6 mois, pris en charge dans le centre de Néphrologie Hémodialyse privé ATLAS (Dr M. LISRI).

### **2. Critères d'inclusion :**

- Patients âgés de plus de 18 ans.
- Patients en hémodialyse sous la même technique depuis plus de 6 mois.
- Patients cliniquement stables.

### **3. Critères d'exclusion :**

Patients dont les dossiers sont incomplets (insuffisance des données biologiques ou dialytiques).

### **III. Méthodes :**

#### **1 . Recueil de données :**

Le recueil des données a été fait au niveau du centre de Néphrologie Hémodialyse ATLAS en 3 temps :

En premier, l'exploitation des données démographiques des patients : à partir de leurs dossiers médicaux.

Ensuite, l'exploitation des données dialytiques : en se basant sur les cahiers de suivi en dialyse, le système informatique de gestion des séances de dialyse ainsi qu'en surveillant les générateurs en temps réel au cours des séances.

Enfin, l'exploitation des données cliniques et biologiques : en menant un interrogatoire et un examen clinique pour chaque patient, avec étude des paramètres paracliniques sur les dossiers médicaux.

Une fiche d'exploitation préétablie a été utilisée pour la collecte de l'ensemble des données (Annexe 1).

#### **2 . Les variables analysées :**

Les paramètres susceptibles d'influencer la qualité de la dialyse chez les patients en IRCT ont été étudiés :

##### **2.1 Paramètres épidémiologiques :**

Age, Sexe, Comorbidités, Ancienneté en dialyse, IMC, Type de l'abord vasculaire.



**2.2 Paramètres dialytiques :**

Technique d'hémodialyse, Dialyseur utilisé, Type et Surface de la membrane, Débit de la pompe à sang, Pression transmembranaire, Dose de dialyse Kt/V, Volume convectif, Type et dose d'anticoagulation, Taux de recirculation.

**2.3 Paramètres cliniques :**

L'interrogatoire a recherché la prise de traitement concomitant et la présence des signes fonctionnels : Asthénie, Prurit, Perte d'appétit, Nausées, Paresthésies, Syndrome de jambes sans repos, Céphalées, Crampes.

L'examen physique a évalué : le Poids, la Taille, la Fréquence cardiaque pré et post-dialytique, la Pression artérielle pré, intra, et post-dialytique, et la Motricité.

**2.4 Paramètres biologiques :**

Hémoglobine, Hématocrite, Leucocytes, Plaquettes, CRP, Urée, Créatininémie, Ferritinémie, Albuminémie, Cholestérol, Triglycérides, Acide urique, Calcémie, Phosphorémie, 25-OH-vitamine D, PTH, Kaliémie, Natrémie, Beta-2-microglobuline.

**3. Méthodes d'analyse statistique des données :**

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS 16.0 pour Windows®.

Les variables quantitatives sont exprimées en moyenne et déviation standard et valeurs minimale et maximale. Les variables qualitatives sont exprimées en effectifs et pourcentages.

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

Des analyses descriptives en sous-groupe ont été effectuées pour rapporter les différentes caractéristiques des 3 groupes : HDF, HDx et HDC.

Pour identifier les associations entre les variables d'intérêt et les 3 techniques d'hémodialyse (HDF, HDx et HDC), on a utilisé le test non paramétrique de Kruskal-Wallis pour les variables quantitatives et le test de khi2 pour les variables qualitatives.

Dans certaines comparaisons où les conditions requises, pour comparer les 3 groupes ne sont pas remplies (taille d'échantillon suffisante, distribution normale des fréquences observées...), on a procédé à une comparaison entre les 2 groupes : Hémodialyse à haute performance (HDx et HDF) versus Hémodialyse conventionnelle.

Le seuil de signification statistique a été fixé à 5%.

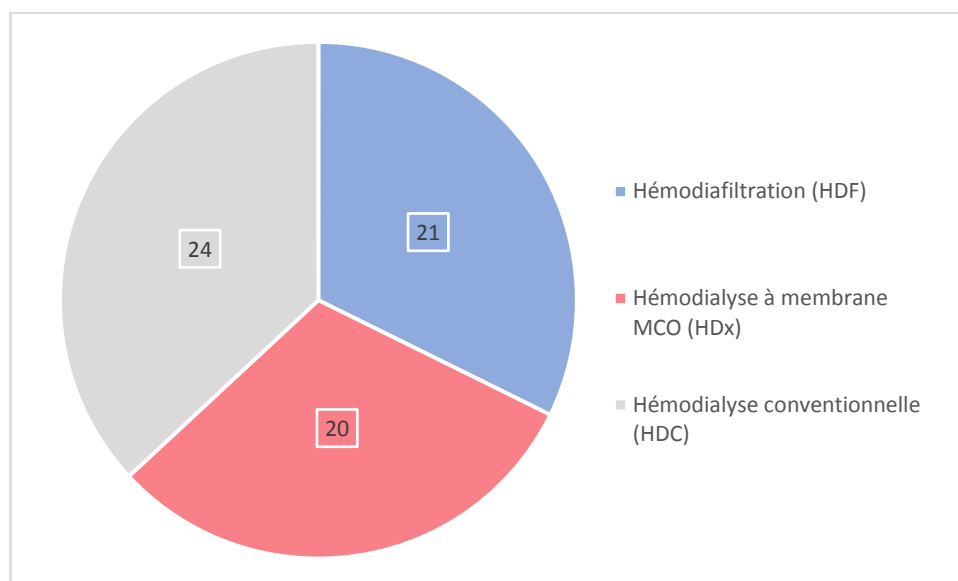
---

# RESULTATS

---

## I. Caractéristiques de la population :

Notre échantillon inclut 65 patients hémodialysés chroniques : 41 patients bénéficiaient d'une hémodialyse à haute performance ; 21 patients (32,3%) en hémofiltration (HDF) et 20 patients (30,8%) en hémodialyse élargie (HDx), tandis que 24 patients (36,9%) utilisaient l'hémodialyse conventionnelle (HDC) (Figure 1).

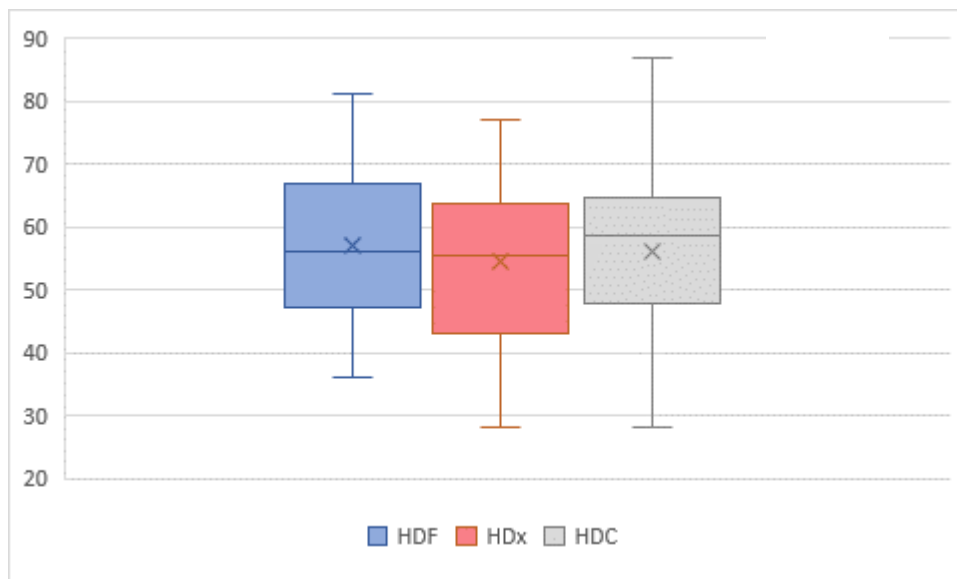


**Figure 1 : Répartition des patients selon la technique d'hémodialyse**

## II. Données épidémiologiques :

### 1. Age :

L'âge des patients de notre série variait de 18 à 87 ans, avec une moyenne d'âge de  $55,91 \pm 13,36$  ans. Les patients en HDx avaient un âge moyen de  $54,50 \pm 12,63$  ans, inférieur à celui des patients en HDF de  $57,10 \pm 12,30$  ans et en HDC de  $56,04 \pm 15,18$  ans ( $p$  value= 0,78) (Figure 2).



**Figure 2 : Comparaison de l'âge moyen des patients selon la technique d'hémodialyse**

### 2. Ancienneté en hémodialyse :

L'ancienneté en hémodialyse de nos patients était de  $122,1 \pm 72,9$  mois. Elle varie de 9 mois à 323 mois. 33 patients bénéficiaient de dialyse depuis plus de 10 ans, soit 50.7%.

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

La moyenne d'ancienneté en dialyse est plus faible chez les patients en hémodialyse conventionnelle (Tableau I). La différence d'ancienneté en dialyse entre les patients des 3 groupes est non significative ( $p$  value = 0,11).

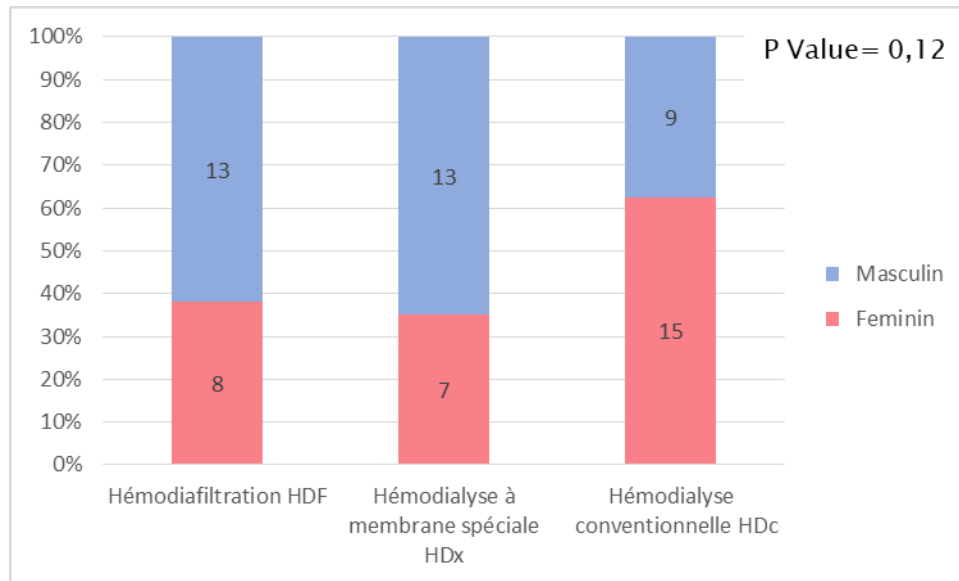
**Tableau I : Comparaison de l'ancienneté en dialyse des patients selon la technique d'hémodialyse**

	<b>Tous les patients</b>	<b>Patients en HDF</b>	<b>Patients en HDx</b>	<b>Patients en HDC</b>
<b>Ancienneté en dialyse (mois)</b>	122 ± 72	133 ± 68	141 ± 88	97±58

### **3. Sexe :**

Dans notre série, 35 malades étaient de sexe masculin, soit 53,8% et 30 de sexe féminin, soit 46,2%. Ainsi, on note une légère prédominance masculine avec un sexe ratio homme femme de 1,1. En outre, la majorité des patients en HDC étaient de sexe féminin, soit 62,5% (Figure 3).

La différence du sexe ratio entre les 3 groupes reste statistiquement non significative ( $p$  value= 0,12).



**Figure3 : Répartition des patients en fonction du sexe selon la technique d'hémodialyse**

#### **4. Indice de masse corporel (IMC) :**

L'IMC permet d'estimer l'excès de masse grasse dans le corps et de définir la corpulence. Il correspond au poids divisé par le carré de la taille exprimé en Kg/m<sup>2</sup>.

L'OMS définit :

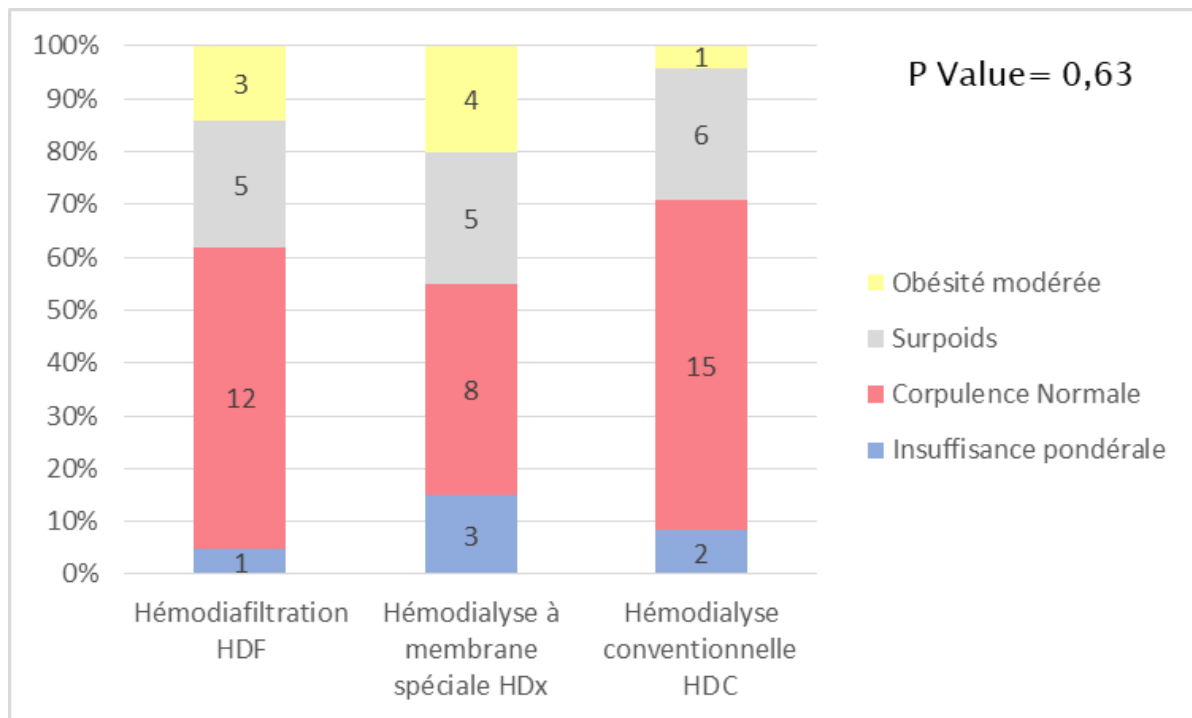
- Une insuffisance pondérale par un IMC inférieur à 18,5Kg/m<sup>2</sup>.
- Une corpulence normale par un IMC entre 18,5 et 24,9 Kg/m<sup>2</sup>.
- Un surpoids par un IMC entre 25 et 29,9 Kg/m<sup>2</sup>.
- Une obésité modérée par un IMC entre 30 et 34,9 Kg/m<sup>2</sup>.
- Une obésité sévère par un IMC entre 35 et 39,5 Kg/m<sup>2</sup>.
- Une obésité morbide par un IMC supérieur à 40Kg/m<sup>2</sup>.

La moyenne de l'IMC des patients de notre série été de 24,12 ± 4,6 Kg/m<sup>2</sup>. Ces derniers ont été répartis selon leur IMC : 6 patients étaient en insuffisance pondérale (soit

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

9,2 %), 35 patients avaient une corpulence normale (soit 53,8%), 16 patients en surpoids (soit 24,6%) et 8 patients en obésité modérée (12,3%) (Figure 4).

Les patients en HDC présentait la moyenne d'IMC la plus basse ( $22,34 \pm 3,87$  Kg/m<sup>2</sup>), par rapport à celle des patients en HDx ( $24,92 \pm 5,59$  Kg/m<sup>2</sup>) et des patients en HDF ( $25,32 \pm 3,92$  Kg/m<sup>2</sup>). La différence d'indice de masse corporel entre ces 3 groupes est non significative (p value = 0,63).



**Figure4 : Répartition des patients en fonction de leur IMC selon la technique d'hémodialyse**

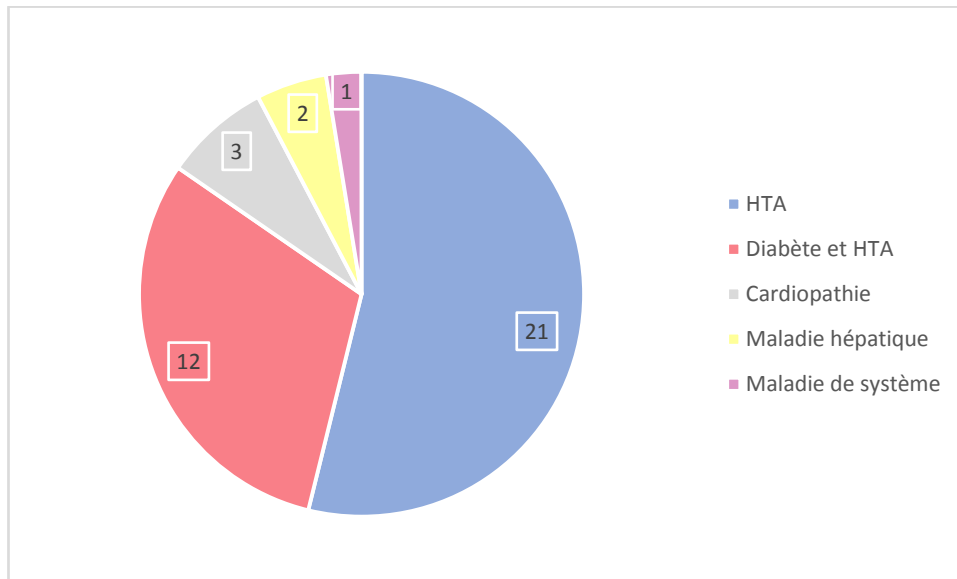


## **5. Comorbidités :**

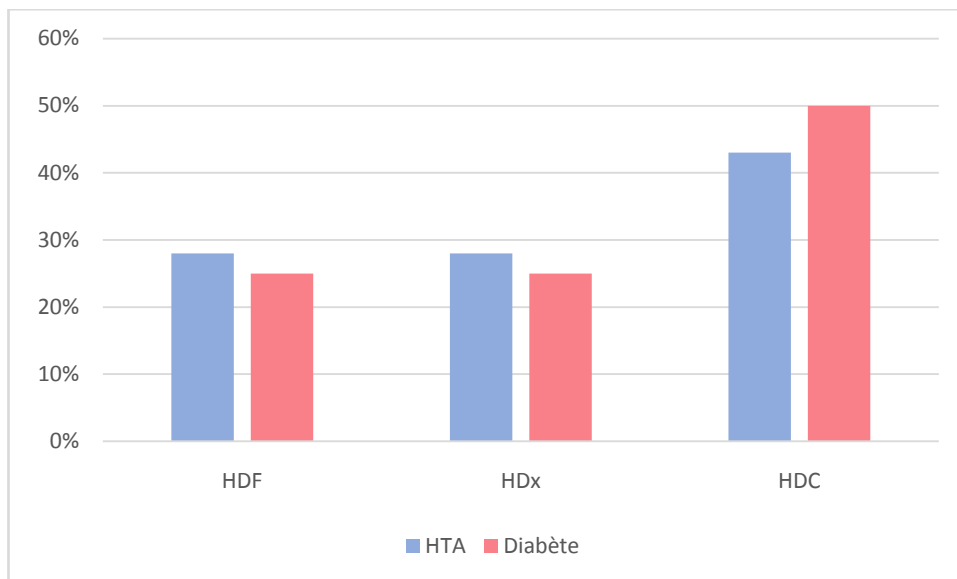
Chez les hémodialisés de notre série, les comorbidités ont été représentées principalement par une hypertension artérielle (HTA) isolée chez 21 patients, soit 32,3 % des cas, suivie par l'association diabète et HTA chez 12 patients soit 18,5% des cas, la cardiopathie chez 3 patients (4,6%), la maladie hépatique chez 2 patients (soit 3,1%) et la maladie de système chez 1 seul patient (1,5%) (Figure 5). Le reste des patients (soit 40% des cas) ne présentaient aucun antécédent particulier.

Presque la moitié des patients hypertendus de notre série (43,6%) étaient des patients en hémodialyse conventionnelle, versus 28,2% en HDF et 28,2 % en HDx (p value= 0,38).

Pareillement, les patients en hémodialyse à haute performance (HDx et HDF) présentaient moins d'antécédent de diabète que ceux en HDC. Cependant, la différence demeure non significative (p value= 0,23) (Figure 6).



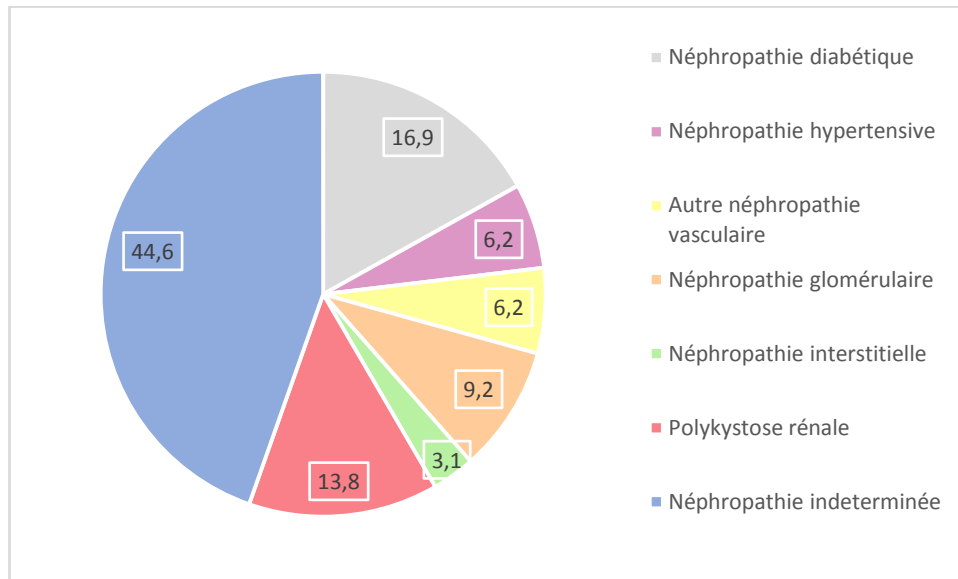
**Figure 5 : Les comorbidités chez les patients de notre série**



**Figure 6 : Comparaison de l'antécédent de diabète et HTA chez les patients de notre série**

## **6. Néphropathie initiale :**

L'origine de l'IRCT en hémodialyse était indéterminée dans environ la moitié des cas de notre série (44,6%). Les étiologies de l'autre moitié étaient, par ordre de fréquence, la néphropathie diabétique (16,9%), la polykystose rénale (13,8%), la néphropathie glomérulaire (9,2%), la néphropathie hypertensive (6,2%), autres néphropathies vasculaires (6,2%), néphropathie interstitielle (3,1%) (Figure 7).



**Figure 7 : Répartition des patients selon la néphropathie causale**

### **III. Paramètres techniques de la dialyse :**

#### **1. Type de l'abord vasculaire :**

Tous nos patients hémodialysés disposaient d'une fistule artério-veineuse (FAV) le plus souvent radiale (anastomose termino-latérale entre la veine radiale superficielle et l'artère radiale).

#### **2. Durée de dialyse par semaine :**

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

La majorité de nos patients (84,6%) bénéficiait de 3 séances de dialyse de 4 heures chacune, alors que le reste (15,4%) n'était épuré que 2 fois par semaine à raison de 4 heures par séance également. D'où une durée de dialyse moyenne  $683,08 \pm 87,26$  min/semaine, une durée minimale de 480 min/semaine et maximale de 720 min/semaine (Tableau II).

**Tableau II : Comparaison de la durée de dialyse des patients selon la technique d'hémodialyse**

	Tous les patients	Patients en HDF	Patients en HDx	Patients en HDC
Durée moyenne de dialyse par semaine (Minutes)	$683,08 \pm 87,26$	$674,29 \pm 96,57$	$696,0 \pm 73,87$	$680,0 \pm 91,36$

### **3. Caractéristiques de la membrane d'hémodialyse :**

Dans notre étude, toutes les membranes utilisées sont de nature synthétique, pourtant elles diffèrent par leurs types, leurs surfaces et le matériau qui les constitue (Tableau III) ; 35 de nos patients étaient dialysés par une membrane synthétique de haute perméabilité (soit 53,8%), 20 patients par une membrane synthétique spéciale à seuil de coupure moyen (soit 30,8%) et les 10 autres patients étaient dialysés par une membrane de faible perméabilité (soit 15,4%) (Figure 8).

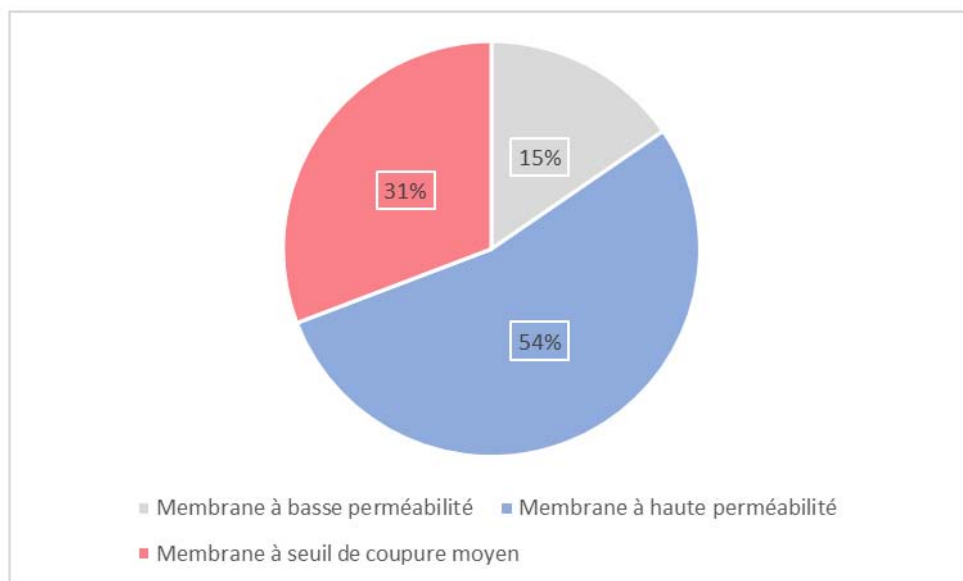
**Tableau III : Caractéristiques des membranes d'hémodialyse utilisées**

Hémodialyseur utilisé	Type de la membrane	Surface de la membrane	Matériau de la membrane
Fx 8 Fresenius	Basse perméabilité	1,4 m <sup>2</sup>	Polysulfone
1,6 Toray		1,6 m <sup>2</sup>	Polyméthylméthacrylate

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

---

17 H Elisio	Haute perméabilité	1,7 m <sup>2</sup>	Polyethersulfone
18 H Polypure		1,8 m <sup>2</sup>	Polysulfone
19 H Elisio		1,9 m <sup>2</sup>	Polyethersulfone
RC 300 Revaclear		1,4 m <sup>2</sup>	Polyarylethersulfone
RC 400 Revaclear		1,8 m <sup>2</sup>	Polyarylethersulfone
21 H Elisio		2,1 m <sup>2</sup>	Polyethersulfone
22 H Polypure		2,2 m <sup>2</sup>	Polysulfone
Fx 100 Fresenius		2,2 m <sup>2</sup>	Polysulfone
Th 400 Theranova	Seuil de coupure	1,7 m <sup>2</sup>	Polyarylethersulfone
Th 500 Theranova	moyen	2 m <sup>2</sup>	Polyarylethersulfone



**Figure 8 : Répartition des patients selon le type de membrane d'hémodialyse**

La totalité des patients en HDx ont été dialysés par des hémodialyseurs à seuil de coupure moyen type Theranova (Baxter), l'ensemble des hémodialysés en HDF ont été dialysés par différents hémodialyseurs à membrane de haute perméabilité, tandis que les patients en HDC ont été dialysés par des hémodialyseurs à basse et à haute perméabilité (Tableau IV).

**Tableau IV : Hémodialyseurs utilisés dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

Hémodialyseurs utilisés		Tous les patients	Patients en HDF	Patients en HDx	Patients en HDC
Membranes à basse perméabilité	Fx 8 Fresenius	6	-	-	6
	1,6 Toray	4		-	4
Membranes à haute perméabilité	17 H Elisio	7	2	-	5
	18 H Polypure	6	2	-	4
	19 H Elisio	3	1	-	2
	RC 300 Revaclear	9	7	-	2
	RC 400 Revaclear	2	1	-	1
	21 H Elisio	5	5	-	-
	22 H Polypure	1	1	-	-
	Fx 100 Fresenius	2	2	-	-
Membranes à seuil de coupure moyen	Th 400 Theranova	8	-	8	-
	Th 500 Theranova	12	-	12	-

## **4. Anticoagulation :**

### **4.1. Type d'anticoagulation :**

L'anticoagulation de la circulation extracorporelle (CEC) durant la séance de dialyse est indispensable pour éviter sa coagulation. Dans notre série, l'héparine non fractionnée (HNF) associée à l'héparine bas poids moléculaire (HBPM) a été utilisée chez 7 patients soit 10,8% des patients, l'HNF seule chez 27 patients soit 41,5 % des patients et l'HBPM seule chez 31 patients soit 47,7% (Tableau V).

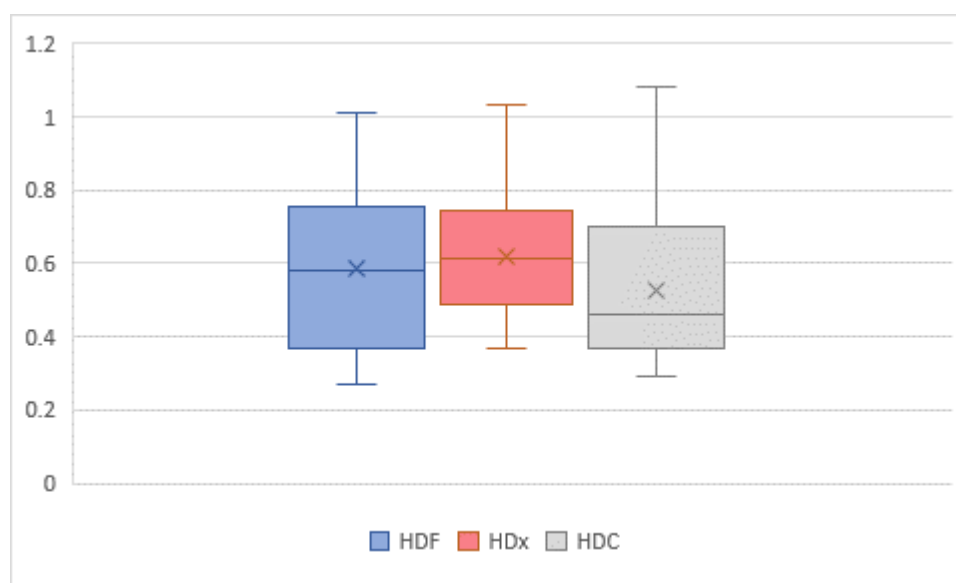


**Tableau V : Comparaison du type d'anticoagulation utilisé selon la technique d'hémodialyse**

Type d'anticoagulation :	Tous les patients	Patients en HDF	Patients en HDx	Patients en HDC
HNF	27 (41,5%)	10	10	7
HBPM	31 (47,5%)	11	6	14
HNF et HBPM	7 (10,8%)	0	4	3

**4.2. Dose d'anticoagulation :**

La dose d'anticoagulation dans notre série variait entre 0,27 et 1,08mg/Kg avec une moyenne de  $0,57 \pm 0,20$  mg/Kg. Les hémodialysés en HDF recevaient une dose d'anticoagulation moyenne de  $0,59 \pm 0,23$  mg/Kg, ceux en HDx recevaient  $0,62 \pm 0,17$ mg/kg, tandis que les patients en hémodialyse conventionnelle recevaient en moyenne  $0,53 \pm 0,22$  mg/Kg (Figure 9).



**Figure 9 : Comparaison de la dose d'anticoagulation utilisée selon la technique d'hémodialyse**

### **5. Dose de dialyse Kt/V :**

L'indice Kt/V de l'urée est un marqueur de qualité d'épuration des molécules de faible poids moléculaire. Il reflète la bonne épuration du sang pendant la séance d'hémodialyse. En général, on considère qu'une dialyse est adéquate lorsque le Kt/V est supérieur à 1,2. Dans notre série, le Kt/V moyen était de  $1,38 \pm 0,21$ , avec une valeur minimale de 0,91 et une valeur maximale de 1,90. Les patients en HDx présentaient une dose de dialyse inférieure à celle des patients en HDF et en HDC. L'écart observé est statistiquement non significatif ( $p$  value=0,26)(Tableau VI).

En hémodiafiltration, la dose de dialyse est exprimée en volume convectif. Il représente la somme du volume du liquide de substitution perfusé plus le volume d'ultrafiltration.

Dans notre série, le volume convectif moyen était de  $23,06 \text{ L} \pm 5,5\text{L}$ .

**Tableau VI: Comparaison de la dose de dialyse Kt/ V selon la technique d'hémodialyse**

	<b>Tous les patients</b>	<b>Patients en HDF</b>	<b>Patients en HDx</b>	<b>Patients en HDC</b>
<b>Dose de dialyse Kt/V</b>	$1,38 \pm 0,21$	$1,42 \pm 0,20$	$1,32 \pm 0,21$	$1,39 \pm 0,22$
<b>Volume convectif (en L)</b>	-	$23,06 \pm 5,5$	-	-

### **6. Débit de la pompe à sang :**

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

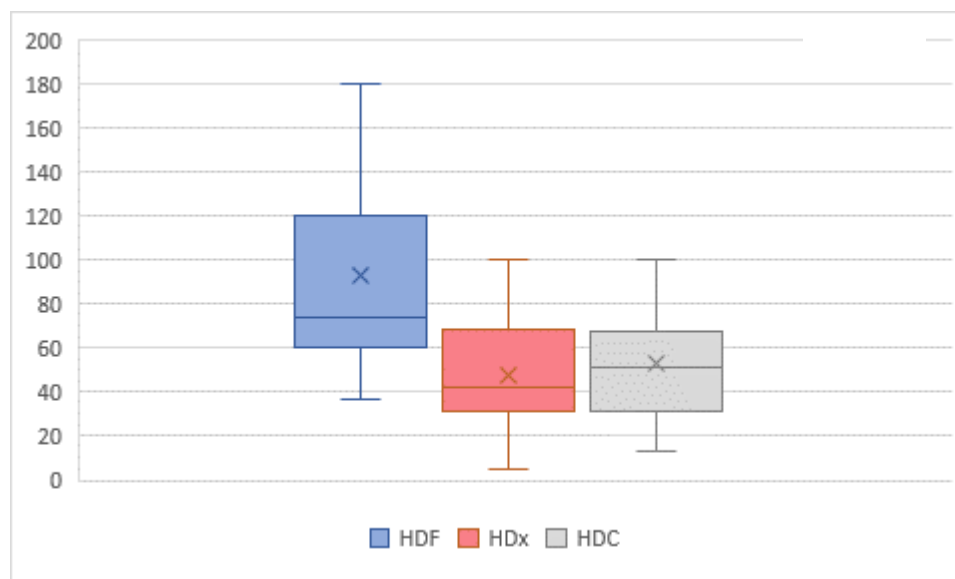
Dans notre série, le débit de pompe à sang variait entre 272 et 410 ml/min avec une moyenne de  $324,45 \pm 23,65$  ml/min. On note que les patients en HDC présentaient le débit de la pompe à sang le plus faible (Tableau VII). Ce dernier ne présentait pas de variation statistiquement significative entre les 3 techniques de dialyse ( $p$  value = 0,14).

**Tableau VII : Comparaison du débit de la pompe à sang selon la technique d'hémodialyse**

	Tous les patients	Patients en HDF	Patients en HDx	Patients en HDC
Débit de la pompe à sang (ml/min)	$324,45 \pm 23,56$	$333,14 \pm 35,31$	$324,75 \pm 14,36$	$316,58 \pm 12,50$

### **7. Pression transmembranaire :**

Elle représente la différence de pression entre le compartiment sanguin (pression artérielle, pression veineuse) et le compartiment ultrafiltrat. Dans notre étude la pression transmembranaire (PTM) appliquée au sang du patient lors des séances HD variait entre 5 et 180 mmHg, avec une valeur moyenne de  $64,25 \pm 38,01$  mmHg. La pression transmembranaire moyenne appliquée au sang des patients en HDx ( $47,60 \pm 24,13$  mmHg) et des patients en HDC ( $53,25 \pm 25,62$  mmHg) était significativement inférieure à celle observée en HDF ( $92,67 \pm 45,23$  mmHg) ( $p$  value = 0,00) (Figure 10).



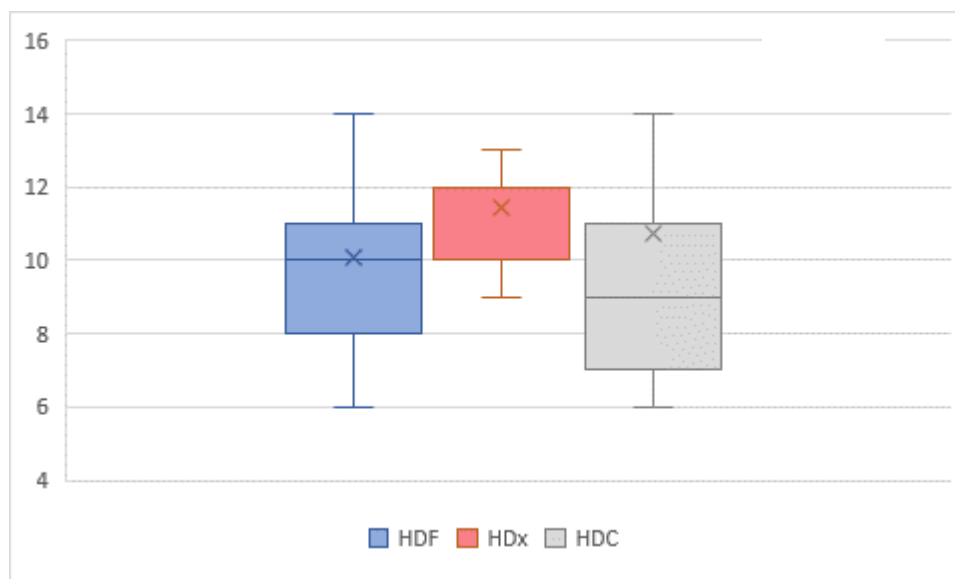
**Figure 10 : Comparaison de la pression transmembranaire selon la technique d'hémodialyse**

### **8. Taux de recirculation de l'accès vasculaire :**

La recirculation représente le flux rétrograde qui se produit entre les lignes artérielle et veineuse lorsque la vitesse de dialyse est plus élevée que le flux dans la fistule. Son existence ou non au niveau d'une FAV reflète de façon directe la qualité d'épuration.

Le taux de recirculation moyen de notre série a été mesuré chez 45 patients (19 en HDF, 11 en HDx et 15 en HDC) et a été de l'ordre de  $10,62 \pm 3,53$  %, avec un taux minimal de 6% et maximal de 26 %. Chez les patients en HDF, la moyenne du taux de recirculation était de  $10,05 \pm 2,57$  %, chez les patients en HDx de  $11,45 \pm 1,29$  %, et chez les patients en HDC de  $10,73 \pm 5,35$  %.

La différence du taux de recirculation entre les 3 techniques est statistiquement non significative ( $p$  value = 0,10) (Figure 11).



**Figure 11 : Comparaison du taux de recirculation de l'accès vasculaire selon la technique d'hémodialyse**

### 9. Tableau récapitulatif des données démographiques et dialytiques :

Le tableau VIII récapitule la comparaison de différents paramètres démographiques et dialytiques entre les 3 groupes HDF, HDx et HDC.

Seule la pression transmembranaire PTM est significativement différente entre les groupes HDF, HDx et le groupe HDC ( $p = 0,00$ ). La comparaison de tous les autres paramètres est statistiquement non significative.

**Tableau VIII : Comparaison de différents paramètres démographiques et dialytiques selon la technique d'hémodialyse**

	Tous les patients	Patients en HDF	Patients en HDx	Patients en HDC	P value
Age moyen (Année)	55,91 ± 13,36	57,10 ± 12,30	54,50 ± 12,63	56,04 ± 15,18	0,78

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

Ancienneté en dialyse (mois)	122,1 ± 72,9	133 ± 68	141 ± 88	97 ± 58	0,11
Sexe ratio H/F	1,1	1,6	1,8	0,6	0,12
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	24,12 ± 4,62	25,32 ± 3,92	24,92 ± 5,59	22,34 ± 3,87	0,63
Antécédents					
-HTA isolée	21 (32,3%)	8	6	7	0,38
-Diabète	12 (18,5%)	3	3	6	0,23*
Durée moyenne de dialyse par semaine (Minutes)	683,08 ± 87,26	674 ± 97	696 ± 74	680 ± 91	0,71
Dose d'anticoagulation (en mg/Kg)	0,57 ± 0,20	0,59 ± 0,23	0,62 ± 0,17	0,53 ± 0,22	0,23
Dose de dialyse Kt/V	1,38 ± 0,21	1,42 ± 0,20	1,32 ± 0,21	1,39 ± 0,22	0,26
Volume convectif (en Litres)	-	23,06 ± 5,5	-	-	-
Débit de la pompe à sang (en ml/min)	324,45 ± 23,65	333,14 ± 35,31	324,75 ± 14,36	316,58 ± 12,50	0,14
Pression transmembranaire (en mmHg)	64,25 ± 38,01	92,67 ± 45,23	47,60 ± 24,13	53,25 ± 25,62	0,00
Taux de recirculation (%)	10,62 ± 3,53	10,05 ± 2,57	11,45 ± 1,29	10,73 ± 5,35	0,10

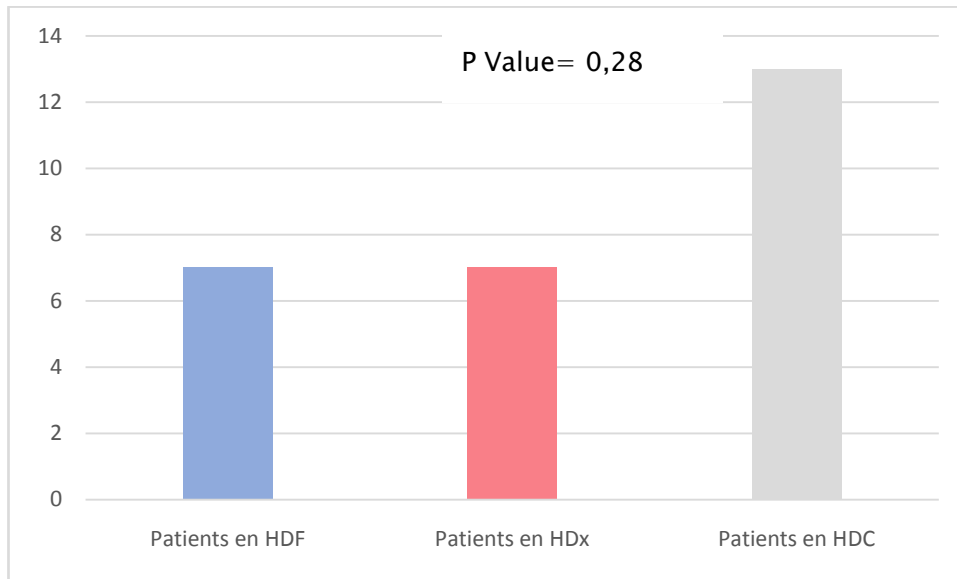
\* : comparaison entre l'hémodialyse conventionnelle (HDC) et l'hémodialyse à haute performance (HDF et HDx)

### IV. Données cliniques :

#### 1. Signes généraux :

##### 1.1. Asthénie :

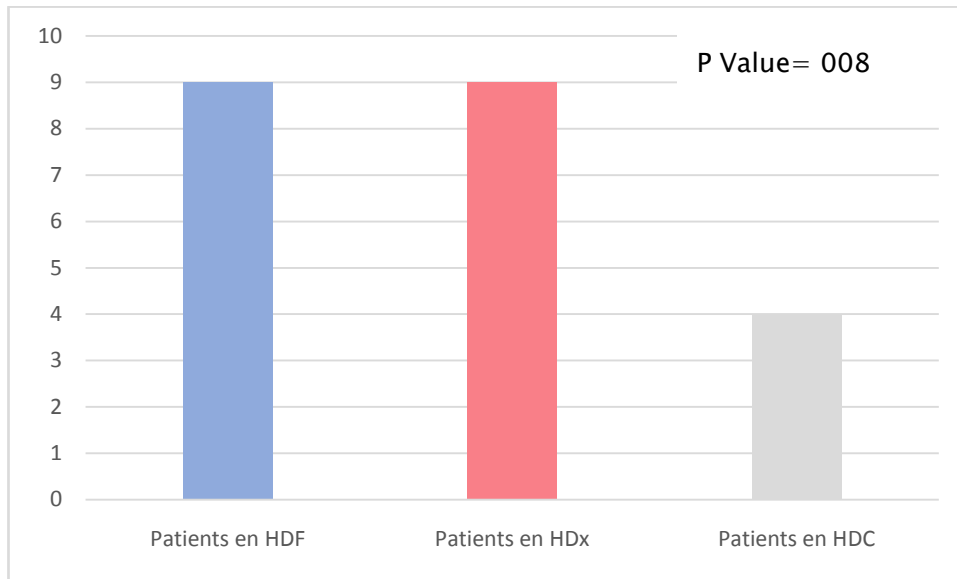
La présence d'asthénie a été rapporté par 27 patients (soit 41,5%) de notre série, 13 en HDC, 7 en HDx et 7 en HDF. Ainsi, on note une tendance à l'asthénie chez les hémodialisés par la technique conventionnelle. Cette différence reste, néanmoins, statistiquement non significative entre les 3 techniques (p value = 0,28) (Figure 12).



**Figure 12 : Comparaison de la présence d'asthénie selon la technique d'hémodialyse**

**1.2. Prurit :**

Sur l'ensemble de nos patients, 22 (soit 33,78%) présentaient un prurit, répartis comme suit : 9 hémodialysés en HDF, 9 en HDx et 4 patients en HDC (Figure 14). On relève donc plus de prurit chez les patients en hémodialyse à haute performance (HDF et HDx) que chez les patients en hémodialyse conventionnelle. Tout de même, la différence entre les 3 groupes est non significative (p value = 0,08) (Figure 13).



**Figure 13 : Comparaison de la présence de prurit selon la technique d'hémodialyse**

**1.3. Poids sec :**

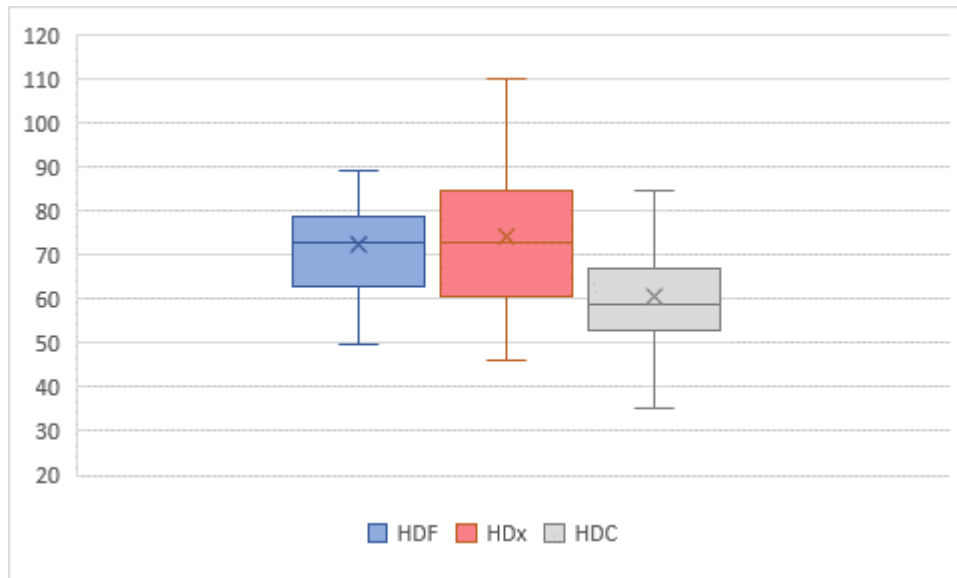
Le poids sec des patients de notre série variait entre 35 kg et 110 kg avec un poids moyen de  $68,67 \pm 15,83$  kg. Les hémodialisés en HDF pesaient en moyenne  $72,32 \pm 13,34$  kg, ceux en HDx  $74,22 \pm 17,87$  kg et ceux en hémodialyse conventionnelle  $60,53 \pm 13,05$  kg (Figure 14). On relève donc une différence statistiquement significative entre les



## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

---

techniques d'hémodialyse à haute performance (HDx et HDF) et l'hémodialyse conventionnelle (p value =0,00).



**Figure 14 : Comparaison du poids sec selon la technique d'hémodialyse**

### **1.4. Prise de poids inter-dialytique :**

La mesure du poids des patients au début de chaque séance nous permet de déduire la prise de poids inter-dialytique. Cette dernière variait entre 0,5 kg et 3 kg, avec une moyenne de  $1,44 \pm 0,74$ kg. Les patients en HDF présentaient une moyenne de prise de poids inter-dialytique à  $1,65 \pm 0,79$  kg, supérieure à celle des patients en HDx ( $1,37 \pm 0,70$  kg) et en

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

HDC ( $1,33 \pm 0,73$  kg) (Figure 15). On note que la différence de prise de poids inter-dialytique est statistiquement non significative entre les 3 groupes ( $p$  value = 0,34).



**Figure 15 : Comparaison de la prise de poids inter-dialytique selon la technique d'hémodialyse**

## **2. Signes cardio-vasculaires :**

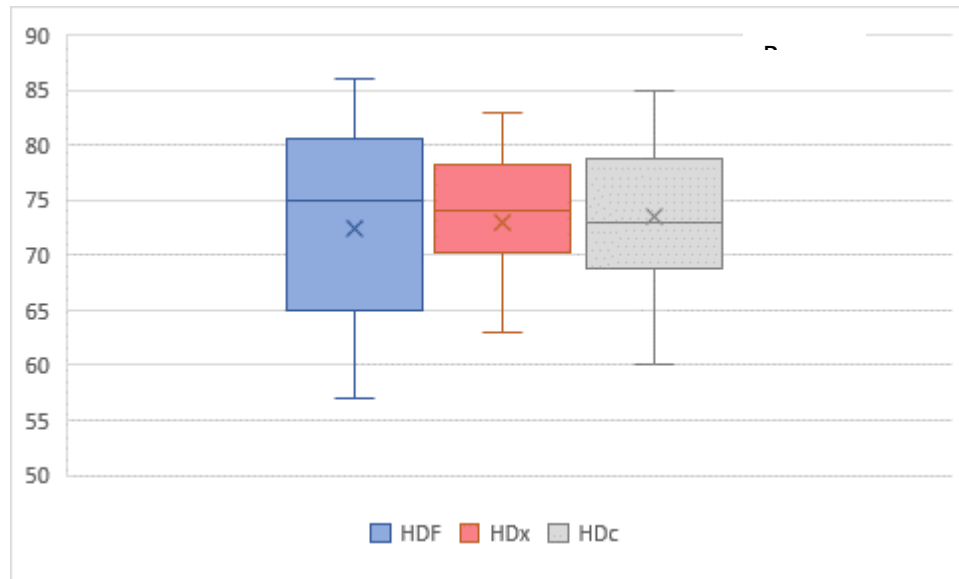
### **2.1. Fréquence cardiaque pré-dialytique :**

Dans notre série, la fréquence cardiaque pré-dialytique moyenne était de  $72,94 \pm 7,59$  battements/mn (bpm). Les patients en HDF avaient une fréquence cardiaque pré-dialytique

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

---

moyenne de  $72,38 \pm 8,53$  bpm, les patients en HDx de  $72,90 \pm 8,68$  bpm et ceux en HDC de  $73,46 \pm 5,86$  bpm (Figure 16). L'utilisation de ces techniques différentes d'hémodialyse n'était pas associée à une modification significative de la fréquence cardiaque pré-dialytique ( $p$  value = 0,89).



**Figure 16 : La fréquence cardiaque pré dialytique dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

### **2.2. . Pression artérielle systolique pré-dialytique :**

La pression artérielle systolique pré-dialytique chez les patients de notre série variait de 90 à 167 mmHg, avec une moyenne de  $132,57 \pm 20,34$  mmHg. Une PAS pré dialytique

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

moyenne augmentée chez les patients en hémodialyse conventionnelle est notée (Figure 17).

La différence entre les 3 groupes reste statistiquement non significative (p value = 0,29).

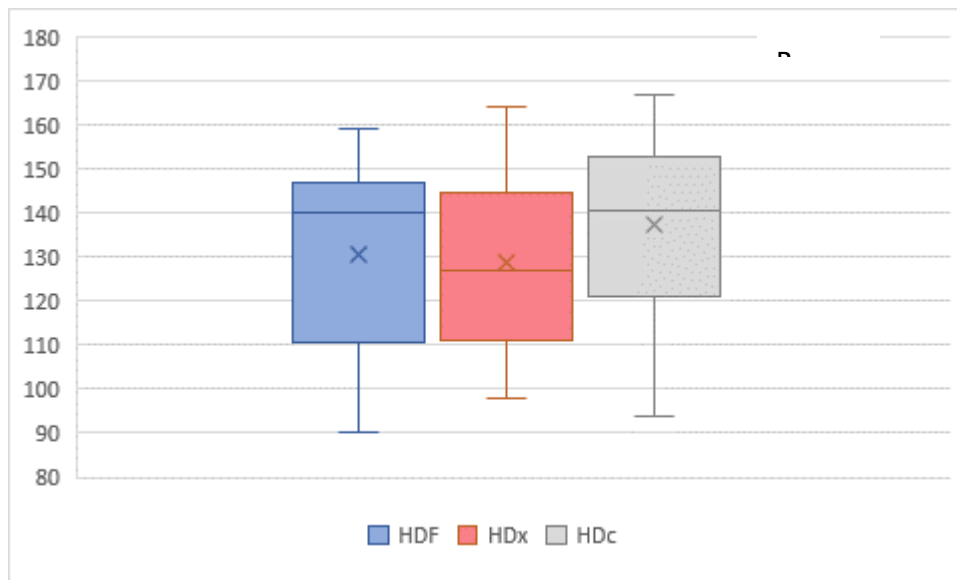


Figure 17 : La PAS pré dialytique dans notre série selon la technique d'hémodialyse

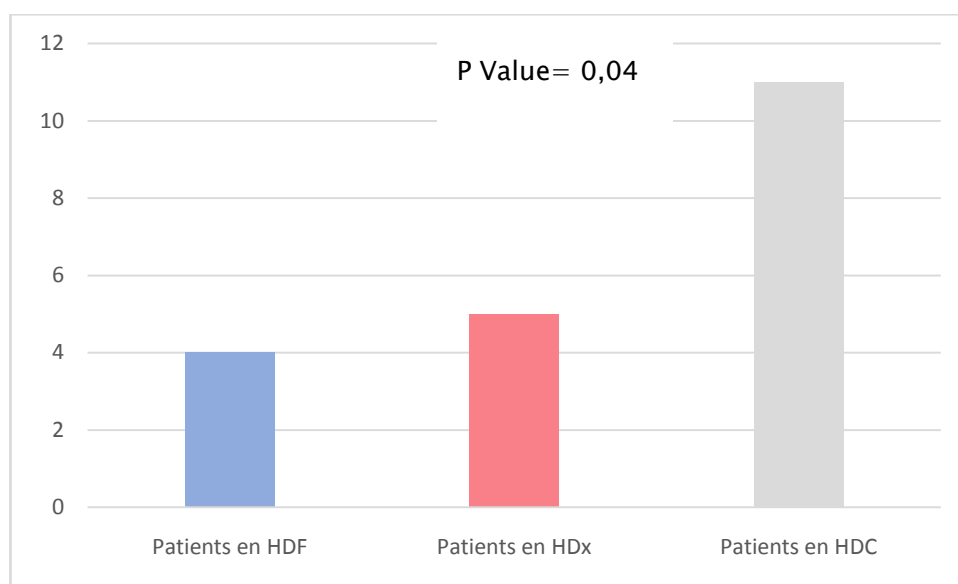
### 3. Signes digestifs :

#### 3.1. Perte d'appétit :

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

La présence d'une perte d'appétit a été relevé chez 20 patients (soit 30,8%) de notre série, dont 11 patients en HDC, 5 en HDx et 4 en HDF. On constate donc une présence plus importante de la perte d'appétit chez les hémodialisés chroniques par la technique d'hémodialyse conventionnelle, comparée aux hémodialisés par les techniques d'hémodialyse à haute performance (Figure 18). Le contraste entre ces deux entités est statistiquement significatif (p value = 0,04)



**Figure 18 : Présence de perte d'appétit dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

### **3.2. Nausées :**

Peu de nos patients ont rapporté des nausées(9 patients, soit 13,8%), dont 4 patients en HDC, 3 en HDF et 2 en HDx.On relève que la différence entre les patients en hémodialyse conventionnelle et les patients en hémodialyse à haute performance n'est pas significative (p value = 0,61).

## **4. Signes neuro-musculaires :**

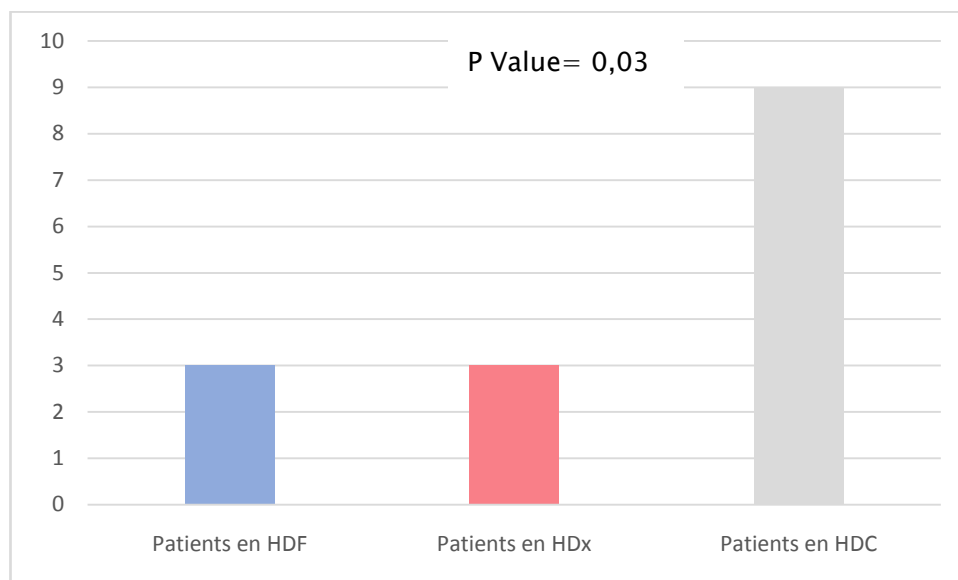
### **4.1. Faiblesse musculaire :**

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

---

Un testing musculaire a révélé une faiblesse contre résistance (cotation de la force musculaire < 5) chez 15 de nos patients (soit 23,1%), dont 9 hémodialisés par la technique conventionnelle.

On saisit ainsi une présence plus marquée de la faiblesse chez les hémodialisés chroniques par la technique conventionnelle que chez les hémodialisés par hémodialyse à haute performance (Figure 19). L'écart entre ces deux groupes est statistiquement significatif (p value =0,03).



**Figure 19 : Présence de faiblesse musculaire dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

### 4.2. Paresthésies :

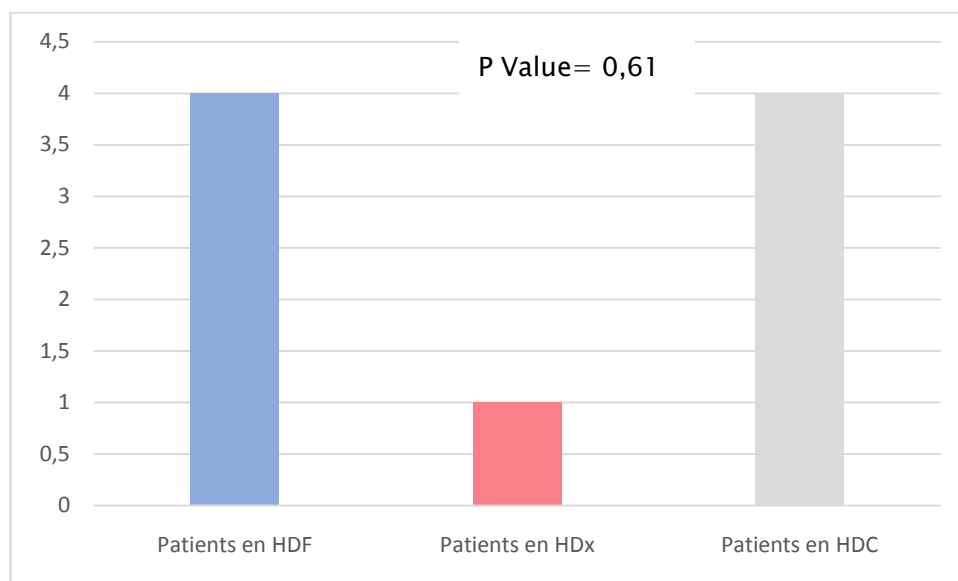
## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

La présence de paresthésies a été rapporté par 12 patients (soit 18,5%) de notre série, dont 5 patients en HDC, 3 en HDx et 4 en HDF. De ce fait, la différence entre l'hémodialyse conventionnelle et l'hémodialyse à haute performance est non significative (p value = 0,70).

### **4.3. Syndrome de jambes sans repos :**

Neuf de nos patients (soit 13,8%) ont signalé un besoin impérieux de bouger les membres inférieurs durant les épisodes de repos, survenant principalement la nuit, et s'améliorant lors de la marche ou les étirements. Un seul patient était hémodialysé en HDx, 4 en HDF et 4 en HDC. Ainsi la majorité des patients rapportant une symptomatologie du syndrome de jambes sans repos sont des patients dialysés par la technique conventionnelle ou par hémodiafiltration (Figure 20). Seulement, ce résultat demeure statistiquement non significatif (p value =0,61).



**Figure 20 : Le syndrome de jambes sans repos dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

## **5. Tolérance intra-dialytique :**

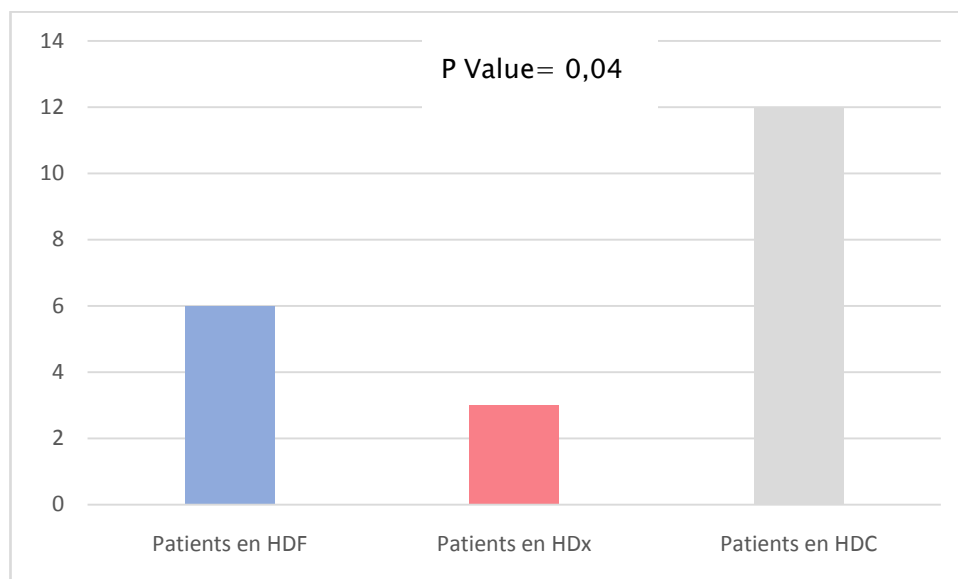
### **5.1. Céphalées :**

Dans notre étude, 15 patients ont rapporté la survenue de céphalées lors des séances d'hémodialyse, soit 23,1%. Aucun de ces patients n'était en HDx, 7 patients bénéficiaient d'hémodiafiltration et 8 patients d'hémodialyse conventionnelle (Figure21). Or, on note que la différence entre les patients en hémodialyse conventionnelle et les patients en hémodialyse à haute performance n'est pas significative (p value = 0,13).

### **5.2. Crampes :**

Sur la totalité de nos patients, 21(soit 32,2) ont révélé avoir enduré des crampes durant leurs séances d'hémodialyse, Dont 12 patients en HDC, 6 en HDF et 3 en HDx. On constate ainsi une prédominance de ce symptôme chez les patients en hémodialyse conventionnelle par rapport à ceux en hémodialyse à haute performance (Figure 21). Le contraste entre les 3 techniques d'hémodialyse est statistiquement significatif (p value =0,04).





**Figure 21 : La présence de crampes dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

**5.3. Hypotension intra-dialytique :**

Une Hypotension intra-dialytique est survenue chez 11 de nos patients (soit 16,9%) au cours de leurs séances de dialyse, dont 4 en HDF, 5 en HDx, et 2 en HDC. La différence entre les différentes techniques reste statistiquement non significative (p value = 0,15).

**5.4. Fréquence cardiaque post-dialytique :**

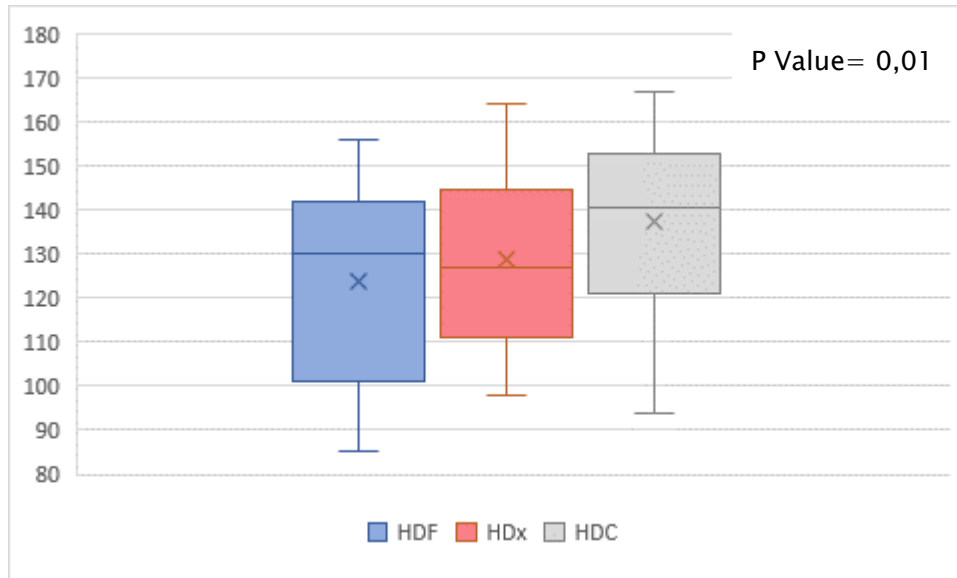
Dans notre étude, la fréquence cardiaque post-dialytique moyenne était de  $72,87 \pm 7,99$  bpm. La FC moyenne des patients en HDF était de  $71,81 \pm 6,92$  bpm, celle des patients en HDx de  $74,33 \pm 10,87$  bpm et des patients en HDC de  $72,58 \pm 5,96$  bpm. L'utilisation de ces différentes techniques n'était pas associée à une modification significative de la fréquence cardiaque post-dialytique (p value = 0,24).

**5.5. Pression artérielle systolique post dialytique :**

La pression artérielle systolique post-dialytique chez les patients de notre série variait de 85 à 166 mmHg, avec une moyenne de  $127,83 \pm 20,44$  mmHg.

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

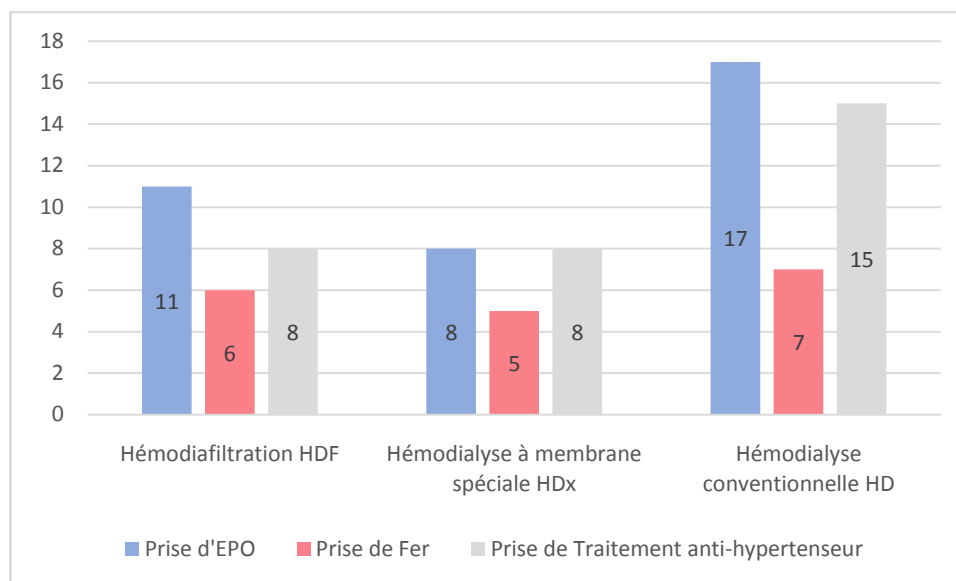
Chez les patients en HDF, la PAS moyenne était de  $123,71 \pm 21,35$  mmHg, chez ceux en HDx de  $121,25 \pm 17,23$  mmHg, et chez les hémodialysés par la technique conventionnelle de  $136,92 \pm 19,53$  mmHg. On constate ainsi que la PAS post dialytique est augmentée chez les patients en hémodialyse conventionnelle comparée à celle des patients en hémodialyse à haute performance (Figure 22). Cette différence est statistiquement significative (p value = 0,01).



**Figure 22 : La pression artérielle systolique post-dialytique dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

## 6. Prise médicamenteuse au long cours :

Plus de la moitié des patients inclus dans notre étude (soit 55,4% des cas) ont bénéficié d'un traitement au long cours par EPO. En outre, 18 patients reçoivent une supplémentation en fer (soit 27,7% des cas), et 31 patients sont traités par un médicament anti-hypertenseur (soit 47,7% des cas) (Figure 23).



**Figure 23 : La prise médicamenteuse dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

## 7. Tableau récapitulatif des données cliniques :

Le tableau IX résume la comparaison des données cliniques entre les différentes techniques d'hémodialyse.

Notre analyse statistique a mis en évidence une différence significative entre l'HDF, l'HDx et l'HDC en ce qui concerne le poids sec des patients et la survenue de crampes au cours des séances de dialyse. De plus, la comparaison de l'hémodialyse à haute performance à l'hémodialyse conventionnelle a révélé une disparité en termes de perte d'appétit, de faiblesse musculaire et de PAS post-dialytique.

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

La comparaison du reste des signes cliniques est statistiquement non significative (Tableau IX).

**Tableau IX : Comparaison de différentes données cliniques selon la technique d'hémodialyse**

Données cliniques		Tous les patients	Patients en HDF	Patients en HDx	Patients en HDC	P value
Signes généraux	Asthénie	27 (41,5%)	7	7	13	0,28
	Prurit	22 (33,7%)	9	9	4	0,08
	Poids sec (kg)	68,67 ± 15,83	72,32 ± 13,34	74,22 ± 17,87	60,53 ± 13,05	<0,05
	Prise de poids inter-dialytique (kg)	1,44 ± 0,74	1,65 ± 0,79	1,37 ± 0,70	1,33 ± 0,73	0,34
Signes cardio-vasculaires	Fréquence cardiaque pré-dialytique (bpm)	72,94 ± 7,59	72,38 ± 8,53	72,90 ± 8,68	73,46 ± 5,86	0,89
	Pression artérielle systolique pré-dialytique (mmHg)	132,57 ± 20,34	130,76 ± 21,1	128,70 ± 20,16	137,38 ± ,72	0,29
Signes digestifs	Perte d'appétit	20 (30,8%)	4	5	11	<0,05*
	Nausées	9 (13,8%)	3	2	4	0,61*
Signes neuro-musculaires	Faiblesse musculaire	15 (23,1%)	3	3	9	<0,05*
	Paresthésies	12 (18,5%)	4	3	5	0,70*
	Syndrome de jambes sans repos	9 (13,8%)	4	1	4	0,61*
Signes de tolérance intra-dialytique	Céphalées	15 (23,1%)	7	0	8	0,13*
	Crampes	21 (32,2%)	6	3	12	<0,05
	Hypotension intra-dialytique	11 (16,9%)	4	5	2	0,15
	Fréquence cardiaque post-dialytique (bpm)	72,87 ± 7,99	71,81 ± 6,92	74,33 ± 10,87	72,58 ± 5,96	0,24
	Pression artérielle systolique post dialytique (mmHg)	127,83 ± 20,44	123,71 ± 21,357	121,25 ± 17,23	136,92 ± 19,53	<0,05*
Prise médicamenteuse	Prise d'EPO	36 (55,4%)	11	8	17	0,11
	Prise de fer	18 (27,7%)	6	5	7	0,94
	Prise de traitement anti-hypertenseur	31 (47,7%)	8	8	15	0,18

\* : comparaison entre l'hémodialyse conventionnelle (HDC) et l'hémodialyse à haute performance (HDF et HDx)

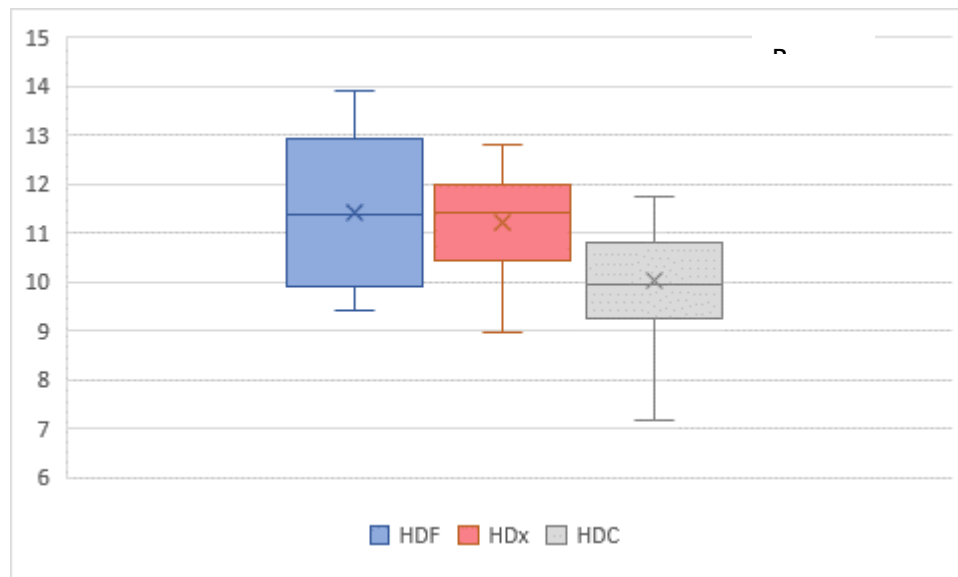
## V. Données paracliniques :

### 1. Données hématologiques :

#### 1.1. Hémoglobine :

L'hémoglobine (Hb) est une protéine transporteuse d'oxygène, elle se trouve dans les globules rouges (hématies ou érythrocytes) qui la synthétisent lors de leur période de différenciation.

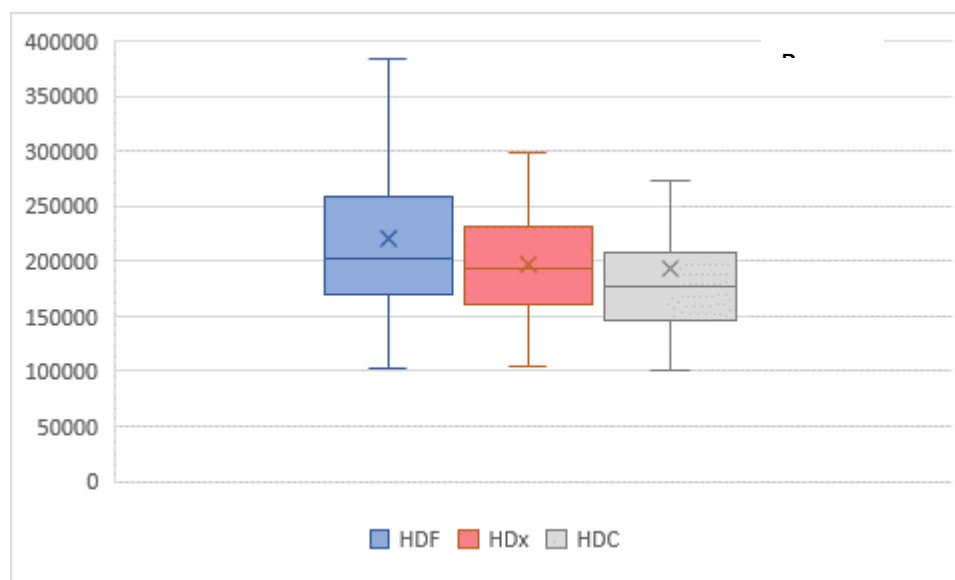
Le taux d'hémoglobine dans notre série variait de 7,15 à 13,90 g/dl, avec une valeur moyenne de  $10,84 \pm 1,44$  g/dl. Les patients en HDF avaient une valeur d'hémoglobine moyenne de  $11,41 \pm 1,49$  g/dl, les patients en HDx de  $11,20 \pm 1,04$ g/dl, et les patients en HDC de  $10,02 \pm 1,36$  g/dl. On constate donc que les patients en hémodialyse à haute performance (HDx et HDF) présentent des valeurs d'hémoglobine significativement plus élevées que celles des patients en hémodialyse conventionnelle (p value = 0,00) (Figure 24).



**Figure 24 : Le taux d'hémoglobine dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

### 1.2. Plaquettes :

Le taux de plaquettes dans notre série variait de 101000 à 420000/mm<sup>3</sup>, avec une valeur moyenne de 202776,92 ± 67823,87/mm<sup>3</sup>. Chez les patients en hémofiltration, le taux plaquettaire moyen était de 220214 ± 77777,33/mm<sup>3</sup>, ceux en hémodyalyséeélargie de 196350 ± 52002,80/mm<sup>3</sup>, et ceux en hémodyalyse conventionnelle de 192875 ± 69929,35/mm<sup>3</sup> (Figure 25). La différence entre les 3 techniques est ici non significative (p value = 0,26).



**Figure 25: Le taux de plaquettes dans notre série selon la technique d'hémodyalyse**

### 1.3. Ferritinémie :

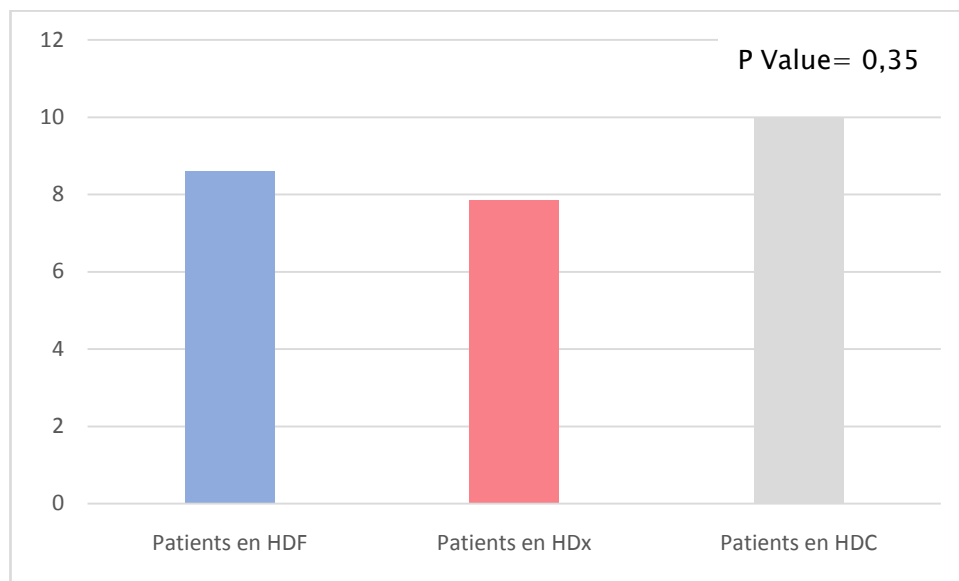
La ferritine est une macromolécule présente dans les monocytes-macrophages du foie, de la rate et de la moelle osseuse. C'est une protéine dont l'aptitude à stocker le fer lui confère une double fonction de réserve et de détoxification du fer. La concentration de ferritine dans le sang ou ferritinémie évolue parallèlement à celle de la ferritine tissulaire et est donc un bon reflet des réserves en fer de l'organisme. Ses valeurs de référence sont : chez l'homme : 20 à 200 µg/l ; chez la femme : 10 à 125 µg/l.

Dans notre série, la ferritinémie variait de 7,67 à 772,60 $\mu$ g/l, avec une moyenne de 230,52  $\pm$  141,07  $\mu$ g/l. Les patients en HDF présentait une ferritinémie moyenne de 223,50  $\pm$  120,58 $\mu$ g/l, celle des patients en HDx était de 238,73  $\pm$  154,68  $\mu$ g/l et ceux en HDC de 229,83  $\pm$  151,20 $\mu$ g/l. La différence entre la moyenne de la ferritinémie des 3 groupes était non significative (p value = 0,99).

## **2. Données inflammatoires :**

### **2.1. Protéine C réactive (CRP) :**

Il s'agit d'une glycoprotéine qui reflète l'inflammation aiguë. Sa valeur physiologique est inférieure à 10 mg/L. Chez nos patients, la moyenne de CRP était de 8,89  $\pm$  6,59 mg/L. Les hémodialysés en HDF avaient une CRP moyenne de 8,61  $\pm$  6,61 mg/L, et ceux en HDC de 10,00  $\pm$  6,80 mg/L. Les patients en HDx présentait une CRP moyenne plus faible de 7,84  $\pm$  6,46 mg/L (Figure 26). La différence entre les 3 techniques reste statistiquement non significative (p value = 0,35).



**Figure 26: La CRP dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

### **2.2. Leucocytes :**

La numération des leucocytes dans notre série variait de 3165 à 10400/mm<sup>3</sup>, avec une valeur moyenne de 6229 ± 1674,03/mm<sup>3</sup>. Chez les patients en HDF, la moyenne des leucocytes était de 6563,81 ± 1767,04/mm<sup>3</sup>, ceux en HDx de 6388,75 ± 1603,38/mm<sup>3</sup>, et ceux en HDC de 5802,92 ± 1626,35/mm<sup>3</sup>. La différence entre la moyenne des leucocytes des 3 groupes était non significative (p value = 0,31).

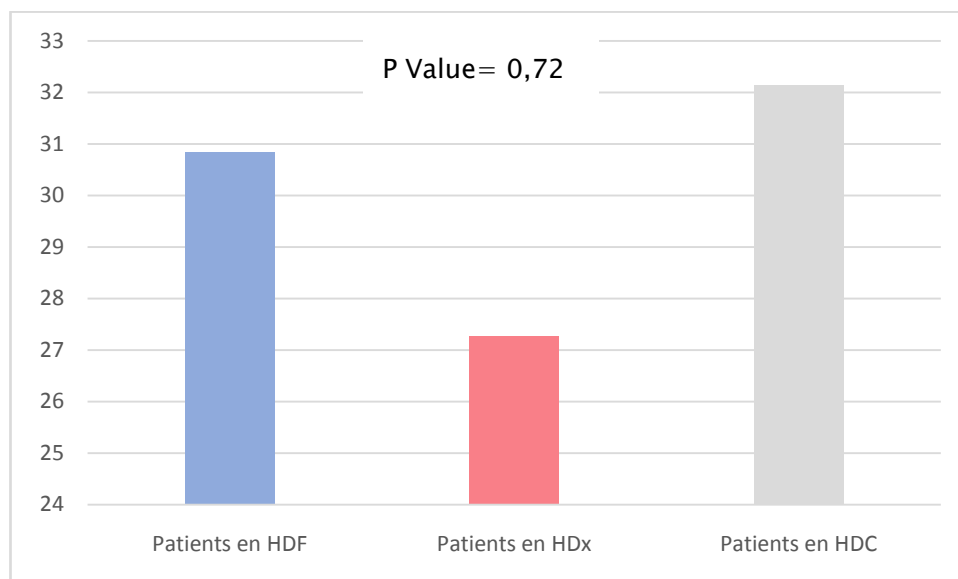
### **2.3. Beta-2-microglobuline :**

La Beta-2-microglobuline est un polypeptide d'un poids moléculaire de 11800 daltons, qui existe sous forme libre et liée aux membranes des cellules. Elle est quotidiennement synthétisée par les cellules sanguines (lymphocytes, granulocytes) et est normalement éliminée par les reins (cellules tubulaires). Son taux plasmatique s'élève au fur et à mesure que la perte de la fonction rénale. L'épuration de la beta-2-microglobuline au cours des séances de dialyse permet de réduire le taux plasmatique de cette dernière.

Dans notre étude, 49 patients ont bénéficié d'un dosage sanguin de la beta-2-microglobuline, dont 16 en HDF, 16 en HDx et 17 en HDC. Sa concentration sérique moyenne chez nos patients était de 30,12 ± 10,8 mg/l. Les patients HDx présentaient la concentration la plus faible de beta-2-microglobuline, qui était de 27,26 ± 13,0mg/l, comparée à celle des patients en HDF (de 30,83 ± 8,3mg/l) et celle des patients en HDC (de 32,15 ± 10,7mg/l) (Figure 27).

Statistiquement, on n'a pas trouvé une corrélation significative entre le taux plasmatique de la β<sub>2</sub>m et l'utilisation de différentes techniques d'hémodialyse (p value = 0,72).





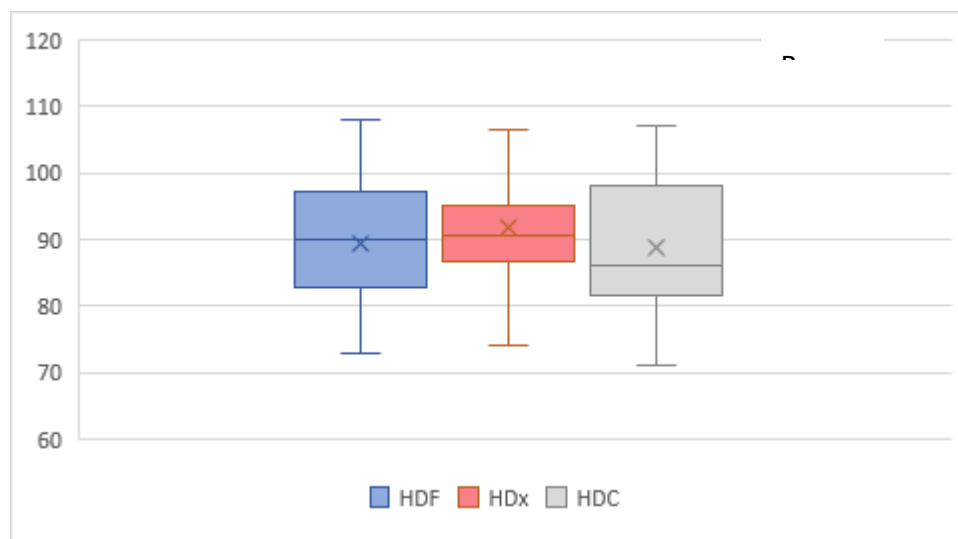
**Figure 27: La concentration de la bêta-2-microglobuline dans notre série selon la technique d'hémodialyse**

### **3. Données du bilan phospho-calcique :**

#### **3.1. Calcium :**

La calcémie correspond au taux plasmatique du calcium. Son taux normal chez un adulte est compris entre 90 – 105 mg /l de plasma.

Dans notre série, la calcémie variait entre 71 mg/l et 111,5 mg/l, avec une moyenne de  $89,98 \pm 9,93$  mg/l. Presque la moitié de nos patients (49,2%) présentaient une hypocalcémie, dont la majorité en hémodialyse conventionnelle. Les patients en HDx présentaient une valeur moyenne de calcémie de  $91,95 \pm 10,42$ mg/dl, supérieure à celle des patients en HDF ( $89,37 \pm 9,37$ mg/l) et en Hémodialyse conventionnelle ( $88,87 \pm 10,1$  mg/l) (Figure 28). La différence entre les 3 techniques est pour autant statistiquement non significative (P value = 0,47).

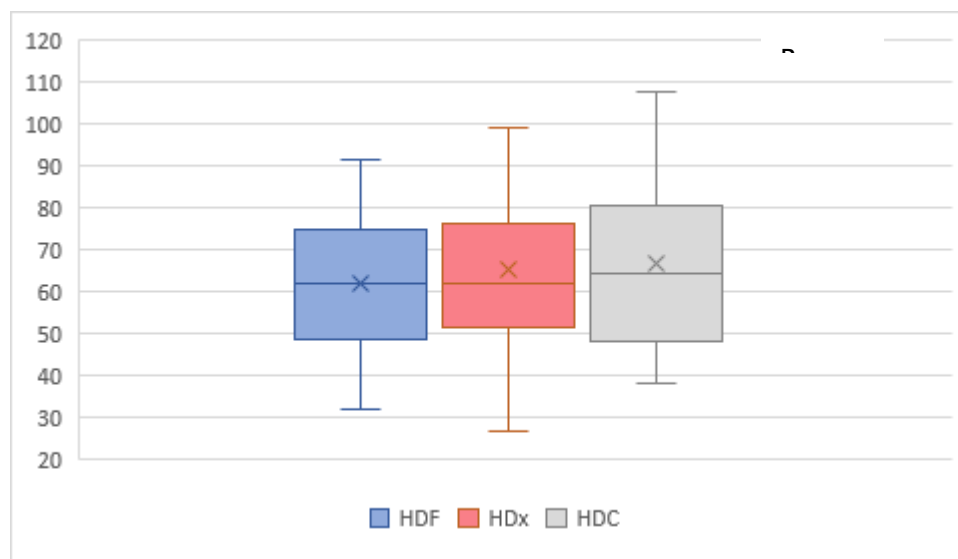


**Figure 28: La calcémie chez les hémodialysés de notre série selon la technique d'hémodialyse**

### **3.2. Phosphorémie :**

La phosphorémie représente le taux de phosphore dans le sang. Elle est comprise entre 35 et 45 mg/l chez l'adulte, son métabolisme est étroitement lié à celui du calcium. Dans notre étude, la moyenne de la phosphorémie était de  $64,62 \pm 19,05$ mg/l. Nous avons noté une hyperphosphatémie chez 55 patients soit 84,6% des cas.

Les patients en HDF avaient une moyenne de phosphorémie de  $61,88 \pm 16,05$ mg/l, ceux en HDx de  $65,12 \pm 20,49$ mg/l, et la moyenne en HDC de  $66,60 \pm 20,7$ mg/l (Figure 29). La différence entre les 3 techniques est non significative ( $p$  value = 0,90).



**Figure 29: La phosphorémie chez les hémodialysés de notre série selon la technique d'hémodialyse**

### **3.3. Parathormone :**

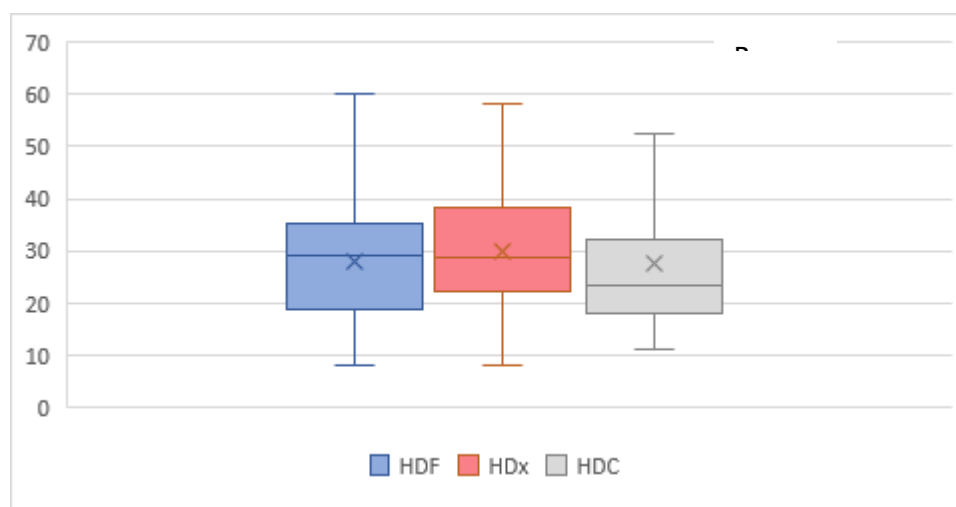
La parathormone est une hormone synthétisée et sécrétée par les glandes parathyroïdes, dont le rôle consiste à réguler les taux de calcium et de phosphore dans le sang. Sa concentration est fortement augmentée chez l'insuffisant rénal chronique, avec des valeurs de référence en dialyse 2 à 9 fois la limite supérieure ; environ 130–585 ng/L pour un dosage de 2ème génération.

Dans notre série, la PTH moyenne était de  $566,79 \pm 372,24$  ng/l. Dans notre série, 27 patients (soit 41,5%) étaient en hyperparathyroïdie. La moyenne de la PTH des hémodialysés en HDF de était de  $627,84 \pm 312,87$ ng/l, ceux en HDx de  $537,57 \pm 392,53$ ng/l et la moyenne des hémodialysés en HDC est  $536,51 \pm 410,82$  ng/l. Ainsi, aucune différence significative n'a été retrouvée concernant le taux de PTH en utilisant différentes techniques d'hémodialyse (p value = 0,50).

### **3.4. Vitamine D :**

La 1,25(OH)<sub>2</sub>D est le métabolite actif de la vitamine D. Elle joue le rôle le plus important (et le mieux connu) dans le maintien de l'homéostasie phosphocalcique par l'augmentation de l'absorption intestinale du calcium et du phosphate, permettant ainsi un environnement phosphocalcique favorable à la minéralisation osseuse.

Dans notre série, la moyenne de la vitamine D était de  $28,32 \pm 12,10$  ng/ml, avec une valeur minimale de 8 ng/ml, et une valeur maximale de 60,18 ng/ml. Les patients en HDx présentaient une valeur moyenne de vitamine D plus élevée que des patients en HDF et en HDC (Figure 30). La différence entre les 3 techniques est statistiquement non significative (p value = 0,58).

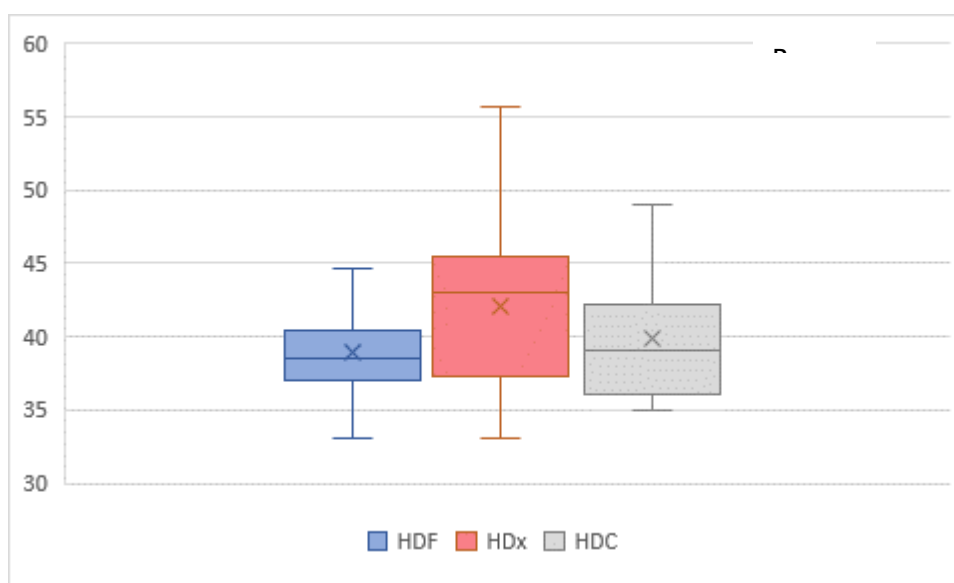


**Figure 30: La vitamine D chez les hémodialysés de notre série selon la technique d'hémodialyse**

#### 4. Données du bilan nutritionnel :

##### 4.1. Albumine :

L'albumine est la protéine plasmatique la plus abondante dans l'organisme, elle joue un rôle crucial dans le transport des hormones, des acides gras et d'autres substances biologiquement actives, ainsi que dans le maintien de la pression osmotique colloïdale. Dans notre étude, 51 patients ont bénéficié d'un dosage sanguin de l'albumine, dont 18 en HDF, 15 en HDx et 18 en HDC. Sa concentration sérique moyenne était de  $40,18 \pm 4,65$  g/l. On note également que l'albuminémie moyenne chez les patients en HDx ( $42,06 \pm 6,28$  g/l) était plus élevée comparée à celle des patients en HDF ( $38,88 \pm 2,86$  g/l) et en HDC ( $39,91 \pm 4,13$  g/l) (Figure 31). L'écart entre les 3 techniques est pour autant non significatif (p value = 0,25).



**Figure 31: L'albuminémie chez les hémodialisés de notre série selon la technique d'hémodialyse**

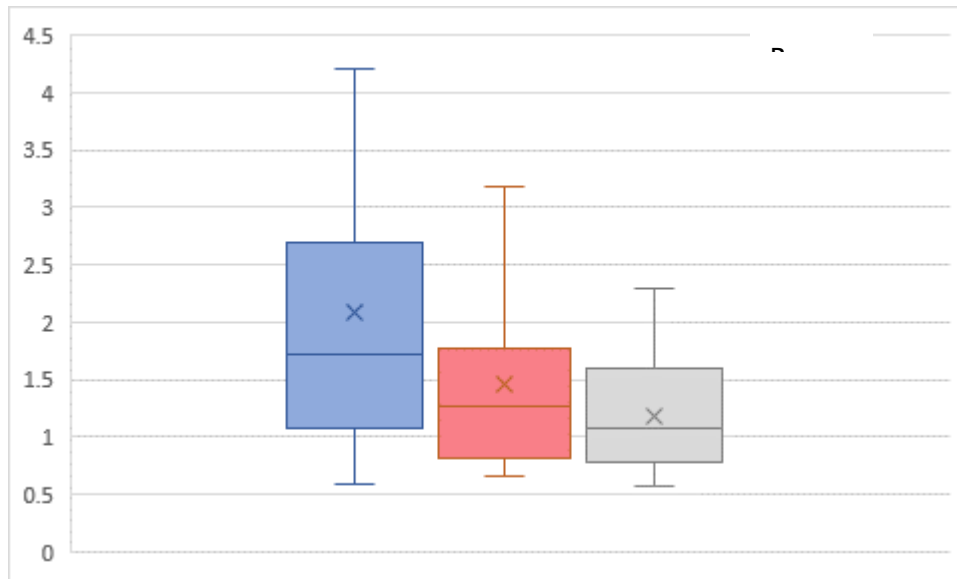
#### **4.2. Cholestérol Total :**

Il s'agit du dosage du cholestérol sérique circulant. Le cholestérol est transporté dans la circulation sanguine sous différentes formes de lipoprotéines : chylomicrons, VLDL, LDL, HDL. Des valeurs usuelles de cholestérol total, âge et sexe confondus, peuvent être proposées : 4,10 – 6,20 mmol/l (1,60 – 2,40 g/l). La moyenne du cholestérol total chez nos patients était de  $2,93 \pm 1,43$  g/l. Les hémodialysés en HDF avaient une moyenne de 3,43 g/L, supérieure à celle des patients en HDx, qui était de  $3,09 \pm 1,43$  g/L et des patients en HDC, de  $2,34 \pm 1,34$  g/L. L'analyse statistique a mis en évidence une corrélation significative entre l'utilisation de ces différentes techniques d'hémodialyse et le taux plasmatique du cholestérol total (p value = 0,01).

#### **4.3. Triglycérides**

Le taux de triglycérides est un paramètre très fluctuant en fonction des habitudes alimentaires, de l'activité physique et du contrôle glycémique chez le diabétique. En général, une hypertriglycéridémie est définie comme un taux de triglycérides > à 1.50 g/l à jeun.

Chez les hémodialysés de notre série, la moyenne du dosage de triglycérides était  $1,56 \pm 1,00$  g/L. Les hémodialysés en HDF avaient une moyenne de  $2,08 \pm 1,33$ g/L, supérieure à celle des patients en HDx, qui était de  $1,45 \pm 0,80$  g/L, et des patients en HDC, qui était de  $1,18 \pm 0,52$  g/L (Figure 32). La différence entre les 3 groupes est statistiquement significative (p value = 0,03).



**Figure 32: Les Triglycérideschez les hémodialisés de notre série selon la technique d'hémodialyse**

#### 4.4. Acide urique :

L'acide urique est une molécule physiologique, elle est le produit final du métabolisme des purines (les bases puriques, les nucléosides et les nucléotides). L'hyperuricémie est un trouble du métabolisme, basée sur le point de saturation de l'urate de sodium. Elle est définie comme une concentration d'urates supérieure à 404 mmol/l (6,8 mg/dl).

Dans notre étude, la moyenne d'uricémie était de  $399,81 \pm 98,35$  mmol/l. Les patients en HDC présentaient la moyenne la plus élevée d'acide urique, qui était d'ordre de  $420,62 \pm 115,29$  mmol/l, comparée aux patients en HDx ( $398,78 \pm 72,84$  mmol/l), et aux patients en HDF ( $381,9 \pm 102,77$  mmol/l). Cependant, la différence entre les 3 techniques est statistiquement non significative (p value = 0,51).

**5. Tableau récapitulatif des données paracliniques :**

Le tableau X compare les données paracliniques entre les différentes techniques d'hémodialyse.

L'analyse statistique a démontré l'existence d'une différence significative entre l'HDF, l'HDx et l'HDC en matière d'hémoglobine et des triglycérides.

En outre, seul le cholestérol total est significativement différent entre le groupe HDC et le groupe d'hémodialyse à haute performance. La comparaison de tous les autres paramètres paracliniques est statistiquement non significative.



## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

**Tableau X : Comparaison de différentes données paracliniques selon la technique d'hémodialyse**

Données paracliniques		Tous les patients	Patients en HDF	Patients en HDx	Patients en HDC	P value
Données hématologiques	Hémoglobine (g/dl)	10,84 ± 1,44	11,41 ± 1,49	11,20 ± 1,04	10,02 ± 1,36	<0,05
	Plaquettes (/mm <sup>3</sup> )	202776,92 ± 67823,87	220214 ± 77777,33	196350 ± 52002,80	192875 ± 69929,35	0,26
	Ferritinémie (µg/l)	230,52 ± 141,07	223,50 ± 120,58	238,73 ± 154,68	229,83 ± 151,20	0,99
Données inflammatoires	Protéine C réactive (mg/l)	8,89 ± 6,59	8,61 ± 6,61	7,84 ± 6,46	10,00 ± 6,80	0,35
	Leucocytes (/mm <sup>3</sup> )	6229 ± 1674,03	6563,81 ± 1767,04	6388,75 ± 1603,38	5802,92 ± 1626,35	0,31
	Beta-2-microglobuline (mg/l)	30,12 ± 10,8	30,83 ± 8,3	27,26 ± 13,0	32,15 ± 10,7	0,72
Données du bilan phospho-calcique	Calcémie (mg/l)	89,98 ± 9,93	89,37 ± 9,37	91,95 ± 10,42	88,87 ± 10,1	0,47
	Phosphorémie (mg/l)	64,62 ± 19,05	61,88 ± 16,05	65,12 ± 20,49	66,60 ± 20,7	0,90
	Parathormone (ng/l)	566,79 ± 372,24	627,84 ± 312,87	537,57 ± 392,53	536,51 ± 410,82	0,50
	Vitamine D (ng/ml)	28,32 ± 12,10	27,87 ± 11,94	29,78 ± 12,01	27,51 ± 12,73	0,58
Données du bilan nutritionnel	Albumine (g/l)	40,18 ± 4,65	38,88 ± 2,86	42,06 ± 6,28	39,91 ± 4,13	0,25
	Cholestérol total (g/l)	2,93 ± 1,43	3,43 ± 1,36	3,09 ± 1,43	2,34 ± 1,34	<0,05*
	Triglycérides (g/l)	1,56 ± 1,00	2,08 ± 1,33	1,45 ± 0,80	1,18 ± 0,52	<0,05
	Acide urique (mmol/l)	399,81 ± 98,35	381,9 ± 102,77	398,78 ± 72,84	420,62 ± 115,29	0,51

\* : comparaison entre l'hémodialyse conventionnelle (HDC) et l'hémodialyse à haute performance (HDF et HDx)

---

# DISCUSSION

---

## RAPPEL

### I. Maladie rénale chronique :

#### 1. Définition et classification de la maladie rénale chronique :

La maladie rénale chronique est définie, indépendamment de sa cause, par la présence, pendant plus de 3 mois :

- Albuminurie ou protéinurie ;
- Hématurie : GR > 10/mm<sup>3</sup> ou 10 000/ml (après avoir éliminé une cause urologique) ;
- Leucocyturie : GB > 10/mm<sup>3</sup> ou 10 000/ml (en l'absence d'infection) ;
- Anomalie morphologique à l'échographie rénale : taille et forme des reins, asymétrie de taille, contours bosselés, reins de petite taille ou gros reins polykystiques.

Et/ou d'une IRC (DFG estimé < 60 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>).

Le stade de maladie rénale chronique est défini à partir du DFG estimé et de la présence de marqueurs d'atteinte rénale. Le stade 3 d'insuffisance rénale modérée intègre deux niveaux de sévérité (stade 3A et 3B) (Tableau XI)[12].

**Tableau XI : Classification en stades de la maladie rénale chronique**

Stade	DFGe (ml/min/1,73 m <sup>2</sup> )	Définition
1	>90	Maladie rénale chronique* avec DFG normal ou augmenté
2	Entre 60 et 89	Maladie rénale chronique* avec DFG légèrement diminué
3	Stade 3A : entre 45 et 59 Stade 3B : entre 30 et 44	Insuffisance rénale chronique modérée
4	Entre 15 et 29	Insuffisance rénale chronique sévère
5	<15	Insuffisance rénale chronique terminale

*\* Avec marqueurs d'atteinte rénale : albuminurie, hématurie, leucocyturie, ou anomalies morphologiques ou histologiques, ou marqueurs de dysfonction tubulaire, persistant plus de 3 mois (deux ou trois examens consécutifs).*

## **2. Définition de l'insuffisance rénale chronique :**

L'insuffisance rénale chronique (IRC) est définie par la diminution durable et irréversible du débit de filtration glomérulaire (DFG) qui est le meilleur indicateur du fonctionnement rénal. Elle résulte soit de l'évolution d'une maladie rénale chronique, soit de la non-récupération après une agression rénale aiguë [13].

La vitesse de progression de l'IRC dépend essentiellement : du potentiel évolutif de la maladie initiale et l'efficacité ou non des thérapeutiques à visée étiologique, de la qualité du traitement néphroprotecteur débuté à un stade précoce, des facteurs génétiques et environnementaux.

La classification de la MRC proposée par KDIGO (Kidney Disease Improval Global Outcomes) identifie l'insuffisance rénale chronique terminale (IRT) comme étant le dernier stade de la MRC (stade 5). Elle se caractérise par une diminution permanente et chronique du taux de filtration glomérulaire en dessous de 15 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>, qui persiste pendant plus de trois mois et est toujours due à une maladie rénale, généralement chronique.

### **3. Physiopathologie de la maladie rénale chronique :**

Bien que plusieurs étiologies différentes puissent mener à une MRC, la physiopathologie de la progression vers l'IRT connaît un processus physiopathologique commun (Figure 33).

La MRC associe sur le plan histologique une apparence commune incluant une glomérulosclérose, une artériosclérose et une fibrose interstitielle associée à une atrophie tubulaire. Ainsi, les changements adaptatifs des néphrons après une lésion initiale sont supposés être « mal adaptatifs » entraînant une cicatrice. Puis, en l'absence de capacité à produire de nouveaux néphrons, les néphrons restants s'hypertrophient perpétuant ainsi un cercle vicieux menant à l'IRT. Les principaux mécanismes impliqués sont : les facteurs hémodynamiques (HTA et hypertension glomérulaire), le système rénine-angiotensine aldostérone, des facteurs de croissance tel que le TGF- $\beta$ , la perte de podocytes, la protéinurie, la dyslipidémie et bien sûr des facteurs spécifiques de la maladie de base[6].

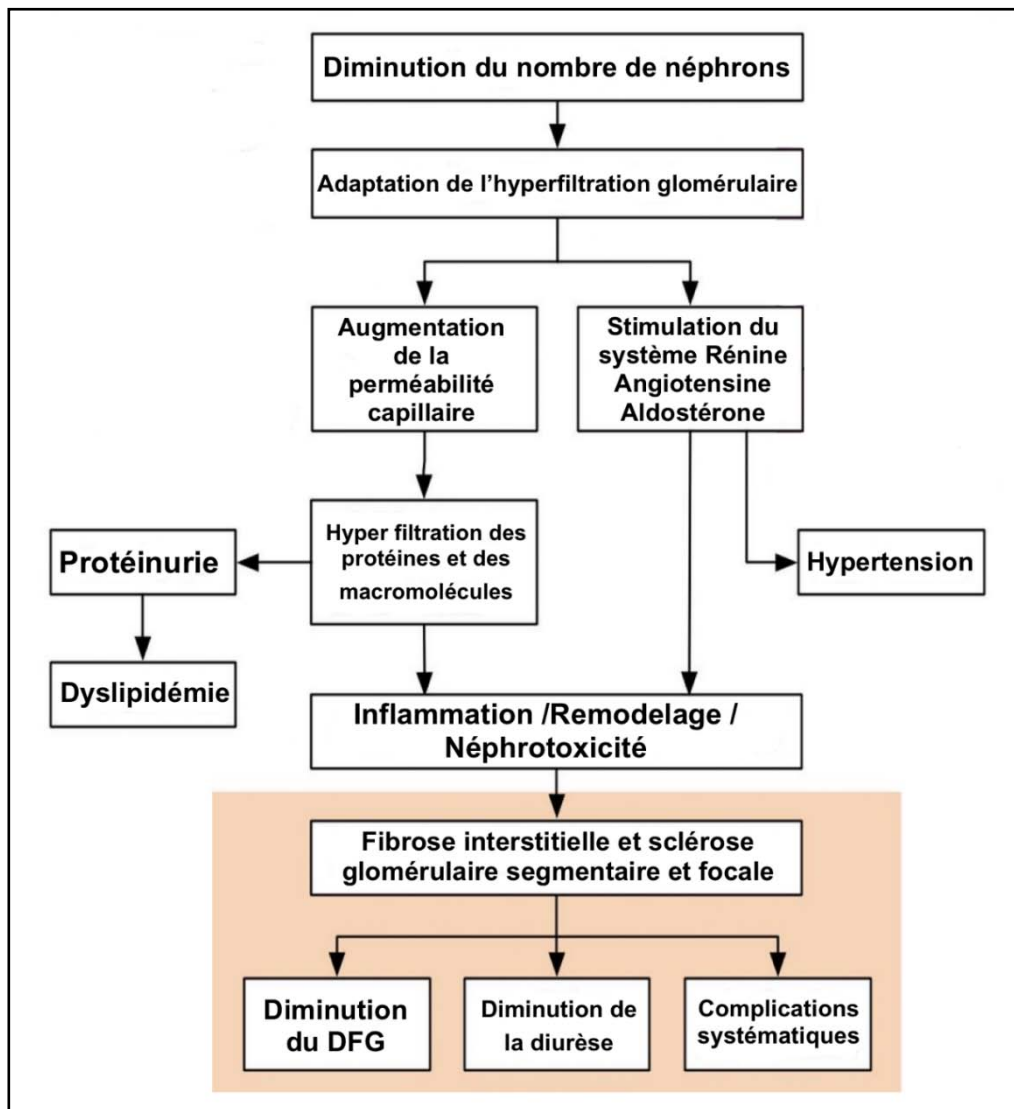


Figure 33 : Schéma montrant la pathogénèse de la maladie rénale chronique

#### **4. Diagnostic de la maladie rénale chronique :**

La démarche diagnostique comprend 6 étapes :

- Affirmer la maladie rénale chronique ;
- Préciser son stade et son rythme évolutif, et éliminer une agression rénale aiguë surajoutée en particulier fonctionnelle ;
- Faire le diagnostic étiologique ;
- Évaluer et prendre en charge les facteurs de progression ;
- Rechercher le retentissement, si le DFG est inférieur à 60 ml/min/1,73 m<sup>2</sup> ;
- Rechercher et prendre en charge les facteurs de risque cardio-vasculaires.

##### **4.1. Affirmer la maladie rénale chronique :**

Pour savoir s'il existe une maladie rénale, il faut, dans tous les cas :

- Connaître la créatininémie, et en cas de stabilité estimer le DFG ;
- Savoir s'il existe une protéinurie (ou une albuminurie) ;
- Savoir s'il existe une anomalie du sédiment urinaire (hématurie ou leucocyturie) ;
- Savoir s'il existe une anomalie morphologique des reins ou des voies excrétrices.

Dans quelques cas très particuliers (certaines tubulopathies), le diagnostic de MRC repose sur l'existence d'anomalies ioniques sanguines.

Le DFG peut être mesuré (mesure de la clairance de traceurs exogènes qui sont filtrés par le glomérule, mais qui ne sont ni réabsorbés, ni métabolisés, ni sécrétés dans le tubule rénal : inuline, EDTA-Cr51, iothalamate ou iohexol), mais il est le plus souvent estimé à partir de quelques paramètres simples que sont la créatinine sérique, l'âge et éventuellement le poids et l'ethnie. On utilise différentes formules pour estimer le DFG :

- La formule de Cockcroft et Gault sur laquelle sont basées les recommandations d'adaptation des posologies des médicaments ;
- La formule MDRD (Modification of Diet in Renal Disease Study) est nettement plus précise, elle donne le DFG directement indexé à la surface corporelle ;
- La formule CKD-EPI, qui est une évolution de MDRD plus juste si le DFG est  $> 60$ .

Le caractère chronique de la maladie rénale est évoqué sur plusieurs critères :

- Des critères anamnestiques : antécédent de maladie rénale, nature de la maladie rénale, antériorité de créatininémie élevée, présence ancienne d'une protéinurie ou d'anomalies du sédiment urinaire (hématurie, leucocyturie) ;
- Des critères morphologiques: diminution de la taille des reins (grand axe  $\leq 10$  cm à l'échographie ou  $\leq 3$  vertèbres sur un cliché d'abdomen sans préparation);
- Des critères biologiques présents en cas d'IRC évoluée :
  - Anémie normochrome normocytaire arégénérative (secondaire au défaut de production d'érythropoïétine par le tissu rénal normal), pouvant être profonde, mais souvent bien tolérée du fait de son caractère chronique,



- Hypocalcémie (par carence en vitamine D active (1-25-dihydroxycholécalférol) par défaut d'hydroxylation rénale en position  $1\alpha$ ).

Mais ces critères peuvent être pris en défaut et ils ne sont pas utilisables en cas d'insuffisance rénale modérée.

**4.2. Préciser le stade de la maladie rénale chronique :**

Il repose sur la mesure ou l'estimation du DFG (tableau XI) qui permet de définir 5 stades de MRC.

L'intérêt de cette classification en stades est qu'à chaque stade correspond une prise en charge spécifique (tableau XII).

**Tableau XII : Prise en charge de la maladie rénale chronique en fonction du stade**

Stade	Conduite à tenir
1 et 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diagnostic étiologique et traitement</li><li>• Ralentissement de la progression de la maladie rénale (détection des facteurs de risque)</li><li>• Éviction des substances néphrotoxiques</li><li>• Prise en charge des facteurs de risque cardio-vasculaires</li><li>• Prise en charge des comorbidités</li></ul>
3A	<ul style="list-style-type: none"><li>• Idem stade 1 et 2</li><li>• Diagnostic, prévention et traitement des complications de la MRC et des maladies associées</li></ul>
3B	<ul style="list-style-type: none"><li>• Idem stade 1, 2 et 3A</li><li>• Diagnostic, prévention et traitement des complications de la MRC et des maladies associées +++</li><li>• Préservation du capital veineux</li><li>• Vaccination contre l'hépatite B</li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>• Idem stade 1, 2 et 3</li><li>• Information et préparation au traitement de suppléance</li></ul>
5	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inscription sur la liste de transplantation rénale lorsqu'elle est possible</li><li>• Traitement de suppléance par dialyse : le patient doit être informé et préparé à la technique choisie. Le début de la dialyse est indiqué en fonction de la symptomatologie clinique et biologique</li></ul>

La vitesse de progression de la maladie rénale est appréciée à partir du DFG estimé.

Le déclin annuel est calculé de la manière suivante : DFG année<sub>n</sub> - DFG année<sub>n+1</sub>, avec les repères suivants (d'après la HAS) :

- Déclin annuel « physiologique » observé après 40 ans :  $\leq 1 \text{ ml/min/1,73 m}^2 / \text{an}$  ;
- Déclin annuel « modéré » :  $> 1 \text{ et } < 5 \text{ ml/min/1,73 m}^2 / \text{an}$  ;
- Déclin annuel « rapide » :  $\geq 5 \text{ ml/min/1,73 m}^2 / \text{an}$ .

### **4.3. Faire le diagnostic étiologique :**

L'étiologie de la maladie rénale chronique est importante à rechercher, elle peut impliquer une prise en charge thérapeutique spécifique (ex. : immunosuppresseurs et stéroïdes dans les néphropathies glomérulaires).

Le diagnostic étiologique est d'autant plus possible que la MRC est moins évoluée. Aux stades évolués d'atrophie rénale (traduisant une fibrose rénale), les lésions touchent toutes les structures, empêchant souvent le diagnostic causal.

Quelques éléments simples permettent une orientation étiologique :

- Anamnèse et examen clinique ;
- Échographie rénale ;
- Protéinurie :
  - Quantifiée sur un recueil d'urine des 24 h  $> 0,5 \text{ g}$
  - Rapport protéine/ créatinine urinaire  $> 500 \text{ mg/g}$  ;
    - Composition : électrophorèse ;
    - Sédiment urinaire.

La démarche doit être la même que celle adoptée pour l'insuffisance rénale aiguë (cause post-rénale, pré-rénale, rénale) ;

1. Rechercher un obstacle.
2. Rechercher un syndrome glomérulaire : maladie générale (diabète, amylose, lupus...) + protéinurie > 1 g/j majoritaire en albumine ± hématurie (Biopsie rénale si possible).
3. Rechercher un syndrome interstitiel : antécédents urologiques et/ou infectieux, protéinurie < 1 g/24 h, leucocyturie, acidose, absence d'HTA.
4. Rechercher une néphropathie vasculaire : contexte athéromateux, HTA, syndrome urinaire pauvre (échodoppler des artères rénales ++).
5. Rechercher une néphropathie héréditaire (polykystose hépatorénale, syndrome d'Alport).

#### **4.4. Évaluer et prendre en charge les facteurs de progression :**

- Facteurs de progression : protéinurie – HTA.
- Cibles : protéinurie < 0,5 g/j et
  - PA < 130/80 mmHg si albuminurie ≥ 30 mg/24 h
  - PA < 140/90 mmHg si albuminurie < 30 mg/24 h.
- Moyens : blocage du SRA par un Inhibiteur de l'enzyme de conversion – associé à régime restreint en sel (< 6 g Na Cl/j) ± diurétiques.
- Surveillance : clinique (PA) et biologique (créatininémie, K, protéinurie).
- Autres moyens :
  - Restriction protidique modérée (0,8 à 1 g/kg/j) ;
  - Contrôle métabolique du diabète : Cibles d'HbA1c

- HbA1c < 6,5 % chez les sujets ayant un diabète récent (moins de 5 ans) non compliqué ;
- HbA1c < 7 % si MRC stade 3, et < 8 % si MRC stade 4 ou 5 ou complications macrovasculaires documentées ;
- Éviter les épisodes de néphrotoxicité (PCI, médicaments néphrotoxiques...).

### **4.5. Rechercher et prendre en charge les facteurs de RCV associés :**

Les patients insuffisants rénaux chroniques sont des patients à très haut risque cardiovasculaire. Ainsi, le risque de mortalité cardio-vasculaire d'un patient atteint de MRC est bien supérieur au risque d'insuffisance rénale terminale. Il est donc fondamental de prendre en charge scrupuleusement l'ensemble des facteurs de risques cardio-vasculaires chez les patients ayant une maladie rénale chronique, notamment l'hypertension artérielle, les dyslipidémies, le diabète, le tabagisme, l'inactivité physique, l'obésité.

### **4.6. Complications de l'insuffisance rénale chronique et prise en charge :**

Les reins ont trois types de fonctions :

- Élimination de toxines, notamment de toxines dérivées du catabolisme azoté ;
- Homéostasie (régulation du bilan hydroélectrolytique et de l'équilibre acide-base) ;
- Fonction endocrine : synthèse de rénine, d'érythropoïétine et de vitamine D active.

D'une manière générale, en dehors d'une rétention d'urée et de créatinine, ces fonctions sont assurées tant que le DFG est supérieur ou égal à 60 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>. Avec la progression de l'IRC, les différentes fonctions s'altèrent et apparaissent :

- Les conséquences cardiovasculaires de l'IRC :
  - HTA volodépendante (fréquente ++).
  - Lésions artérielles accélérées : 50 % des décès liés à infarctus du myocarde ++, Accident vasculaire cérébral, Artériopathie oblitérante des membres inférieurs.

- Atteinte cardiaque : Hypertrophie du ventricule gauche (HTA, anémie), calcifications valvulaires et coronariennes ; cardiopathie urémique (ischémie, toxines urémiques...) ; péricardite urémique.
- Les troubles du métabolisme phospho-calcique et osseux :
  - Hyperparathyroïdie (HPT), précoce.
  - Hypocalcémie, hyperphosphatémie.
  - Acidose métabolique aggravant les lésions osseuses :
    - Maladie osseuse rénale = ostéomalacie (diminution de la formation osseuse due au déficit en vit. D) et ostéite fibreuse (destruction osseuse accélérée secondaire à HPT) ;
- L'acidose métabolique :
  - Conséquences :
    - Catabolisme protéique musculaire excessif ;
    - Aggravation des lésions osseuses,
    - Risque d'hyperkaliémie.
- Les conséquences métaboliques, endocriniennes et nutritionnelles :
  - Dénutrition protéino-énergétique
  - Hyperuricémie : souvent asymptomatique
  - Hyperlipidémie.
  - Modifications des hormones sexuelles.
- Les conséquences hématologiques de l'IRC :
  - Anémie normochrome normocytaire arégénérative :
  - Troubles de l'hémostase primaire.
  - Déficit immunitaire.

- Les troubles hydroélectrolytiques :

Rétention hydrosodée (HTA volodépendante) d'où éviter :

- Apports sodés excessifs (supérieurs à 6 g Na Cl/jour)
- Apports hydriques excessifs source d'hyperhydratation intracellulaire (hypo-natrémie).
- Risque d'hyperkaliémie favorisée par :
  - Acidose métabolique ;
  - Prise de médicaments : IEC, ARA2, AINS, diurétiques épargneurs de K+ ;
  - Des apports excessifs.
- Les troubles digestifs : nausées, vomissements, gastrite et ulcère
- Les troubles neuromusculaires : crampes, troubles du sommeil, polynévrites urémiques, encéphalopathie urémique, encéphalopathie hypertensive.

#### **4.7. Le traitement de suppléance de la fonction rénale :**

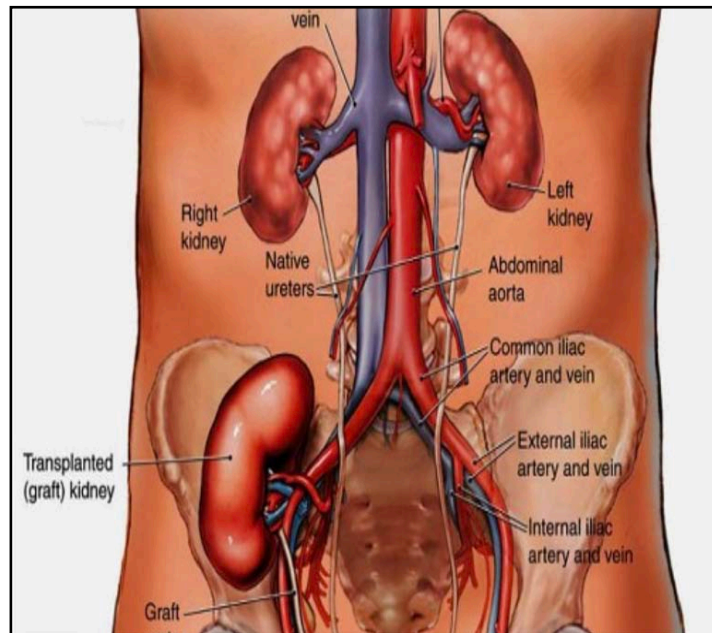
Trois types de traitement permettent d'assurer la suppléance de la fonction rénale.

##### **a. La transplantation rénale : (Figure 34)**

Lorsqu'elle est possible, il s'agit de la meilleure méthode de suppléance de la fonction rénale par rapport à l'hémodialyse et à la dialyse péritonéale du fait :

- D'une meilleure qualité de vie ;
- D'une morbidité cardio-vasculaire moindre ;
- D'une espérance de vie supérieure ;
- D'un coût de traitement inférieur (après la première année).

Dans la plupart des cas où elle est possible, elle peut être envisagée au stade 5, avant qu'un traitement par dialyse ne soit institué.



**Figure 34 : Schéma montrant une greffe rénale**  
**b. L'hémodialyse :**

L'hémodialyse est la technique de dialyse la plus utilisée à travers le monde. Elle permet les durées de survie les plus longues (jusqu'à 20 ans et plus) et peut être réalisée dans différentes structures (centre d'hémodialyse avec présence médicale permanente, unité de dialyse médicalisée avec présence médicale intermittente, unité d'autodialyse assistée ou non par un infirmier sans présence médicale ou encore au domicile par des patients autonomes).

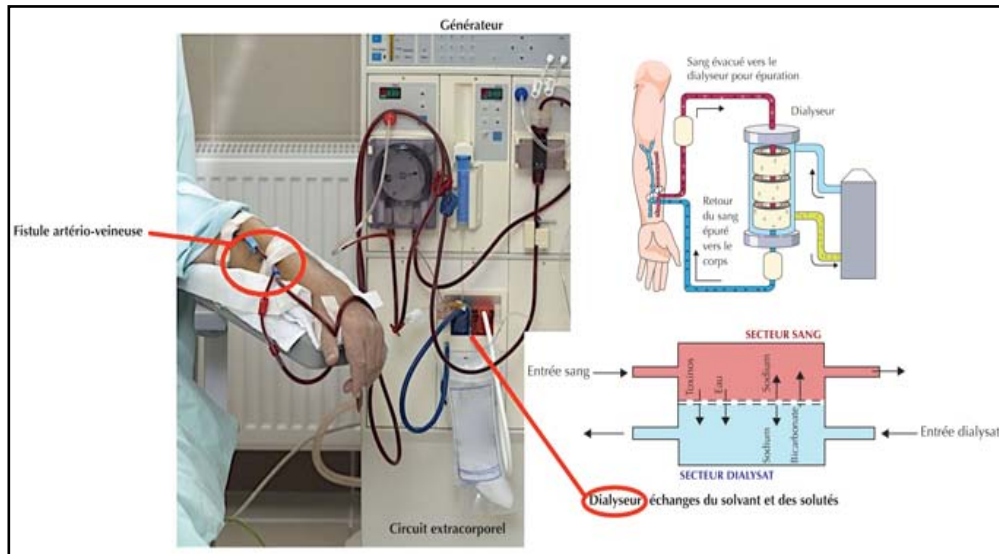
Son principe se base sur deux types d'échanges :

- Des transferts diffusifs selon les gradients de concentration permettent la diffusion des molécules dissoutes, au travers d'une membrane semi-perméable mettant en contact le sang et un bain de dialyse de composition contrôlée ;
- Des transferts convectifs des molécules dissoutes dans le sang sont réalisés par ultrafiltration, résultats de l'application d'une pression hydrostatique positive au travers de la même membrane semi-perméable.



## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

Les séances d'hémodialyse sont réalisées en général 3 fois par semaine, et durent chacune 4 à 6 heures. L'hémodialyse nécessite : une circulation extracorporelle, un générateur d'hémodialyse, un dialyseur (membrane) permettant la réalisation des échanges selon les principes définis ci-dessus, et une installation de traitement de l'eau (Figure 35).



**Figure 35 : Schéma illustrant le processus d'hémodialyse**

La circulation extracorporelle nécessite : un abord vasculaire (fistule artério-veineuse de préférence, anse prothétique artério-veineuse, cathéter tunnalisé ou non (pose en urgence)), une anticoagulation efficace du circuit extracorporel par héparine non fractionnée ou de bas poids moléculaire, et un circuit extracorporel (à usage unique).

Les échanges sont réalisés dans un dialyseur en fibres capillaires, dont le principe est d'offrir une surface d'échange importante (surface d'échange de 1,5 à > 2 m<sup>2</sup>).

Le générateur d'hémodialyse permet : la réalisation et le contrôle de la circulation extracorporelle, la fabrication du bain de dialyse à partir de l'eau osmosée, le contrôle du débit et du volume d'ultrafiltrat soustrait au patient.

L'eau osmosée est obtenue à partir de l'eau de ville, par une chaîne de traitement complexe qui permet d'éliminer les bactéries et toxines, les métaux toxiques (aluminium, plomb, etc.), le calcium et les autres ions.

L'hémodialyse chronique permet, grâce aux séances hebdomadaires: de contrôler les volumes liquidiens en ramenant le patient à un poids idéal théorique – dit « poids sec » – correspondant à un état d'hydratation et une pression artérielle normaux, de soustraire les différentes molécules à élimination urinaire comme l'urée, la créatinine ou d'autres toxines, et de corriger les différentes anomalies électrolytiques induites par l'IRC terminale (hyperkaliémie, acidose métabolique, hypocalcémie, dysnatrémies);

### **c. La dialyse péritonéale :**

La dialyse péritonéale est une technique de dialyse :

- Qui permet le traitement à domicile ;
- Qui est mieux tolérée sur le plan hémodynamique que l'hémodialyse ;
- Qui a des performances d'épuration moindres que l'hémodialyse ;
- Dont la durée d'utilisation chez un patient est limitée à quelques années du fait de l'altération progressive des propriétés du péritoine ;

La membrane péritonéale permet les échanges, selon :

- Des transferts diffusifs selon les gradients de concentration transmembranaires qui permettent la diffusion des molécules dissoutes ;
- L'ultrafiltration réalisée avec des solutions de dialyse péritonéale de forte osmolarité (glucose hypertonique) ou à pression colloïde élevée (polymère de glucose type ami-

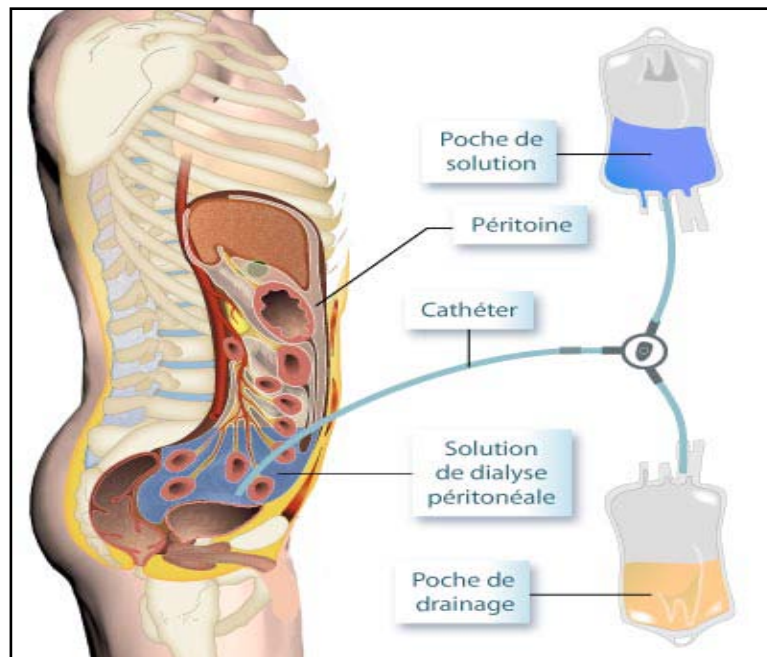
## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

don). Ceci permet d'obtenir une soustraction nette de liquide, nécessaire chez les patients anuriques.

La dialyse péritonéale nécessite : (Figure 36)

- Un cathéter de dialyse péritonéale inséré chirurgicalement, l'extrémité étant dans le cul-de-sac de Douglas, l'autre étant tunnellisée dans un trajet sous cutané latéro-ombilical ;
- Un système de connexion qui permet d'assurer les échanges de façon aseptique ;
- Des poches de dialysat stérile d'un volume d'environ 1,5 à 2,5 litres.



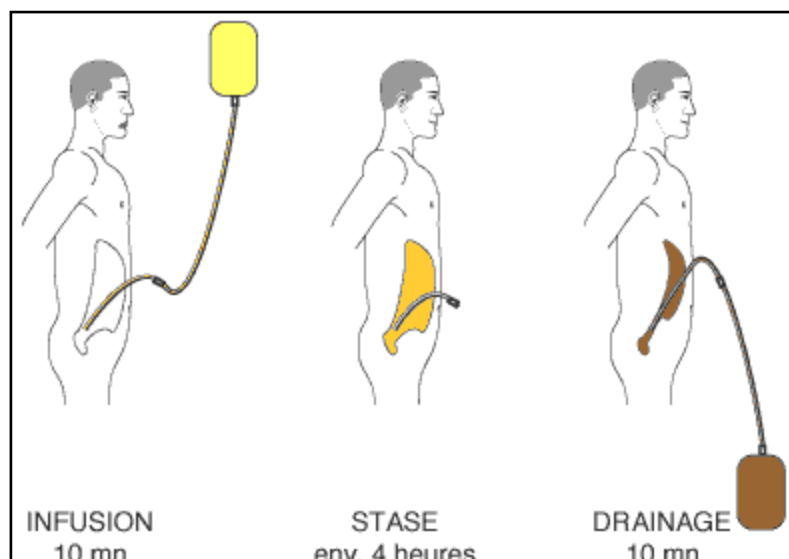
**Figure 36 : Schéma illustrant le processus de dialyse péritonéale**

Les échanges peuvent être réalisés de deux façons :

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

---

- Par une technique manuelle permettant 3 à 5 échanges par jour. Une stase de quelques heures (4 en moyenne) permet les échanges diffusifs. Le liquide est ensuite drainé par simple gravité. Le plus souvent 8 à 10 litres d'échanges quotidiens sont nécessaires (technique dialyse péritonéale continue ambulatoire DPCA) (Figure 37),
- Par une technique automatisée, une machine assurant les échanges la nuit (technique DPA ou dialyse péritonéale automatisée) ;



**Figure 37 : Schéma illustrant le processus de la DPCA**

Le choix entre les deux techniques dépend :

- De la nécessité d'assurer un volume d'échange plus important (patients de fort gabarit),
- De la nécessité de libérer le patient pendant la journée (patients ayant une activité professionnelle).

Comme l'hémodialyse, la dialyse péritonéale permet, grâce aux échanges réalisés quotidiennement :

- De contrôler les volumes liquidiens,
- De soustraire les différentes molécules à élimination urinaire,
- De corriger les différentes anomalies électrolytiques induites par l'IRC terminale.

## **II. Traitement de suppléance : Hémodialyse**

### **1. Dispositifs et liquides utilisés :**

Le système d'hémodialyse comprend deux composants principaux :

Le dialyseur, qui joue le rôle de rein artificiel dans lequel le sang est épuré et le générateur de dialyse, qui assure la circulation du sang à travers le dialyseur et qui contrôle l'ensemble du processus.

#### **1.1 Générateur de dialyse :**

Le générateur de dialyse est la machine qui rend possible la séance de dialyse. Il consiste en un dispositif complexe qui assure différentes fonctions :

- La circulation du sang en extracorporel
- La préparation du liquide de dialyse utilisé pour le traitement
- Le contrôle de la quantité de liquide en excès prélevé au patient
- Le suivi de tous les paramètres nécessaires pour garantir un traitement sûr et précis

Il est composé de deux modules principaux : (Figure 38)

- Le circuit Sang (Figure 39) : assure la circulation extracorporelle du sang
  - Situé sur la façade du générateur
  - Equipé de lignes à usage unique (système de tubulures) : Circuit artériel avant le dialyseur et Circuit veineux après le dialyseur.

- Il doit comporter au minimum : des systèmes de mesures des pressions artérielle et veineuse, une gestion du débit sanguin réel, des clamps automatiques et un système d'alerte de présence d'air dans le sang.
- Le circuit hydraulique (Figure 40) :
  - Situé à l'intérieur du générateur
  - Dédié à la préparation et la gestion du liquide de dialyse ou 'dialysat' :
    - Avant le dialyseur : Chauffage et dégazage de l'eau d'alimentation, mélange avec des concentrés (acide liquide contenant les électrolytes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{k}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , et bicarbonate contenant le bicarbonate de sodium en poudre), mesure de la conductivité et contrôle du débit du liquide de dialyse.
    - Après le dialyseur : Contrôle du débit (l'écart du débit mesuré à l'entrée et la sortie du dialyseur définit le débit d'ultrafiltration : système dit maitriseur d'ultrafiltration), contrôle de l'absence de sang (toute fuite de sang après le dialyseur déclenche une alarme).

Lorsque le générateur détecte une anomalie dans le circuit, il passe le dialysat en mode dérivation pour éviter qu'il n'atteigne le dialyseur.

Le générateur permet également le monitoring de différents paramètres : la pression artérielle du patient, la mesure de sa volémie plasmatique, la mesure de la qualité du traitement (Dose de dialyse  $\text{KT/V}$ ) et enregistre les séances de dialyse sur un système d'information[14].

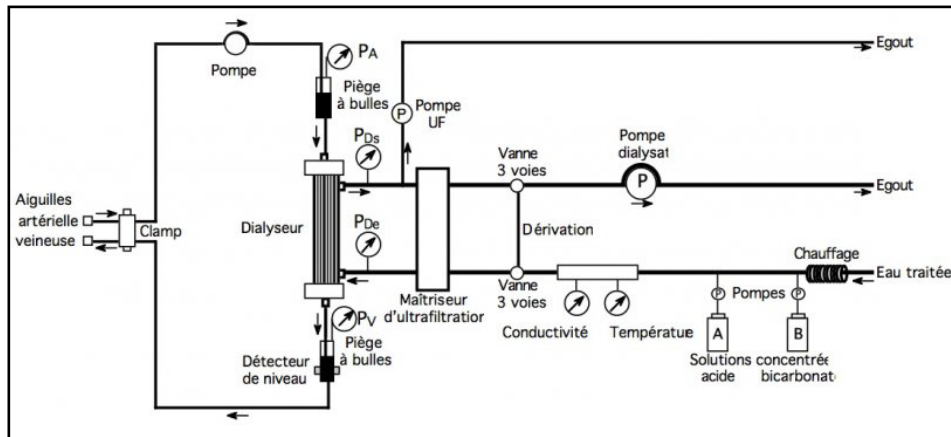


Figure 38 : Schéma illustrant un générateur de bain de dialyse

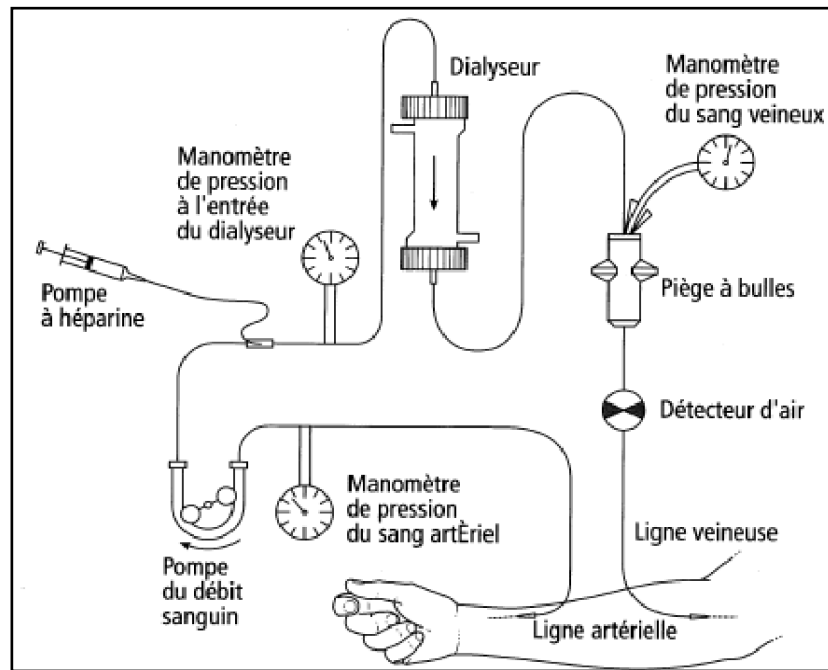
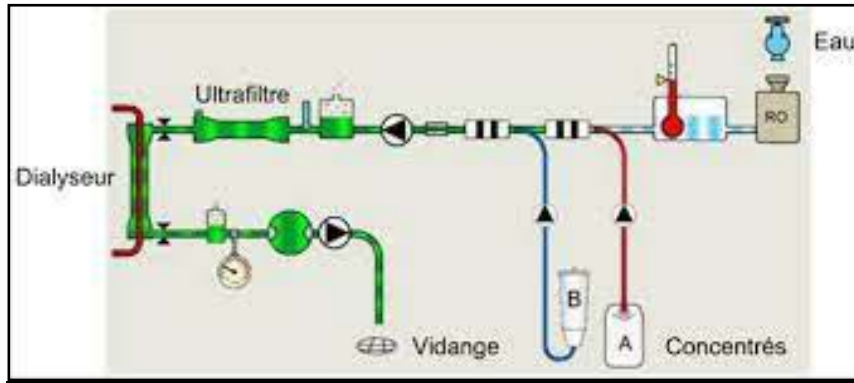


Figure 39 : Schéma illustrant le circuit sanguin extracorporel



**Figure 40 : Schéma illustrant le circuit hydraulique du générateur**

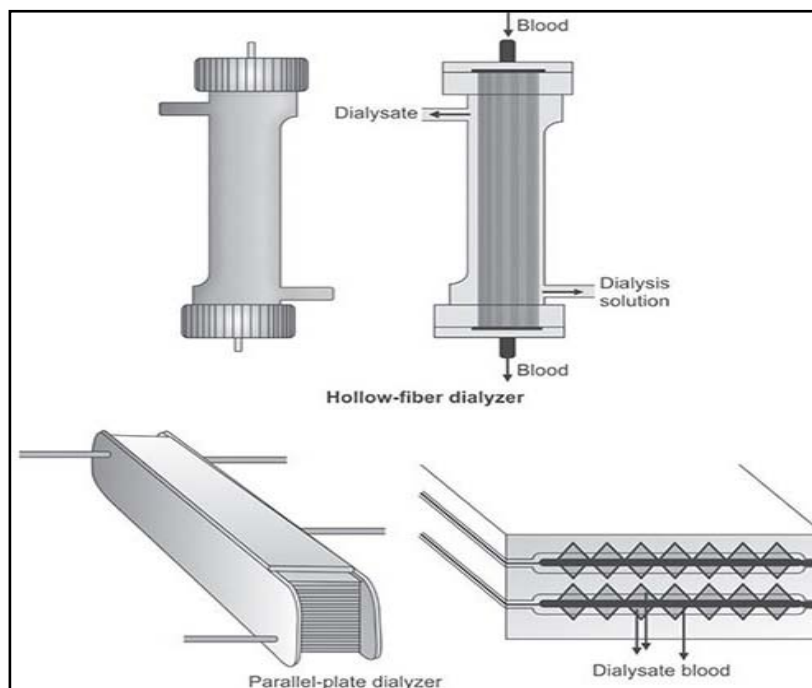
### 1.2 Hémodialyseur :

L'hémodialyseur est le module d'échange qui se trouve à l'interface du patient et de l'appareillage d'hémodialyse. C'est lui qui permet les échanges de solutés entre le « milieu intérieur » et le « milieu extérieur » grâce au dialysat, vecteur des solutés [15].

Il en existe deux types principaux (Figure 41) :

- Les dialyseurs à fibres creuses : constitués par la juxtaposition de 10 à 15000 capillaires, avec un diamètre interne de 200 à 300  $\mu\text{m}$  et une épaisseur membranaire de 10 à 40  $\mu\text{m}$ .
- Les dialyseurs en plaques : composés d'un nombre variable de compartiments parallèles, rectangulaires, séparés par des structures de soutien rigides sur lesquelles repose la membrane[16].



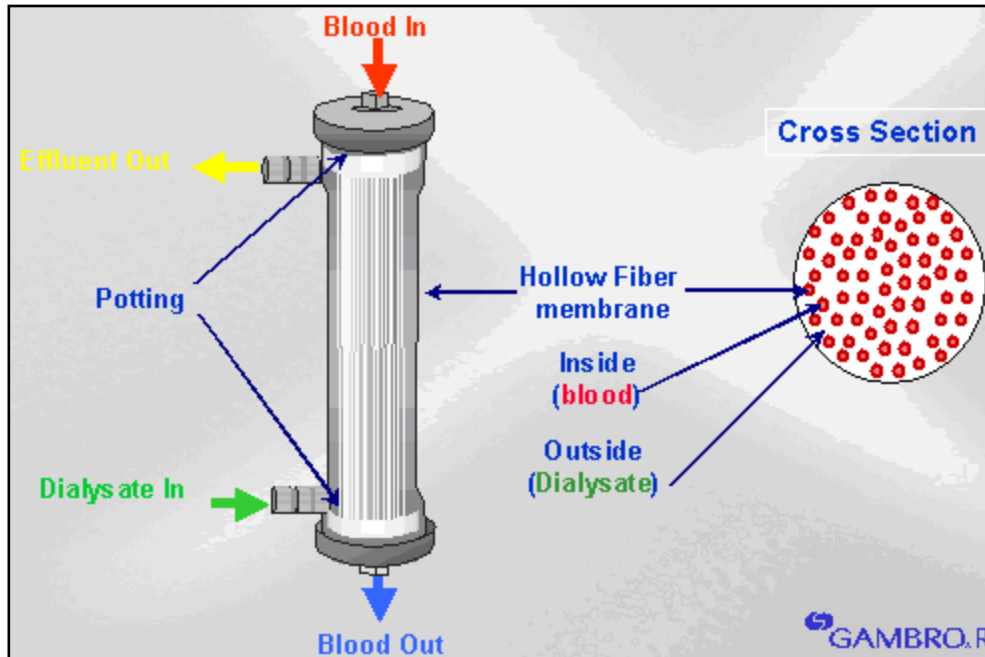


**Figure 41 : Schéma montrant les types principaux de dialyseurs**

Les dialyseurs en plaques étant pratiquement abandonnés, les hémodialyseurs capillaires représentent à l'heure actuelle le meilleur compromis alliant compacité (de 25 à 35 cm de long sur 8 à 10 cm de diamètre), large surface d'échange et résistance circulatoire optimisée. L'application de la nanotechnologie à la production des dialyseurs a permis récemment d'en miniaturiser la taille et d'en réduire les composants. Les dialyseurs sont livrés prêts à l'emploi et pré-stérilisés par l'oxyde d'éthylène, les rayons gamma ou la vapeur, et sont conçus pour un usage unique.

Le module est généralement cylindrique et comporte une coque rigide (polyuréthane habituellement), deux extrémités coniques (tête artérielle et tête veineuse) sur lesquelles s'attachent les lignes sanguines et contient un faisceau de fibres creuses permettant la circulation sanguine. Le faisceau de capillaires baigne dans le dialysat qui circule et perfuse à contre-courant le dialyseur.

Sur la coque externe du dialyseur se trouvent deux connecteurs qui permettent son arrimage aux lignes de dialysat du générateur et permettent ainsi la circulation du dialysat (Figure 42).



**Figure 42 : Schéma montrant la structure d'un dialyseur à fibres creuses**

Un hémodialyseur se caractérise par la nature et la perméabilité (basse, moyenne ou haute) de sa membrane, par sa surface d'échange, par sa géométrie interne (résistance circulatoire) et externe (turbulence du compartiment dialysat) et par son hémoréactivité (thrombogénicité, hémocompatibilité)[15].

### 1.3 Dialysat :

Il s'agit du liquide qui sort du dialyseur après épuration du sang. Sa production passe par différentes étapes (Figure 43) :

- Pré-traitement de l'eau de ville (eau contenant <300 unités formant colonies CFU de bactéries aérobies mésophiles par ml et 0 CFU/ml d'Escherichia Coli ou Entérocoques), et ce en moyennant des filtres destinés à la rétention des particules, un adoucisseur pour soustraire le calcium et le magnésium et un filtre à charbon activé pour adsorber le chlore et les substances organiques.
- Traitement de cette eau potable du réseau public prétraitée, par un système d'osmose inverse assurant la désionisation, pratiquement totale, afin de former l'eau de dialyse.
- Ajout des concentrés (tampons acide et bicarbonate) à l'eau de dialyse (au sein de la machine de dialyse), pour obtenir le mélange qui pénètre dans le dialyseur, c'est le liquide de dialyse (la littérature francophone ne fait toujours pas la distinction entre le liquide de dialyse et le dialysat).

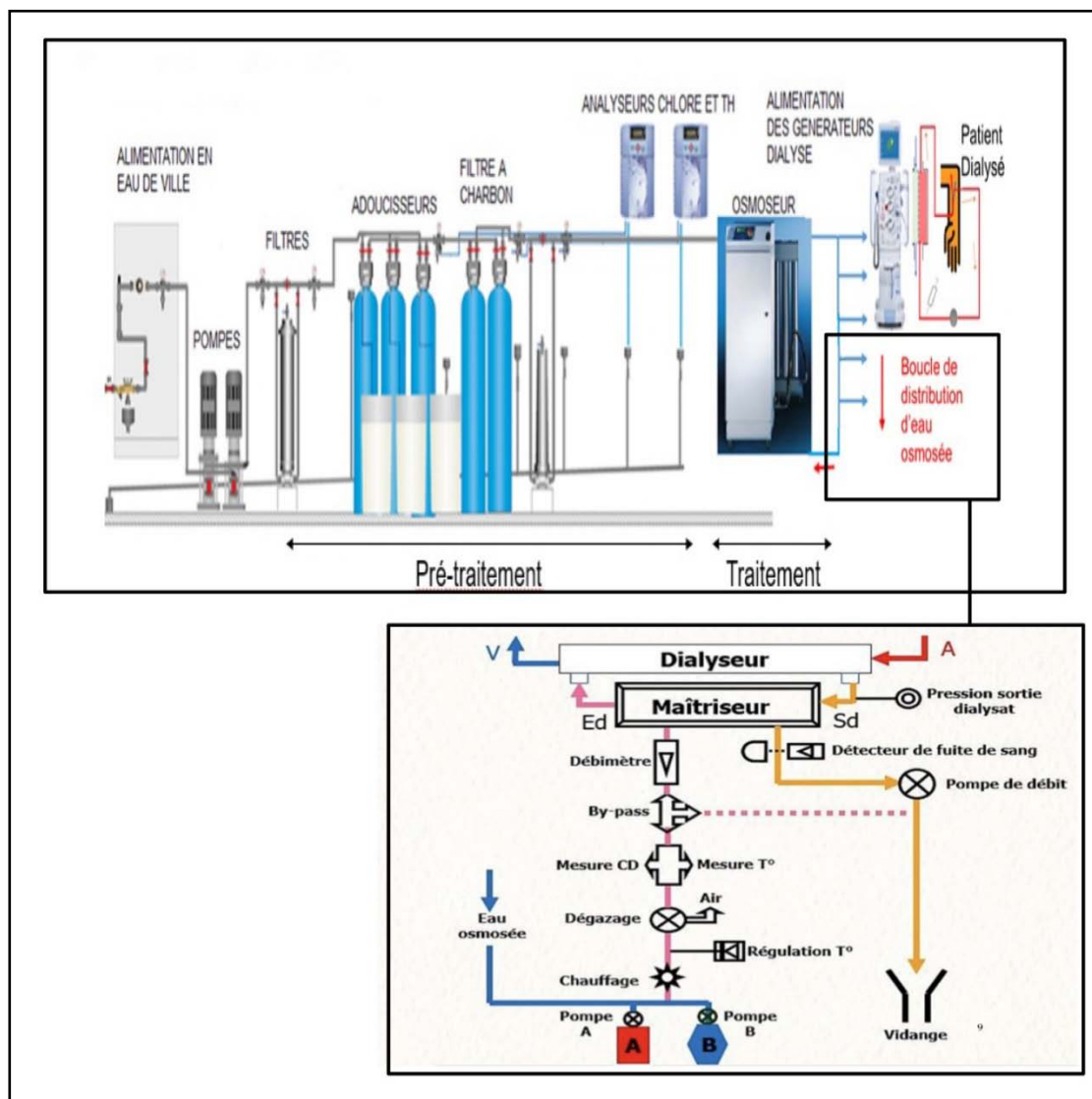


Figure 43 : Schéma illustrant les différentes étapes de production du dialysat

#### 1.4 Liquide de substitution :

Liquide administré dans la circulation du patient pour la substitution des pertes volémiques et électrolytiques dues à certaines techniques d'épuration. Il peut correspondre à des solutions stériles disponibles sur le marché ou être produit en ligne à partir du liquide de dialyse[17].

## 2. Principes physico-chimiques de l'hémodialyse :

L'hémodialyse périodique a pour but l'élimination des produits de déchet et le maintien de l'équilibre hydroélectrolytique de l'organisme. Cela se fait en échangeant des solutés et de l'eau, entre le sang du patient et une solution de dialyse ayant une composition similaire à celle du liquide extracellulaire normal, à travers une membrane semi-perméable.

Cette membrane autorise le passage de l'eau, des électrolytes et des solutés de poids moléculaire inférieur à celui de l'albumine (69 000 daltons), mais pas des protéines et des éléments figurés du sang (globules rouges, globules blancs et plaquettes).

Le transfert des solutés et du solvant à travers la membrane d'hémodialyse se produit par deux mécanismes fondamentaux : la diffusion (ou conduction) et la convection (ou ultrafiltration), auxquels s'ajoute un transfert par adsorption. (Figure 44).

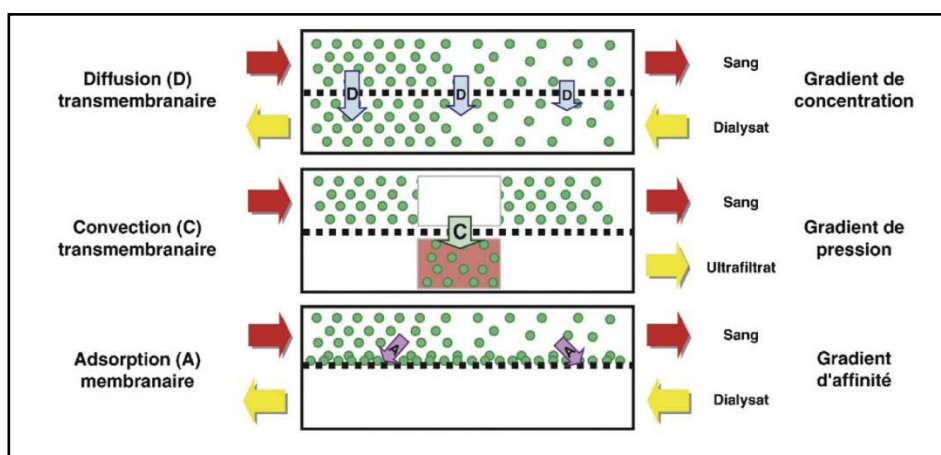


Figure 44 : Schéma illustrant les principes de transfert de solutés en hémodialyse[18]

### **2.1. La diffusion :**

Le transfert par diffusion est un transport passif de solutés du sang vers le dialysat à travers la membrane de dialyse, sans passage de solvant. Le transfert inverse, du dialysat vers le sang, est désigné sous le terme de rétrodiffusion.

Le débit du transfert diffusif dépend de 3 facteurs : le coefficient de diffusion du soluté dans le sang, la membrane de dialyse et le dialysat.

### **2.2. La convection :**

Le transfert par convection est un transfert simultané du solvant et d'une fraction des solutés qu'il contient, sous l'effet d'une différence de pression hydrostatique. Il peut s'opérer soit du compartiment sanguin vers le dialysat, soit du dialysat vers le sang (rétrofiltration). Le transfert des solutés par convection dépend de 3 facteurs : le coefficient de tamisage (ou transmittance) de la membrane, la concentration moyenne du plasma en soluté et le débit de filtration du solvant.

Le coefficient de tamisage est défini comme le rapport de la concentration du soluté dans le filtrat à sa concentration dans le plasma. Il est d'autant plus élevé que le poids moléculaire du soluté est plus faible.

### **2.3. Adsorption :**

Les protéines telles que l'albumine, la fibrine, la  $\beta_2$ -microglobuline, les fragments de complément activés et certaines cytokines telles que l'IL-1 et le TNF- $\alpha$  peuvent, dans une certaine mesure, être adsorbées sur la membrane de dialyse. Il en est de même pour des substances fortement liées aux protéines telles que l'homocystéine. Ce mécanisme contribue, en partie, à leur extraction du sang.

L'adsorption des protéines est une propriété exclusive des membranes hydrophobes[16].

### 3. Toxines urémiques :

Malgré un traitement régulier par dialyse, l'élimination incomplète des composés organiques des déchets entraîne l'accumulation de toxines urémiques, qui jouent un rôle crucial dans la progression de la maladie rénale chronique et des maladies cardiovasculaires.

À ce jour, plus de 100 toxines urémiques ont été identifiées et classées par le Groupe de travail européen sur les toxines urémiques (EUTox).

Ce dernier a récemment proposé une nouvelle mise à jour de la liste des toxines urémiques et les a classées en trois groupes de substances (Figure45) :

- Des substances hydrosolubles de petit poids moléculaire (inférieur à 500 daltons [Da]) ;
- Des substances de poids moléculaire moyen (moyennes molécules, supérieures à 500 Da) ;
- Des substances liées aux protéines[19].



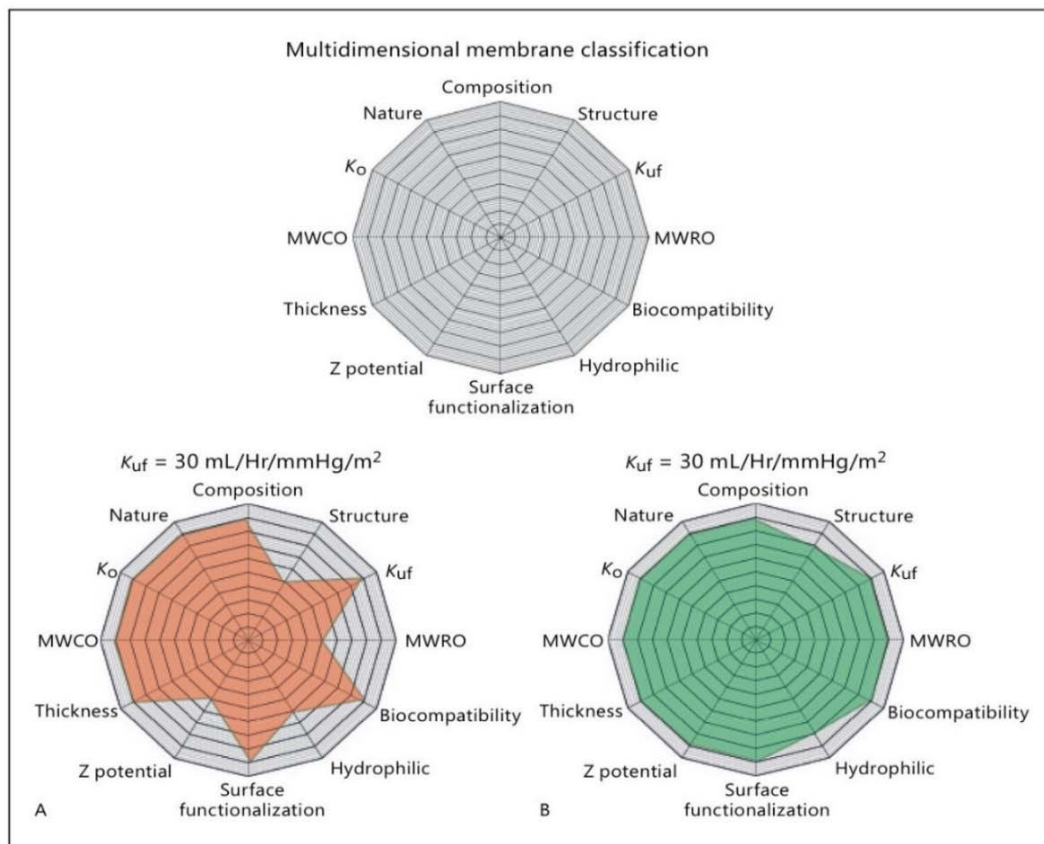
Figure 45: Classification des toxines urémiques selon l'EUTox

Les substances hydrosolubles de petit poids moléculaire (urée, créatinine...) utilisées comme marqueurs classiques de l'urémie se caractérisent par une toxicité réduite et une cinétique dans l'organisme relativement simple. Les substances de plus haut poids moléculaire circulent sous forme libre ou liées aux protéines et se caractérisent volontiers par leur toxicité directe (inflammation, manifestations cardiovasculaires, ostéoarticulaires ou nutritionnelles) et par des cinétiques dans l'organisme particulièrement complexes[20].

#### **4. Membranes de l'hémodialyse :**

Initialement basée sur la composition chimique, la classification des membranes d'hémodialyse intégra, par la suite, la perméabilité hydraulique. Cette classification a évolué au fil du temps, avec l'introduction du terme MWRO, prenant ainsi en compte le coefficient de tamisage de la bêta-2- microglobuline et de l'albumine. De ce fait, il paraît évident qu'une classification uniforme des membranes de dialyse est difficile à établir et peut se faire selon plusieurs paramètres. Comme illustré par les graphiques en radar (Figure46), une membrane, quoique appartenant à une catégorie classique, possède un profil spécifique.





**Figure 46 : Graphique Radar avec tous les paramètres utilisés pour classer les membranes de dialyse**

#### 4.1. Composition chimique :

Auparavant, la classification des membranes de dialyse se faisait en cellulosiques et non-cellulosiques. Actuellement, on distingue les membranes cellulosiques à base de cuprammonium (également connues sous le nom de cuprophan), les membranes cellulosiques modifiées à base d'acétate ou triacétate de cellulose et les membranes synthétiques qui proviennent du Polysulfone, du polyéthersulfone (PES), du polyaryléthersulfone (PAES) ou du polyméthylméthacrylate (PMMA). La composition chimique de la membrane affecte sa structure anatomique, sa fonctionnalité, sa biocompatibilité et sa performance dans les différentes modalités de dialyse.

Les membranes cellulósiques modifiées semblent avoir une biocompatibilité améliorée et une meilleure perméabilité hydraulique par rapport aux membranes cuprophan d'origine. Les membranes synthétiques démontrent une excellente biocompatibilité, une meilleure perméabilité hydraulique et des caractéristiques de tamisage améliorées avec un spectre plus large de solutés comparées aux membranes cellulósiques.

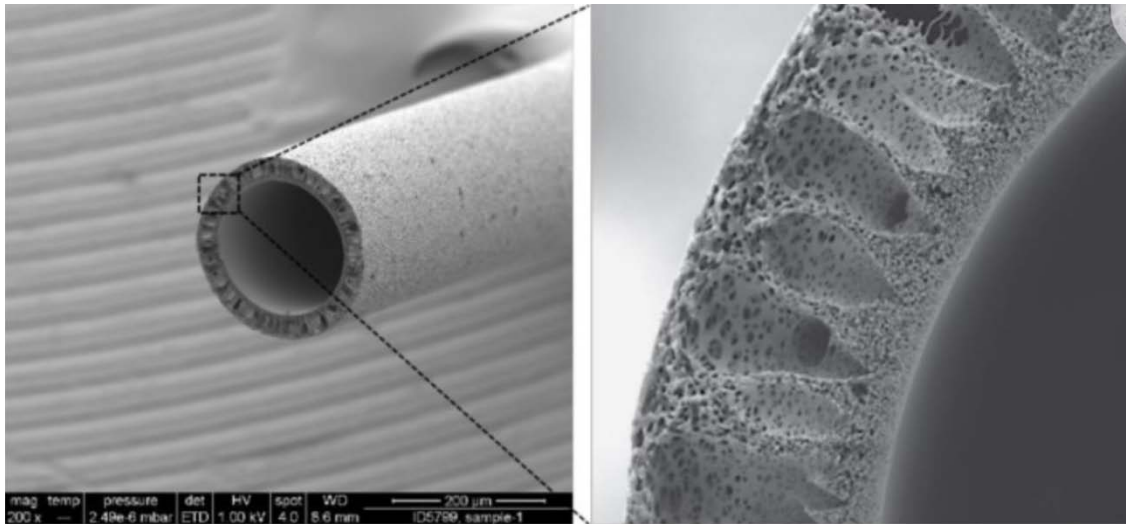
### **4.2. Caractéristiques physico-chimiques :**

Les membranes cellulósiques sont d'origine naturelle, tandis que les membranes synthétiques sont produites à partir d'une combinaison de solvant, de non-solvant et de polymère. Les membranes cellulósiques sont hautement hydrophiles et, lorsqu'elles sont en contact avec le sang et le dialysat, forment un hydrogel uniforme. En revanche, les membranes synthétiques ont souvent une composante fortement hydrophobe et leur structure dépend de la vitesse à laquelle le polymère précipite en présence d'une solution non-solvante. Lorsqu'elles sont fabriquées sous forme de fibres creuses, leur structure se compose de deux parties : une couche interne finement poreuse qui agit comme la véritable barrière de séparation des solutés, et une structure de support externe dont la densité de polymère diminue progressivement de l'intérieur (côté lumière) vers l'extérieur.

### **4.3. L'épaisseur de la membrane :**

En hémodialyse, la diffusion est le principal mécanisme de transfert de soluté. Il est influencé par plusieurs variables telles que le gradient de concentration, le coefficient de diffusion des solutés, la surface de la membrane et son épaisseur. Bien que la résistance au transport des petites molécules puisse être importante dans le compartiment sanguin et le compartiment de dialysat, la principale barrière au transport des solutés est inhérente à la membrane.

Un avantage particulier des membranes cellulósiques est leur structure à parois minces, avec une épaisseur de membrane généralement comprise entre 5 et 15  $\mu\text{m}$ . En revanche, les versions originales de membranes synthétiques n'étaient pas adaptées au transfert diffusif, car l'épaisseur de leur paroi était comprise entre 70 et 100  $\mu\text{m}$  en raison de la contribution de la couche de support. Les membranes synthétiques modernes ont été améliorées réduisant leur épaisseur à 30  $\mu\text{m}$  ou moins, et l'épaisseur de la couche de peau interne a été réduite à 1 à 2  $\mu\text{m}$ . Cette réduction de l'épaisseur de la membrane a contribué à la réduction de la résistance liée au transport et a permis l'utilisation de modalités de diffusion/convection combinées, telles que la dialyse à haut flux et l'hémodiafiltration. La figure47 montre la structure asymétrique à trois couches des membranes MCO, qui possèdent un rayon de pore effectif de 3,0 à 3,5 nm après contact avec le sang. Cette caractéristique leur permet de retirer une gamme étendue de toxines urémiques, jusqu'à une masse moléculaire de 45 kDa.



**Figure47 : images au microscope électronique avec la fibre de la membrane MCO (à gauche) et la paroi de la fibre (à droite)**

**4.4. Charges électriques, potentiel Z :**

Le processus de polymérisation et la composition chimique, ainsi que le mélange de polymères, peuvent contribuer à un potentiel Z spécifique de la membrane. Le potentiel Z est un terme scientifique pour le potentiel électrocinétique dans les dispersions colloïdales. L'ampleur du potentiel Z indique le degré de répulsion électrostatique entre la membrane et les particules de dispersion de même charge (ou l'attraction de charges opposées).

Cette propriété peut potentiellement influencer les interactions avec divers motifs moléculaires présents dans le sang qui circule à travers la fibre creuse. Cela peut faciliter ou entraver la capacité d'adsorption de substances spécifiques. En conséquence, l'électronégativité de la surface de la membrane peut jouer un rôle dans la biocompatibilité de celle-ci.

**4.5. Biocompatibilité :**

La circulation du sang au contact d'une surface artificielle, telle qu'une membrane de dialyse, peut engendrer une série de réactions complexes regroupées sous le terme de bio-incompatibilité. Afin de pallier à ces effets indésirables, des recherches ont été menées pour concevoir des surfaces artificielles moins susceptibles d'en provoquer. La biocompatibilité des membranes de dialyse peut être évaluée selon différents critères, l'activation du complément (dosage des concentrations des anaphylatoxines C3a et C5a) est celui faisant l'objet de la plupart des études à ce jour.

**4.6. Modification de surface et fonctionnalisation :**

La composante la plus cruciale d'une membrane en est la couche interne mise au contact du sang. Les propriétés de cette surface constituent le principal facteur déterminant pour la performance de la membrane en minimisant les phénomènes de surface indésirables, tels que l'activation de la cascade de coagulation (entraînant la formation de caillots) et le dépôt de protéines (entraînant le colmatage). Dans ce sens, des progrès significatifs ont été réalisés, sur plusieurs années, pour réduire la rugosité de surface des membranes afin d'améliorer l'hémocompatibilité globale.

Plus récemment, de nouveaux processus biochimiques et physiques ont permis de modifier la surface interne des fibres creuses, conduisant à une meilleure perméabilité, une biocompatibilité accrue et des propriétés anti-colmatage. Près de 60% des membranes commerciales ont désormais subi une forme de modification de surface exclusive, obtenue par oxydation chimique, traitement au plasma, réactions organiques, pervaporation, copolymérisation, mélange de polymères, inclusion de macromolécules ou revêtement de la surface interne ou encore par des procédures physiques telles que l'irradiation ultraviolette ou par faisceau ionique. L'une des innovations les plus intéressantes du passé récent a été la fonctionnalisation de la surface interne avec de l'héparine pour réduire les besoins en anticoagulants, et la fonctionnalisation par liaison covalente de la vitamine E pour réduire le stress oxydatif. Autant d'avancées prometteuses pour l'optimisation de la biocompatibilité et de la performance des membranes utilisées.

**4.7. Conductance hydraulique (coefficient d'ultrafiltration :  $K_{uf}$ )**

L'ultrafiltration se produit en réponse à un gradient de pression transmembranaire (TMP) qui représente le produit de la somme algébrique des forces hydraulique(P) et oncotique ( $\pi$ ) opposées ( $TMP = [P_b - P_d] - [\pi_b - \pi_d]$ ).

Le coefficient de perméabilité hydraulique d'une membrane (Kuf : mL/h/mm Hg/m<sup>2</sup>) est calculé en divisant le taux d'ultrafiltration Qf (mL/h) par la pression transmembranaire TMP (mmHg). Pendant de nombreuses années, le cuprophan était le seul matériau de membrane disponible, avec un Kuf compris entre 5 à 8 mL/h/mm Hg/m<sup>2</sup>, ce qui correspondait à des membranes à "faible flux" puisque limité par la perméabilité à l'eau. Des membranes synthétiques ont ensuite été développées avec des Kuf normalisés allant jusqu'à 30 mL/h/mm Hg/m<sup>2</sup> et ont été classées comme des « membranes à haut flux ».

#### **4.8. Coefficient de Diffusion (Ko) :**

Le coefficient de diffusion est utilisé pour décrire la capacité de transport diffusif d'une membrane dans des conditions idéales de débit sanguin et de dialysat (flux illimités). Les déterminants de Ko comprennent la taille moléculaire, les charges électriques, l'interaction avec l'eau et la présence d'autres mécanismes de déplacement. Étant donné que les propriétés diffusives sont étudiées de manière empirique dans les dialyseurs existants, les caractéristiques finales d'une membrane doivent être indexées en fonction de la surface, ce qui conduit à la définition d'un paramètre appelé KoA (produit du coefficient de transfert de masse  $\times$  surface), qui dépend de la densité des pores, de la distribution des tailles de pores et de l'épaisseur de la membrane.

#### **4.9. Paramètres d'élimination convectif de soluté : coefficient de tamisage, seuil de coupure de poids moléculaire (MWCO) et début de rétention du poids moléculaire (MWRO) :**

L'une des méthodes les plus couramment utilisées pour caractériser les membranes de dialyse est la courbe de coefficient de tamisage pour les solutés de différents poids

moléculaires. La valeur du coefficient de tamisage pour une combinaison particulière de soluté/membrane correspond au quotient la concentration du soluté dans l'ultrafiltrat par sa concentration dans l'eau plasmatique en l'absence de gradient de diffusion.

La courbe de tamisage dépend principalement de la distribution de la taille des pores et est déterminée de manière empirique lors d'expériences d'ultrafiltration isolées. En hémodialyse, l'intérêt principal se porte sur le spectre de poids moléculaire entre les petites molécules (comme l'urée) et l'albumine.

La distribution de la taille des pores influence la valeur du seuil de coupure de poids moléculaire de la membrane (c'est-à-dire le poids moléculaire du soluté auquel la valeur du coefficient de tamisage est de 0,1 ; [Molecular Weight Cut-off]). Cependant, le MWCO est insuffisant pour caractériser pleinement les propriétés de tamisage de la membrane et l'ensemble du spectre de perméabilité des solutés. Le début de rétention du poids moléculaire (Molecular Weight Retention Onset) devrait également être décrit (le poids moléculaire/rayon auquel la valeur du coefficient de tamisage est de 0,9). Cette valeur est importante car elle reflète la capacité de la membrane à retenir des solutés plus gros. Ainsi, la combinaison entre le MWCO et le MWRO peut aider à caractériser une membrane en termes de perméabilité. Dans la Figure, nous présentons le graphique radar innovant proposé pour caractériser les membranes de dialyse d'un point de vue multidimensionnel. Dans le panneau inférieur, deux membranes avec des coefficients d'ultrafiltration similaires mais des caractéristiques différentes sont présentées dans les graphiques[21].

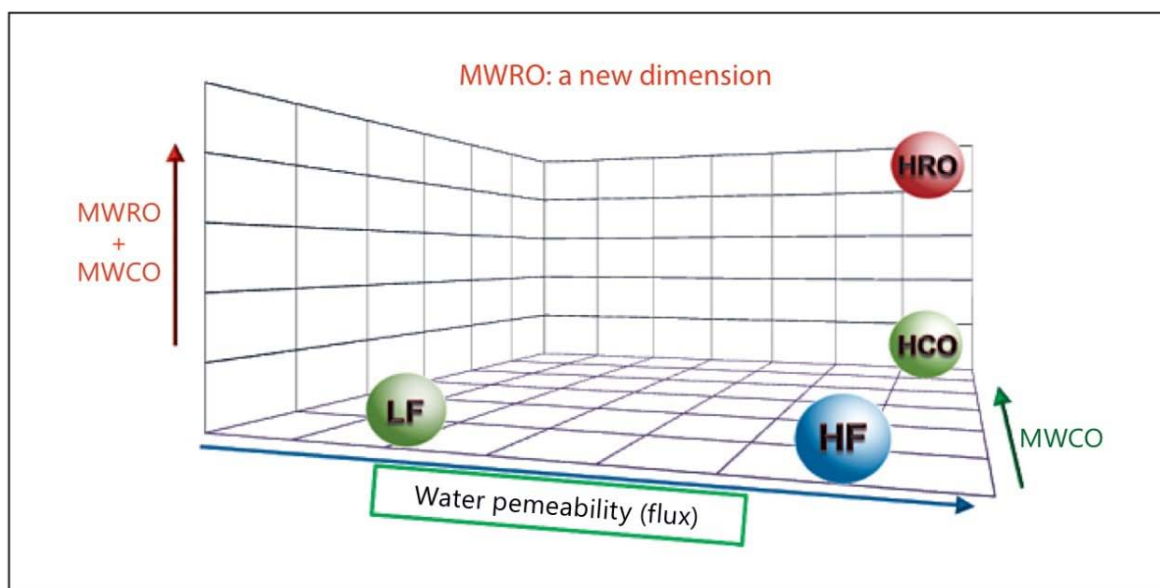
Récemment, des membranes avec une distribution de taille de pore étroite entraînant une courbe de tamisage raide ont été produites. Le résultat est un intervalle de poids moléculaire relativement étroit entre le début de la rétention et la coupure, cette dernière se produisant près du poids moléculaire de l'albumine. L'effet attendu de ces membranes à début de rétention élevé est une meilleure élimination des molécules de rétention de

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

l'urémie dans la plage de poids moléculaire moyen à élevé avec des pertes d'albumine cliniquement acceptables.

La disponibilité de cette nouvelle classe de membranes permet de réaliser une nouvelle thérapie appelée "Expanded hemodialysis" (HDx), dont l'installation et l'utilisation simples offrent la possibilité de l'employer même chez des patients avec un accès vasculaire suboptimal. Elle ne nécessite ni matériel particulier ni compétences spécifiques en soins infirmiers.

Nous décrivons de manière schématique l'évolution du développement des membranes en fonction de paramètres spécifiques sur la figure 48 : la perméabilité hydraulique (en augmentant ce paramètre, nous passons des membranes à faible flux LF aux membranes à haut flux HF), le seuil de coupure (MWCO) et le début de rétention de la membrane (MWRO) [22].



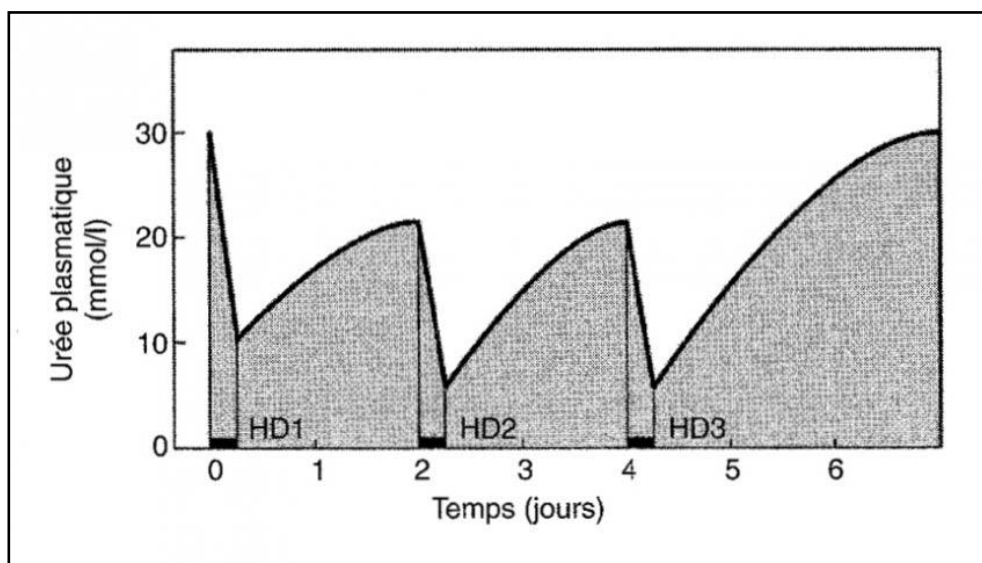
**Figure 48: Graphique en 3 dimensions avec les 3 principaux paramètres de la performance de la membrane**



## 5. Quantification de la dialyse :

En 1973, la communauté internationale des néphrologues a établi un consensus selon lequel la dialyse devrait être effectuée trois fois par semaine, avec une durée minimale de 12 heures par semaine. En 1981, la première étude multicentrique randomisée en néphrologie, connue sous le nom de l'étude coopérative nationale sur la dialyse (NCDS), a été publiée et a permis pour la première fois de quantifier l'épuration de l'urée et de prescrire la durée de la dialyse, en introduisant ainsi l'indice  $KT/V$ [23].

L'hémodialyse périodique est caractérisée par un fonctionnement discontinu avec chute rapide de la concentration sanguine de l'urée au cours de la séance de dialyse, suivie d'une remontée progressive jusqu'à la dialyse suivante (Figure 49). Elle procure ainsi une clairance moyenne de l'urée voisine de 15 ml/min, soit au mieux le quart de la clairance assurée par les reins normaux[16].



**Figure 49 : Courbe de l'évolution du taux de l'urée sanguine chez un patient traité à raison de 3 hémodialyses par semaine**

L'index  $Kt/V$  a été conçu pour quantifier la soustraction de l'urée au cours de l'hémodialyse, exprimée par le rapport du volume épuré à celui de l'eau totale corporelle. La concentration de l'urée à la fin d'une séance ( $C_t$ ) est liée à sa concentration au début de la même séance ( $C_0$ ) par la relation suivante :  $C_t = C_0 \cdot e^{-Kt/V}$  où  $K$  est la clairance de l'urée du dialyseur,  $t$  la durée effective de la séance d'hémodialyse et  $V$  le volume de diffusion de l'urée, qui n'est autre que le volume de l'eau totale du patient[16].

Depuis, la prescription de la dose de dialyse est devenue un impératif du programme de dialyse, plusieurs études observationnelles au cours des dernières décennies ont permis de définir un  $KT/V$  monocompartmentale ( $KT/V_{sp}$  –single pool–, ne prenant en compte, pour la clairance, que l'épuration du secteur plasmatique) de 1,4 comme dose minimale à atteindre. En outre, toutes les sociétés savantes, ainsi que la société Marocaine de néphrologie, recommandent une mesure du  $KT/V$  tous les trois mois au moins, avec comme objectif un  $KT/V_{sp}$  de 1,4 à atteindre pour les patients dialysés trois fois 4h/semaine[23].

### **III. Modalités techniques d'hémodialyse :**

#### **1. Hémodialyse conventionnelle HDC :**

L'Hémodialyse conventionnelle demeure la méthode la plus répandue pour le traitement de remplacement rénal chez les patients souffrant d'insuffisance rénale terminale à l'échelle mondiale. Elle se fonde sur le processus de diffusion, qui favorise le passage important des toxines urémiques de faible poids moléculaire avec un passage limité du solvant. La vitesse de transfert dépend essentiellement du gradient de concentration et du coefficient de diffusion de la substance et est inversement proportionnelle à son poids moléculaire. L'utilisation d'un gradient de concentration élevé entre le plasma et le dialysat

maximise le transport des solutés, conférant à l'HDC une grande efficacité pour les molécules de petite taille présentes en quantités importantes.

Dans l'ensemble, l'épuration des toxines urémiques par hémodialyse conventionnelle dépend de :

- La surface membranaire,
- Du coefficient de transfert de masse,
- Du gradient de concentration,
- Du débit sanguin.

Des membranes avec différentes perméabilités peuvent être utilisés, permettant l'élimination des substances de poids moléculaire plus élevé. Toutefois, l'élimination des toxines de poids moléculaires moyen et élevé, reste une contrainte majeure de cette technique en raison du mécanisme de transfert des solutés qui se base principalement sur la diffusion.

### **2. Hémodiafiltration HDF :**

L'HDF est une technique plus complexe que l'HDC sur les deux plans théorique et pratique (Figure 50). Elle fait appel aux deux processus de transfert de solutés ; la conduction et la convection. Ce dernier type de transfert permet le passage des molécules à haut et moyen poids moléculaire, ainsi que du solvant. L'Ultrafiltration est très importante en HDF et est de l'ordre de 12 à 18 litres par séances. Cette soustraction liquidienne très importante impose la réintroduction de liquide de réinjection de qualité. Cette réinjection se fait selon deux modes :

- Une réinjection par soluté « industriel » : il s'agit de soluté de composition ionique proche du plasma préparé en laboratoire selon les normes bactériologiques imposées. La sécurité est absolue mais le coût est important.

- La réinjection de préparation « extemporanée » ou HDF en ligne : il s'agit dans ce cas de réinjecter un soluté extrait du dialysat et dont la composition ionique en est très proche [24].

L'injection du liquide de substitution peut avoir lieu avant le dialyseur dans ce cas on parle d'HDF pré-dilution ou après le dialyseur, et là on parle d'HDF post-dilution. Généralement, la réinjection post-dilution est le premier choix, car avec la réinjection pré-dilution l'élimination par diffusion des petits solutés comme l'urée est moins efficace. Cependant, si un taux d'UF optimal ne peut pas être obtenu en post-dilution, par exemple en raison d'un débit sang trop bas, l'injection pré-dilution est une bonne alternative[25].

Le groupe de travail européen sur la dialyse (EUDIAL) a révisé la définition de HDF (hémodiafiltration) en tant que traitement de purification du sang qui combine les transports diffusif et convectif à l'aide d'un dialyseur à haut flux doté d'un coefficient d'ultrafiltration supérieur à 20 mL/mm Hg/h/m<sup>2</sup>, d'un coefficient de tamisage pour la bêta-2-microglobuline supérieur à 0,6 et d'un pourcentage de transport convectif efficace supérieur à 20% du sang total traité.

Le volume de convection a été défini comme le volume total d'ultrafiltration obtenu pendant toute la séance de HDF, soit la somme du volume de remplacement et de la perte de poids intra dialytique obtenue. Dans la HDF post-dilution, le volume de convection efficace sera égal au volume total ultrafiltré.

Il existe une formule limitante à l'hémodiafiltration. Le tiers du débit de la pompe à sang est voisin de la somme  $U_f$  en ml/mn + réinjection en ml/mn. On voit donc que si le débit au niveau de la pompe artérielle baisse (Débit de la fistule, problème positionnel au niveau de la ponction...), on ne pourra pas réinjecter un volume suffisant.

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

De la même manière, une prise de poids importante entre deux séances limitera de la même façon la formule[24].

L'HDF est une technique qui présente de nombreux avantages : majoration nette de l'épuration des toxines de haut poids moléculaire, amélioration du profil d'hémocompatibilité du système, meilleure tolérance clinique et meilleure correction des désordres métaboliques et électrolytiques. Néanmoins, elle nécessite un accès vasculaire bien fonctionnel, des flux sanguins très élevés, une certaine complexité du matériel pour réaliser de grandes quantités de transport convectif et surtout dans sa variété HDF en ligne, des contrôles bactériologiques permettant l'obtention d'une eau ultrapure de qualité pharmaceutique, stérile et apyrogène.

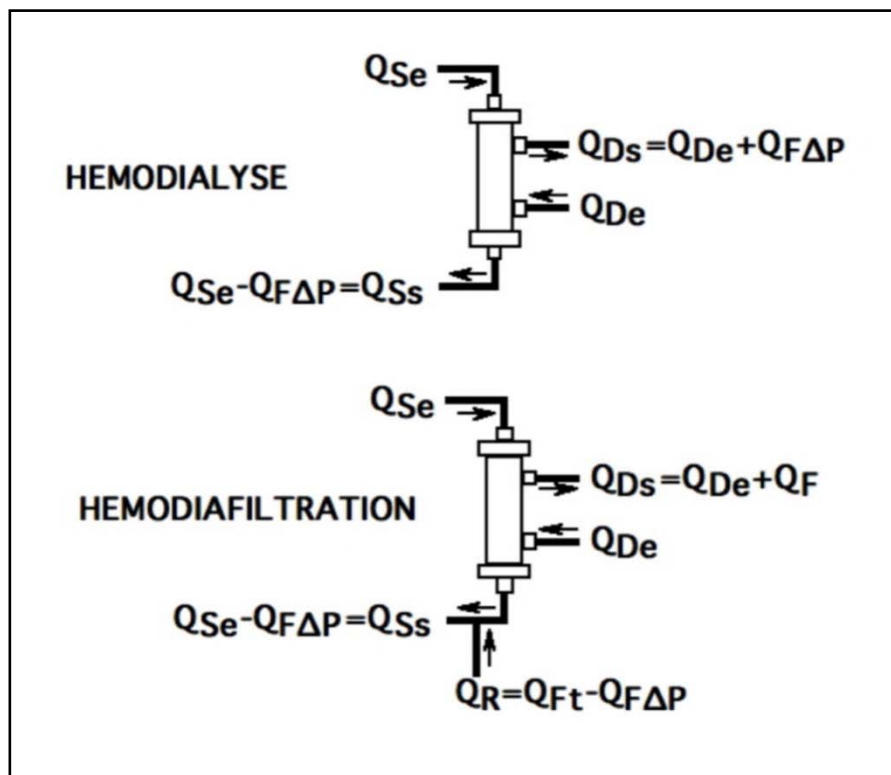


Figure 50: Représentation schématique des modalités du transfert de l'eau et des solutés par hémodialyse et par hémofiltration

### **3. L'hémodialyse à membrane à seuil de coupure moyen HDx :**

A l'origine, les membranes d'hémodialyse étaient conçues pour éliminer les petites molécules telles que l'urée et la créatinine tout en évitant la perte d'albumine. L'identification de toxines dans la plage de poids de 500 à 5 000 Da a suscité un nouvel intérêt pour le développement de nouvelles membranes synthétiques à haut flux et leur utilisation dans des techniques alternatives telles que l'hémofiltration ou l'hémodiafiltration (HDF). Bien que l'hémofiltration chronique n'ait été utilisée que sporadiquement et présente l'inconvénient d'une efficacité limitée pour l'élimination des petites molécules, l'HDF a progressivement gagné en consensus, en particulier en Europe, et a montré des effets bénéfiques significatifs dans les essais cliniques.

Néanmoins, même ces techniques de dialyse avancées présentent encore des taux élevés de complications cardiovasculaires et de mortalité.

Plus récemment, de nouvelles membranes avec un diamètre de pores moyen plus important, définies comme "high cut-off (HCO)" ou à haut seuil de coupure, également dites membranes à fuite de protéines ou super-flux, viennent d'être adoptées. Elles ont été utilisées pour éliminer la myoglobine chez les patients traumatisés, les toxines liées à l'albumine, les molécules inflammatoires dans la septicémie et les chaînes légères libres dans les troubles hématologiques, permettant d'élargir encore le spectre des molécules éliminées. Cependant, la contrepartie de cette modification de membrane est le nombre de grands pores conduisant à une certaine perte d'albumine considérée comme potentiellement nocive. Cela limite l'application de ces membranes en hémodialyse chronique, restreignant leur utilisation à des cas sporadiques et en mode diffusif uniquement. Sur la base de ces considérations, d'autres étapes sont nécessaires pour optimiser l'élimination des grosses molécules tout en conservant autant d'albumine que possible.

Ces étapes se dirigent vers la modification du mélange de polymères, la modification et la fonctionnalisation de surface, la modification de la structure, la taille, et la distribution des pores dans une nouvelle classe de membranes définie comme « à seuil de coupure moyen MCO » ou « à début de rétention élevé HRO »[22].

La membrane HRO fonctionne en configuration de fibres creuses avec un diamètre interne réduit de la fibre. Passer de la norme de 200 microns à 180 peut permettre d'augmenter le taux de cisaillement de la paroi et la vitesse du sang par fibre individuelle. Cela se traduit par moins d'encrassement à l'interface sang-membrane et une amélioration de l'échange de solutés. Un autre effet est l'augmentation de la chute de pression d'extrémité en extrémité avec des implications significatives sur le profil de la filtration transversale le long de la longueur de la fibre. Le faisceau de fibres doit avoir un nombre adéquat de fibres pour atteindre une surface d'au moins 1,6 m<sup>2</sup>. Si le nombre de fibres est crucial pour déterminer la section transversale du dialyseur, la longueur des fibres et donc du dialyseur sera essentielle pour optimiser la filtration interne et le mécanisme de filtration-rétrofiltration. Ce mécanisme, bien qu'invisible, permet une quantité significative de convection à l'intérieur du dialyseur où la filtration a lieu dans la partie proximale, compensée par la rétrofiltration dans la partie distale.

Le système de contrôle de l'ultrafiltration de la machine de dialyse régule le processus et fournit la quantité exacte de filtration nette requise pour la perte de poids programmée du patient. Il n'est pas nécessaire d'avoir un équipement complexe ; un débit sanguin de 300 mL/min ou plus et un débit de dialysat de 500 mL/min ou plus sont suffisants. En raison de la quantité importante de rétrofiltration qui se produit pendant le traitement, la pureté de l'eau est une exigence importante pour éviter le transport inverse de contaminants (Figure51).

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

Le terme Expanded hemodialysis (hémodialyse étendue) HDx a été proposé pour définir un traitement où la diffusion et la convection sont combinées de manière pratique à l'intérieur d'un dialyseur à fibres creuses équipé d'une nouvelle génération de membranes d'hémodialyse membrane HRO, permettant pour la première fois l'élimination efficace des grosses molécules impliquées dans les maladies cardiovasculaires, l'immunodéficience secondaire, l'inflammation chronique et la charge de symptômes, sans pour autant engendrer une perte significative d'albumine[11].

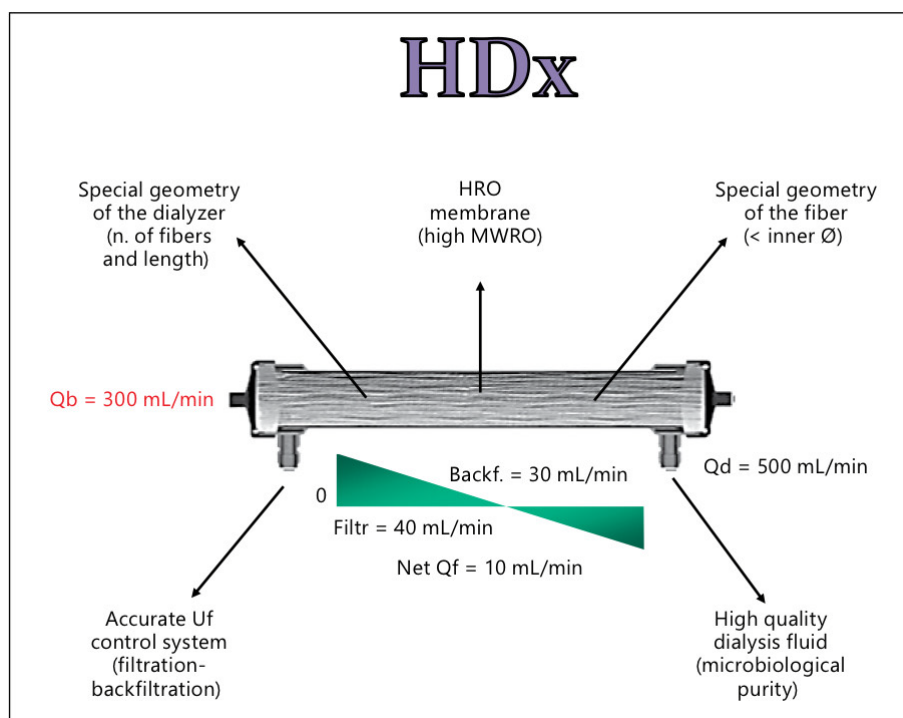


Figure 51 : Schéma représentatif des conditions requises pour réaliser HDx [26]



## DISCUSSION DES RESULTATS :

### I. Données épidémiologiques :

#### 1 . Age :

La tranche d'âge de notre série de patients variait de 18 à 87 ans, avec une moyenne d'âge de  $55,91 \pm 13,36$  ans. En comparaison avec les études de Lee[27] et de Bushljetik[28], dans lesquelles les moyennes d'âge étaient respectivement de 62 et 65 ans, notre population a présenté un âge moyen plus jeune. En outre, nous avons constaté que l'âge moyen des patients en HDC dans notre étude était similaire à celui décrit dans l'étude de Ghigolea[29]. Enfin, la différence d'âge moyen entre les groupes HDC et HDF de notre série et des séries de Lee [27] et de Ghigolea [29] n'était pas statistiquement significative (Tableau XIII).

**Tableau XIII: La moyenne d'âge selon les séries**

Etude / Âge moyen (ans)	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Lee et al. (2021) [27]	$61,8 \pm 14,00$	-	$62,9 \pm 11,6$	$60,6 \pm 16,4$	0,48
Bushljetik et al. (2020) [28]	$65,0 \pm 19,78$	-	-	-	-
Ghigolea et al. (2017)[29]	-	$55,0 \pm 10,6$	-	$47,8 \pm 14,0$	0,06

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

Notre série	55,91 ± 13,36	56,04 ± 15,18	54,50 ± 12,63	57,10 ± 12,30	0,78
-------------	---------------	---------------	---------------	---------------	------

### 2. Ancienneté en dialyse :

L'ancienneté en hémodialyse de nos patients était de  $122,1 \pm 72,9$  mois. Cette durée est considérablement plus longue que celle rapportée dans les études de Lee [27] et de Bushljetik [28] (Tableau XIV). Par ailleurs, l'analyse statistique dans notre étude et dans celle de Ghigolea [29] a montré qu'il n'y avait pas de différence significative en termes d'ancienneté de dialyse entre les patients traités par HDC et ceux traités par HDF.

**Tableau XIV: L'ancienneté en dialyse selon les séries**

Etude Ancienneté en dialyse (mois)	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Lee et al. (2021) [27]	46	-	40	50	0,07
Bushljetik et al. (2020) [28]	88,50 ± 87,99	-	-	-	-
Ghigolea et al. (2017)[29]	-	57,0 ± 36,00	-	69,3 ± 56,7	0,43
Notre série	122 ± 72	97 ± 58	141 ± 88	133 ± 68	0,11

### 3. Sexe :

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

Dans notre série, on a noté une légère prédominance masculine avec 35 hommes, soit 53,8%. De même, l'étude de Lee [27] a montré que 58,8 % de ses hémodialysés étaient des hommes. Le contraire a été révélé par l'étude de Bushljetik[28] où les femmes représentaient la majorité (soit 75 % des cas). Cependant, il n'y avait pas de différence significative entre les groupes d'hémodialysés en termes de sexe des patients, que ce soit dans notre série ou dans les trois études mentionnées (Tableau XV).

**Tableau XV : Le sexe des patients selon les séries**

Etude Sexe (Masculin %)	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Lee et al. (2021) [27]	58,8 %	-	51,2 %	67,6 %	0,13
Bushljetik et al. (2020) [28]	25 %	-	-	-	-
Ghigolea et al. (2017)[29]	-	56,5 %	-	52,2 %	0,55
Notre série	53,8 %	37,5 %	65 %	61,9 %	0,12

### **4. IMC :**

La moyenne de l'IMC des patients de notre série été de  $24,12 \pm 4,6 \text{ Kg/m}^2$ , avec 35 patients ayant une corpulence normale. Résultat comparable à celui de l'étude de Lee[27] où l'IMC était de  $22,1 \pm 3,4 \text{ Kg/m}^2$ . Entre les différents groupes d'hémodialysés de notre série et des études de Lee [27] et de Ghigolea[29], l'indice de masse corporel ne présentait pas d'écart significatif (Tableau XVI).

**Tableau XVI: L'indice de masse corporel des patients selon les séries**

Etude IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Lee et al. (2021) [27]	22,1 ± 3,4	-	22,4 ± 3,7	21,8 ± 3,0	0,45
Ghigolea et al. (2017)[29]	-	27,2 ± 5,2	-	27,6 ± 4,2	0,73
Notre série	24,12 ± 4,6	22,34 ± 3,87	24,92 ± 5,59	25,32 ± 3,92	0,63

## II. Données dialytiques :

### 1. Débit de la pompe à sang :

Le débit de la pompe à sang pendant l'hémodialyse est l'un des déterminants essentiels de l'augmentation de la dose de dialyse. Cependant, Le débit sanguin extracorporel optimal est une notion peu utilisée. En effet, il faut que le débit sanguin extracorporel, permette d'obtenir une perfusion homogène et complète de l'ensemble des fibres du dialyseur, mais aussi qu'il demeure toujours inférieur au débit de la fistule[16].

Des études ont montré que des valeurs de débit sanguin plus élevées sont associées à une meilleure élimination des petites et moyennes molécules grâce à l'augmentation du volume sanguin traversant l'hémodialyseur, mais cela ne s'applique qu'avec un bas débit de dialysat et n'offre qu'un faible impact clinique[30]. De plus, il a été démontré que des valeurs de débit sanguin faibles (<250 mL/min) ont été associées à une mortalité plus élevée chez les hémodialysés chroniques[31]. Par conséquent, l'optimisation de ce dernier pendant les séances est un aspect essentiel de la gestion de la dialyse qui nécessite une considération minutieuse pour obtenir de meilleurs résultats pour les patients.

Dans notre série, le débit de pompe à sang variait entre 272 et 410 ml/min avec une moyenne de 324,45 ± 23,65 ml/min. Pareillement à l'étude de Ghigolea, les patients en HDF de notre série présentaient une moyenne du débit de la pompe à sang supérieure à celle des patients en HDC. La différence de cette dernière entre les patients en HDC et ceux en HDx

étaient négligeable dans l'étude de Bushljetik. On ne retrouve pas de variation significative entre les groupes de nos hémodialisés, ce qui était également le cas pour les 2 études mentionnées (Tableau XVII).

**Tableau XVII: Le débit de la pompe à sang des patients selon les séries**

Etude Débit de la pompe à sang	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Bushljetik et al. (2020) [28]	-	275,50 ± 15	274,16 ± 10,84	-	> 0,05
Ghigolea et al. (2017)[29]	-	312,2 ± 18,8	-	324,5 ± 25,8	0,07
Notre série	324,45 ± 23,56	316,58 ± 12,50	324,75 ± 14,36	333,14 ± 35,31	0,14

## **2. Dose de dialyse Kt/V et volume convectif :**

Le Kt/V, un paramètre clé pour évaluer l'efficacité de la dialyse, est déterminé par la dose de dialyse administrée (Kt) et le volume de distribution de l'urée (V) chez les patients en hémodialyse chronique. Plusieurs études ont mis en évidence un lien étroit entre le taux de survie des hémodialisés et le niveau de Kt/V atteint lors de chaque séance [32,33].

Dans notre série, le Kt/V moyen était de  $1,38 \pm 0,21$ , inférieur à celui rapporté par l'étude de Lee [27] mais suffisant pour garantir une dialyse adéquate ( $>1,2$ ). Comme cela a également été observé dans l'étude de Lim[34], un Kt/v plus important a été obtenu chez nos patients en HDC que chez ceux en HDx. De plus, Les patients en HDF ont présenté un KT/V moyen légèrement supérieur à celui des patients HDC, un résultat similaire à celui de l'étude de Ghigolea [29]. Néanmoins, la différence en termes de dose de dialyse entre les

différents groupes dans notre étude et celles précédemment mentionnées n'étaient pas statistiquement significative (Tableau XVIII).

**Tableau XVIII : La dose de dialyse Kt/V des patients selon les séries**

Etude Dose de dialyse Kt/V	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Lee et al. (2021) [27]	1,71 ± 0,33	-	1,71 ± 0,26	1,71 ± 0,39	0,99
Lim et al. (2020) [34]	-	1,68 ± 0,22	1,64 ± 0,18	-	0,41
Ghigolea et al. (2017)[29]	-	1,5 ± 0,2	-	1,6 ± 0,2	0,07
Notre série	1,38 ± 0,21	1,39 ± 0,22	1,32 ± 0,21	1,42 ± 0,20	0,26

Selon une méta-analyse récente, l'utilisation de l'HDF est associée à une réduction de la mortalité toutes causes confondues par rapport à l'hémodialyse conventionnelle. Des essais cliniques randomisés suggèrent également que l'HDF est bénéfique pour réduire la mortalité cardiovasculaire. De plus, il a été prouvé qu'il existe une relation dose-réponse entre la quantité de volume convectif utilisé et le risque de mortalité [35].

Les recommandations EUDIAL définit le volume de convection comme le volume d'ultrafiltration total durant la séance, soit la somme du volume de substitution et de la perte de poids [36]. Le volume critique par séance (ou par semaine) requis pour de meilleurs résultats est de 20 à 22 litres/séance pour un patient européen typique [37]. De là, une

optimisation du volume convectif peut améliorer les résultats pour les patients traités par Hémodiafiltration.

Comparablement à l'étude de Hadad-Arrascue [38] (volume convectif :  $26,5 \pm 3,2$  L), notre étude a révélé un volume convectif moyen ( $23,06 \pm 5,5$  L), supérieur au volume critique requis par séance.

### **3. Anticoagulation :**

L'anticoagulation en hémodialyse est nécessaire pour maintenir le circuit extracorporel et préserver l'efficacité de la dialyse. Pour se faire, on a recours à deux principaux agents : l'héparine non fractionnée (HNF) et l'héparine bas poids moléculaire (HBPM)[39].

Vu son prix abordable, et la sécurité de son utilisation répétée, l'HNF est l'anticoagulant le plus couramment utilisé en hémodialyse[40]. Son début d'action rapide (3-5 minutes) et sa courte demi-vie (environ 1 heure) favorisent également son emploi[41]. L'administration de l'HNF se fait souvent par doses en bolus répétées.

Pour la dose initiale de bolus, un protocole courant aux États-Unis est une dose de charge de 2000 unités (ou 75-100 unités/kg) avec une dose d'entretien de 1000 à 1500 unités/h. Des protocoles à faible dose, tels que 15-20 unités/kg de charge et 500 unités/h d'entretien, ont montrés qu'ils étaient à la fois sûrs et efficaces, sans augmenter le risque de coagulation[42].

L'utilisation de l'HBPM pour l'anticoagulation en hémodialyse est en augmentation. Contrairement au modèle de bolus de l'HNF, l'HBPM ne nécessite qu'une seule injection au début de la séance (sauf si le traitement est supérieur à 6 heures). La pharmacocinétique de l'HBPM semble être supérieure à celle de l'HNF en raison d'une biodisponibilité plus élevée,

d'une demi-vie plus longue et d'une clairance indépendante de la dose. Cependant, la pharmacocinétique est moins prévisible chez les patients en IRCT. Il n'y a pas de consensus sur la dose optimale d'HBPM en hémodialyse. Selon la fiche d'information sur l'énoxaparine, la dose recommandée est de 1 mg/kg de poids corporel ; cependant, la prescription de 0,5 mg/kg a également été recommandée[42].

Une étude menée en Espagne visait à évaluer la différence d'efficacité des procédures d'anticoagulation utilisant le port veineux et 40 mg d'énoxaparine en HDx par rapport à l'hémodialyse conventionnelle à haut flux et à l'hémodiafiltration en ligne postdilution. En comparant l'activité anticoagulante chez 11 patients en HDx, HDC et HDF dans des conditions de dialyse similaires, aucune différence de l'activité anti facteur Xa n'a été retrouvée. Ainsi, la dose d'énoxaparine administrée par le port veineux ne devrait pas être ajustée en fonction de la technique de dialyse[43].

Dans notre étude, ces différents protocoles sont utilisés chez différents patients avec une dose d'anticoagulation moyenne de  $0,57 \pm 0,20$  mg/Kg.

Malheureusement, nous n'avons pas été en mesure de comparer l'activité anticoagulante entre les différentes modalités d'hémodialyse en raison de l'absence de données relatives à l'activité anti-Xa chez nos patients. Par conséquent, bien que nous ayons réussi à avoir une idée du type et de la dose d'anticoagulation dans notre série, nous n'avons pas pu tirer de conclusions sur la différence de l'activité anticoagulante entre les différentes modalités de dialyse.



### **III. Données cliniques :**

#### **1. Signes fonctionnels :**

##### **1.1. Signes généraux :**

##### **1.1.1. Asthénie :**

Les patients hémodialysés chroniques sont sujets à de nombreux symptômes, l'asthénie compte parmi les plus redoutables[45]. Ce symptôme altère leur autonomie et leur qualité de vie[46]. La prévalence de l'asthénie varie de 60% à 97% chez les sujets traités par hémodialyse à long terme[47]. Toutefois, l'absence d'une échelle fiable, valide et sensible de mesure de ce symptôme explique la difficulté de son identification précise. En outre, le chevauchement des symptômes de somnolence diurne et de dépression avec celui de la fatigue, rend difficile la mise en place de thérapies spécifiques. De plus, les nombreuses comorbidités des patients dialysés peuvent entraîner l'apparition de la fatigue et entretenir sa variation quotidienne [48].

Une étude récente a révélé que l'asthénie était plus sévère les jours de dialyse que les jours sans dialyse, et qu'elle avait des répercussions importantes sur les activités quotidiennes. Cette étude a également mis en évidence l'existence d'une corrélation entre la fatigue, l'activité physique, l'état nutritionnel et la dépression. Ces corrélats n'expliquent,

cependant pas, les différences de fatigue entre les jours de dialyse et les jours avec et sans dialyse [49].

La clé pour améliorer l'évaluation et le traitement de l'asthénie chez les patients en dialyse est une meilleure compréhension des médiateurs éventuels ainsi que des thérapies potentielles [48]. L'IRC est un état inflammatoire caractérisé par une augmentation des niveaux circulants de cytokines pro-inflammatoires [50]. Ces cytokines semblent être un médiateur important de l'asthénie et ont été largement étudiées, en oncologie, chez les patients asthéniques [51].

De nombreuses études ont établi un lien entre les cytokines inflammatoires et l'asthénie chez les patients souffrant de maladies chroniques telles que le cancer et le syndrome de fatigue chronique [52]. Les cytokines, telles que l'IL-1, l'IL-6 et le TNF ont pour caractéristique d'inhiber l'érythropoïèse, cela pourrait donc être à l'origine de l'anémie et de la fatigue chez les patients atteints de cancer. L'IL-6 et TNF déclenchent une hyper-réactivité des ergorécepteurs musculaires, qui détectent la fatigue [53].

Dans notre série une tendance plus importante à l'asthénie chez le groupe des patients en HDC a été notée, à raison de 48,1%. Le faible pourcentage d'asthénie chez les patients en hémodialyse à haute performance peut être expliqué par l'élimination optimisée (contribution supplémentaire de la convection de l'HDF et du mécanisme de filtration interne-rétrofiltration de l'HDx) des molécules de poids moléculaire moyen (Cytokines ; IL-1, IL-6, TNF...) ainsi que par le faible coefficient de diffusion de ces dernières par les modalités diffusives.

Dans la littérature, certaines études traitent ce symptôme mais aucune n'en compare la prévalence entre les 3 techniques d'hémodialyse. Cependant, une étude de Lee et al a

comparé la sévérité de l'asthénie avec chacune des techniques : HDx et HDF, une deuxième étude menée par Lim et al, a comparé la qualité de vie, en prenant en compte l'asthénie ressentie par les patients sous HDx et HDC. Les deux études n'ont pas montré de différence statistiquement significative entre les groupes d'hémodialyse et cela rejoint les résultats de notre étude.

### **1.1.2. Perte d'appétit :**

La perte d'appétit, ou anorexie, est un symptôme fréquent chez les patients atteints de MRC, qui s'aggrave au fur et à mesure que celle-ci progresse[54]. La prévalence de l'anorexie chez les hémodialysés a été rapportée dans des études allant de 35% à 50%[55]. L'anorexie chez ces patients a pour conséquence immédiate une augmentation du risque de mortalité[56]. De plus, cette aggravation du comportement alimentaire est systématiquement accompagnée d'une inflammation accrue, d'une qualité de vie réduite, de plus d'hospitalisations et d'une augmentation de quatre fois du risque de décès[57].

Il y a probablement plusieurs causes à la perte d'appétit chez les patients dialysés. Des preuves suggèrent qu'une augmentation de la clairance des solutés entraînera une augmentation de l'apport alimentaire. D'une part, l'initiation de la dialyse chez les patients en IRCT entraîne généralement une diminution de ce symptôme. D'autre part, plusieurs études longitudinales au cours des dernières années confirment l'idée qu'une augmentation

de la clairance des solutés peut entraîner une augmentation de l'apport alimentaire en nutriments[58].

Des niveaux élevés de CRP, d'IL-6 et de TNF ont été associés à l'anorexie urémique en agissant directement sur les neurones hypothalamiques[59].

De surcroît, il a été largement démontré que des niveaux de peptides d'appétit tels que la leptine et la ghréline sont également altérés chez les patients dialysés, ce qui indique des perturbations dans la régulation de l'appétit au niveau biologique[60].

En raison du fait que l'hémodialyse élargie et que l'hémodiafiltration éliminent davantage les molécules de poids moléculaire plus élevé, on peut déduire que le taux peu élevé de patients anorexiques dans les groupes d'hémodialyse à haute performance comparés au groupe d'hémodialyse conventionnelle dans notre série pourrait être liée à l'élimination de substances de poids moléculaire moyen (cytokines), responsables en grande partie de ce trouble du comportement alimentaire.

Nous n'avons pas trouvé d'études qui compare l'anorexie chez des patients sous différentes techniques d'hémodialyse.

### **1.2. Signes neuro-musculaires :**

#### **1.2.1. Faiblesse musculaire :**

La faiblesse musculaire est un symptôme fréquent chez les patients atteints d'IRC. Une étude a démontré que la force musculaire des membres inférieurs et la force de préhension étaient plus faibles chez les patients dialysés que chez les patients atteints de MRC non traités par dialyse[61]. Il est aujourd'hui évident que la perte progressive et généralisée de masse musculaire (atrophie musculaire) est une complication fréquente chez les patients dialysés[62] et que la réduction de la force musculaire (faiblesse musculaire) est une condition courante chez les hémodialysés chroniques[63]. Ainsi, le traitement par hémodialyse est l'un des facteurs indépendants affectant la force musculaire altérée chez les patients insuffisants rénaux chroniques[61].

Il y a eu peu de recherches qui ont examiné la différence de force musculaire entre les patients atteints de maladie rénale chronique (MRC) qui reçoivent un traitement d'hémodialyse et ceux qui n'en reçoivent pas, et aucune étude n'a comparé la présence de ce symptôme entre les patients qui suivent différentes techniques d'hémodialyse.

Dans notre étude, une présence significativement plus importante de la faiblesse musculaire chez les hémodialisés chroniques par la technique conventionnelle que chez les hémodialisés par hémodialyse à haute performance a été relevé. Ce résultat pourrait être expliqué par la clairance plus marquée par les techniques d'hémodialyse à haute performance d'une toxine urémique de haut poids moléculaire, impliquée dans la perte de la masse musculaire squelettique : Indoxyl sulfate. Cette dernière est largement étudiée parmi les toxines urémiques accumulées, qui sont difficiles à éliminer avec un traitement de dialyse conventionnel[61].

L'Indoxyl Sulfate provoque des anomalies métaboliques dans les cellules musculaires et conduit à l'atrophie musculaire. Dans la recherche clinique, une association inverse significative entre l'indoxyl sulfate plasmatique et la masse musculaire squelettique chez les patients atteints de MRC a été observée[64].

Des études supplémentaires seraient nécessaires pour examiner la validité de cette hypothèse et pour vérifier l'utilité d'utiliser différentes techniques de dialyse afin de réduire la faiblesse musculaire.

### **1.2.2. Syndrome de jambes sans repos :**

Le syndrome des jambes sans repos (SJSR), également appelé maladie de Willis-Ekbom, peut être décrit comme une sensation désagréable qui incite intensément les patients à bouger leurs membres inférieurs[65]. Cette condition neurologique sensitivomotrice

constitue l'une des complications courantes chez les patients hémodialysés et représente un trouble sous-diagnostiqué et maltraité[66].

La prévalence du SJSR chez les patients hémodialysés a été estimée entre 6,6 % et 80 %, comparée à 7 % - 24,1 % dans la population non dialysée [67]. Son diagnostic est principalement clinique, basé sur un entretien avec le patient. Les critères de diagnostic du SJSR comprennent l'envie incontrôlable de bouger les jambes, l'aggravation des symptômes pendant le repos, l'amélioration des symptômes pendant le mouvement, et une sensation désagréable dans les jambes [68].

La physiopathologie du SJSR n'est pas entièrement comprise, mais quelques études suggèrent qu'il peut être dû à un déséquilibre de la dopamine, à une diminution des réserves en fer dans le cerveau ou à des perturbations de la régulation du fer [69].

Dans leur étude, Higuchi et al. ont proposé que l'état inflammatoire chronique et le stress oxydatif chez les patients urémiques en hémodialyse pouvaient être des facteurs significatifs contribuant à la physiopathologie du RLS. Les chercheurs ont fondé leur conclusion sur des études antérieures montrant que le SJSR était plus fréquent chez les patients ayant des taux élevés de CRP [70] .

Les données de ces études rejoignent le cours de nos résultats. Nos patients sous HDx ont démontré le taux de symptomatologie du SJSR le moins faible parmi les 3 groupes. Ces patients ont également présenté les valeurs de CRP les moins faibles, comparés aux patients sous autres techniques de dialyse.

Une étude menée par Baxter en Colombie renforce encore cette hypothèse. Elle révèle, après six mois de thérapie HDx chez des hémodialysés chroniques, une diminution de 50% du nombre de patients ayant des critères de syndrome des jambes sans repos [71].

L'HDx offre une élimination supérieure des molécules de poids moléculaire moyen (jusqu'à 60 kDa) qui ont été liées au développement de l'inflammation, des maladies cardiovasculaires et d'autres comorbidités liées à la dialyse. Ces molécules (de 25 kDa à <60 kDa) ne sont pas efficacement éliminées par les modalités de dialyse HDC ou HDF[72]. Cette élimination élargie pourrait donc expliquer la relation entre l'état inflammatoire des patients et leur susceptibilité à développer le syndrome de jambes sans repos.

### **1.3. Tolérance intra-dialytique :**

#### **1.3.1. Céphalées :**

Les céphalées relatives à la dialyse représentent une expérience commune chez les hémodialysés chroniques au cours de leurs séances hebdomadaires[73]. Malgré la forte prévalence de ce symptôme (70%), il demeure peu étudié et il est difficile de reconnaître ses caractéristiques ainsi que ses mécanismes physiopathologiques[74].

Plusieurs facteurs ont été associés aux céphalées de dialyse, notamment le type de solution de dialyse[75], les variations des niveaux de l'urée, du sodium et du magnésium, la pression artérielle[76][77][78]. et les niveaux du peptide lié au gène de la calcitonine (CGRP)[79]. Des études ont suggéré que le CGRP et l'oxyde nitrique (NO) pourraient participer à la physiopathologie de ces céphalées en raison de leurs propriétés vasodilatatrices [80].

Une autre recherche plus récente a démontré que les céphalées liées à la dialyse sont neurovasculaires et sont causées par une vasodilatation cérébrale[73]. Il serait donc bénéfique de poursuivre les études dans ce domaine pour mieux comprendre les phénomènes sous-jacents à ce symptôme.

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

Dans le cadre de notre étude, il a été observé que 23,1 % des patients souffraient de céphalées. Toutefois, s'agissant des céphalées survenant au cours de la dialyse, aucune différence statistiquement significative n'a été établie entre les patients hémodialisés selon la technique conventionnelle et ceux ayant bénéficié d'hémodialyse à haute performance. De même, l'étude de Morena[81] comparant les différents paramètres de tolérance intradialytique, y compris les céphalées liées à la dialyse, entre les patients en hémodialyse conventionnelle et ceux en hémofiltration, n'a pas démontré de différence significative.

Pourtant, il convient de noter que l'étude menée par Hazim[82] à l'hôpital Cheikh Khalifa Ibn Zayed a mis en évidence une association entre la modalité d'hémodialyse et l'incidence de céphalées liées à la dialyse (Tableau XIX).

**Tableau XIX: La survenue de céphalées de dialyse selon les séries**

Etude Céphalées liées à la dialyse	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Hazim et al. (2020) [82]	-	51,3 %	-	12,5 %	0,00
Morena et al. (2017)[81]	-	0,38 %	-	0,30 %	0,49
Notre série	15 (23,1 %)	7 (33,3 %)	0 (0,0%)	8 (33,3 %)	0,13*

\* : comparaison entre l'hémodialyse conventionnelle (HDC) et l'hémodialyse à haute performance (HDF et HDx)

Les résultats de ces études suggèrent l'intérêt d'une approche thérapeutique préventive pour les céphalées liées à l'hémodialyse en utilisant des techniques innovantes



plus prometteuses. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces suggestions et examiner plus en détail les autres causes de céphalées chez les patients hémodialysés.

### **1.3.2. Crampes :**

Les crampes musculaires sont des contractions musculaires soudaines, douloureuses et involontaires qui se produisent généralement au niveau des membres inférieurs[83],[84]. Ce symptôme courant est considéré par les hémodialysés chroniques comme l'un des trois principaux signes qui devraient être ciblés par de nouvelles thérapies[85].

Les crampes musculaires touchent de 25% à 80% des patients en hémodialyse et sont une raison courante d'arrêt prématuré de séances d'hémodialyse [86]. Les patients qui raccourcissent leur séance en raison de crampes musculaires peuvent avoir du mal à atteindre leur poids corporel cible en fin de séance [87].

La physiopathologie des crampes musculaires reste mal comprise et il n'existe pas de stratégies de prévention ou de traitement prouvés. Bien que diverses thérapies aient été explorées (par exemple, la quinine, la carnitine, la vitamine E, la gabapentine, la biotine, l'exercice et le massage), la plupart ont une efficacité limitée [86][88][89][90].

Des études ont été réalisées dans l'optique d'évaluer l'efficacité de la modification de la méthode de dialyse en matière de réduction des épisodes de crampes musculaires chez les hémodialysés chroniques. Dans ce sens, l'étude de Morena [81] a révélé un nombre d'épisodes de crampes significativement plus faible chez les patients en hémofiltration en comparaison avec les patients en hémodialyse conventionnelle. Ceci rejoint les résultats de l'étude de Caplin [91], quoique statistiquement non significatifs, qui a montré une

atténuation des symptômes musculaires après le passage en hémodiafiltration en ligne à partir de l'hémodialyse conventionnelle.

Les conclusions de ces études sont en concordance avec les nôtres, qui ont démontré une présence significativement plus élevée de ce symptôme chez les patients en hémodialyse conventionnelle par rapport à ceux bénéficiant de l'hémodialyse à haute performance (Tableau XX).

**Tableau XX: La survenue de céphalées de dialyse selon les séries**

Etude Crampes liées à la dialyse	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Morena et al. (2017)[81]	-	2,19 %	-	1,64 %	0,03
Caplin et al. (2014) [91]	-	63,93 %	-	56,16 %	0,00
Notre série	21 (32,3 %)	12 (50 %)	3 (15,0 %)	6 (28,6 %)	0,04

## 2. Signes physiques :

### 2.1. Poids sec :

Les patients atteints d'insuffisance rénale terminale sont sujets à la rétention de sodium et de fluides, ce qui est lié à l'hypertension ainsi qu'à la morbidité et mortalité cardiovasculaires[92]. La gestion adéquate du volume de fluides est un élément crucial dans le traitement de dialyse. L'état de volume de fluides optimal est généralement décrit comme étant le poids sec[93].

Le poids sec représente donc le poids atteint par un changement progressif du poids post-dialytique, sans présenter de signes ou symptômes d'hypovolémie ou d'hypervolémie, autrement dit, c'est le poids post-dialytique le plus bas toléré [94]. Cependant, l'évaluation

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

clinique du poids sec optimal est complexe. Elle est compliquée par la rigidité vasculaire, l'hypoalbuminémie et de multiples comorbidités [93]. Dans la plupart des centres, ce poids est estimé en fonction des critères cliniques tels que les symptômes du patient, les mesures de pression artérielle et l'instabilité hémodynamique intra-dialytique [95].

Dans notre série, le poids sec moyen était de  $68,67 \pm 15,83$  kg. Nos patients en HDx présentaient un poids sec supérieur à celui des patients en HDC, en accord avec l'étude de Lim [34], et supérieur à celui des patients en HDF, en accord avec l'étude de Hadad-Arrascue [38]. Cette différence n'est pour autant significative que dans notre étude (Tableau XXI).

**Tableau XXI : Le poids sec des patients selon les séries**

Etude Poids sec (Kg)	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Hadad-Arrascue et al. (2021) [38]	-	-	$76,6 \pm 13,1$	$75,9 \pm 16,0$	$>0,05$
Lim et al. (2020) [34]	-	$56,6 \pm 9,9$	$61,0 \pm 7,6$	-	0,08
Notre série	$68,67 \pm 15,83$	$60,53 \pm 13,05$	$74,22 \pm 17,87$	$72,32 \pm 13,34$	0,00

### **2.2. PAS post-dialytique :**

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

La pression artérielle idéale pour les patients sous dialyse demeure une question controversée. Bien que des progrès remarquables aient été réalisés dans ce domaine pour la population générale, il n'est pas possible d'extrapoler ces données aux patients dialysés. En effet, ces derniers présentent des particularités physiologiques et pathologiques qui rendent complexe l'établissement d'un objectif de PA optimal [96].

Dans notre étude, les patients en HDC présentaient une moyenne de PAS post – dialytique significativement plus élevée comparée à celle des 2 autres groupes. De façon similaire, les résultats des études Ghigolea [29] et de Francisco [97] qui ont noté des PAS moyennes chez les hémodialysés par la technique conventionnelle supérieures à celles des patients en hémodiafiltration, bien que cette différence ne soit pas statistiquement significative (Tableau XXII).

**Tableau XXII : Le pression artérielle systolique post-dialytique des patients selon les séries**

Etude PAS post- dialytique (mmHg)	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Ghigolea et al. (2017) [29]	-	134,9 ± 15,5	-	125,4 ± 21,6	0,09
Francisco et al. (2012)[97]	-	132,0 ± 18,74	-	122,0 ± 12,68	>0,05
Notre série	127,83 ± 20,44	136,92 ± 19,53	121,25 ± 17,23	123,71 ± 21,35	0,01

#### **IV. Données paracliniques :**

##### **1. Données hématologiques :**

###### **1.1. Hémoglobine :**

L'anémie est un facteur pronostic important chez les patients atteints d'insuffisance rénale terminale. Les toxines urémiques ont un rôle majeur dans la destruction accélérée des globules rouges (GR), contribuant ainsi à cette manifestation[98].

L'hémodialyse conventionnelle n'est pas efficace pour traiter cette réduction de la durée de vie des GR [99]. Cependant, des études observationnelles à grande échelle et des essais cliniques randomisés multicentriques suggèrent que l'hémodiafiltration en ligne

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

pourrait représenter une alternative efficace à l'hémodialyse conventionnelle, en prolongeant la durée de vie des GR et en améliorant ainsi le contrôle de l'anémie [100][101].

Les résultats de l'étude de Jiang [102] démontrent qu'une séance en HDF prolonge la durée de vie des GR, avec un bénéfice plus grand chez les patients ayant une anémie plus sévère. De plus, l'étude explique que ces effets pourraient être liés à l'élimination des toxines urémiques de haut et de moyen poids moléculaire.

Les études de Haddad, de Lim et de Ghigolea qui ont comparé les taux d'hémoglobine n'ont pas donné de résultat significatif en matière de différence entre les différentes techniques d'hémodialyse (Tableau XXIII). Toutefois, nos résultats indiquent le contraire, où une différence statistiquement significative a été identifiée entre les trois groupes d'hémodialisés chroniques, avec les moyennes d'hémoglobine les plus élevées chez les patients bénéficiant des techniques d'hémodialyse à haute performance.

Une autre étude menée en Corée en 2020 [103] a rapporté que les patients passés de l'hémodialyse conventionnelle à l'hémodiafiltration en ligne ont vu leur niveau d'hémoglobine augmenter de manière significative après 24 mois de suivi ( $10,46 \pm 1,03$  versus  $11,08 \pm 0,82$  g/dL,  $P = 0,001$ ).

Par conséquent, il est impératif de mener davantage de recherches pour confirmer la validité de ces résultats et pour mieux comprendre les mécanismes d'interaction entre les toxines urémiques et les globules rouges.

**Tableau XXIII: L'hémoglobine des patients selon les séries**

<b>Etude</b>	<b>Tous les patients</b>	<b>Patients en HDC</b>	<b>Patients en HDx</b>	<b>Patients en HDF</b>	<b>P value</b>
<b>Hémoglobine</b>					

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

(g/dL)					
Haddad-Arrascue et al. (2021) [38]	-	-	11,1 ± 1,8	11,5 ± 1,8	0,16
Lim et al. (2020) [34]	-	11,0 ± 1,0	10,9 ± 0,9	-	0,69
Ghigolea et al. (2017) [29]	-	11,5 ± 0,8	-	11,55 ± 1,4	0,83
<b>Notre série</b>	10,84 ± 1,44	10,02 ± 1,36	11,2 ± 1,04	11,41 ± 1,49	0,00

### 1.2. Ferritine :

Chez les patients atteints d'IRC, l'anémie pourrait résulter de différents facteurs : la carence en fer, l'inflammation chronique, la carence en érythropoïétine... Parmi ceux-là, la carence en fer est une cause fréquente et facile à diagnostiquer. Lorsque le taux de saturation en transferrine (TSAT) est inférieur ou égal à 20 % et que la concentration sérique de ferritine est inférieure ou égale à 200 ng/mL chez les patients en hémodialyse, cela indique probablement une carence en fer[104].

Dans notre série, la valeur moyenne de ferritinémie des patients en HDx était supérieure à celle des 2 autres groupes. Cependant, on n'a pas prouvé de relation significative entre l'utilisation de différentes techniques de dialyse et les variations de ce paramètre. Ce qui concorde avec les résultats des études de Ghigolea [29]et de Kantartzi [105](TableauXXIV).

**Tableau XXIV: La ferritinémie des patients selon les séries**

Etude Ferritine (µg/L)	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Ghigolea et al. (2017) [29]	-	1283,4 ± 508,4	-	1174,3 ± 695,7	0,55

<b>Kantartzi et al. (2012) [105]</b>	-	361,2 ± 264,56	-	408,4 ± 447,79	0,89
<b>Notre série</b>	230,52 ± 141,07	229,83 ± 151,20	238,73 ± 154,68	223,50 ± 120,58	0,99

## **2. Données inflammatoires :**

### **2.1. Protéine C réactive :**

La protéine C-réactive (CRP) est un marqueur de l'inflammation chronique chez les patients en hémodialyse[106]. Cette protéine a fait l'objet de nombreuses études avec des données solides démontrant une association entre l'inflammation chronique, la mortalité cardiovasculaire[107] et la mortalité toutes causes confondues chez cette population[108]. De plus, des niveaux de CRP supérieurs à 10 mg/dl ont été associés à une mortalité cardiovasculaire à un an supérieure à celle de la population normale selon l'étude Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS)[109].

Comme pour l'étude de Ghigolea[29], notre série n'a pas identifié de différence significative entre les techniques de dialyse en matière de moyenne de CRP (Tableau XXV). Cependant, une tendance du groupe des patients en hémodialyse à haute performance, surtout ceux en HDx, à avoir des valeurs de CRP plus faibles a été notée. Ce résultat pourrait s'expliquer par la clairance augmentée des biomarqueurs de l'inflammation de poids moléculaire moyen compris entre 15 et 50 kDa (à savoir, la CRP, l'IL-1 $\beta$ , l'IL-6 et le TNF- $\alpha$ ) par les techniques de dialyse HDx et HDF[110].

De plus, l'analyse statistique d'une étude prospective récente menée en Turquie[111] portant sur 42 patients, a révélé que chez les patients qui avaient des niveaux élevés de CRP au départ, la thérapie HDx pourrait entraîner une diminution significative des niveaux de CRP par rapport aux membranes LF et à HF (2,8 versus 13,7 et 6,1 mg/L, respectivement, p<0,05).



**Tableau XXV: La CRP des patients selon les séries**

Etude CRP (mg/L)	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Ghigolea et al. (2017) [29]	-	17,6 ± 17,3	-	18,6 ± 35,7	0,91
Notre série	8,89 ± 6,59	10,00 ± 6,80	7,84 ± 6,46	8,61 ± 6,61	0,35

**2.2. Bêta-2-microglobuline :**

La bêta-2 microglobuline ( $\beta$ 2M) est une protéine considérée comme étant un marqueur des toxines urémiques de poids moléculaire moyen. Elle est filtrée exclusivement par le glomérule et s'accumule dans la circulation en présence de maladies rénales, auto-immunes ou hématologiques[112].

Les études ont révélé que chaque augmentation de 10 mg/L du taux de  $\beta$ 2M est associée à une augmentation de 11% du risque de mortalité toutes causes confondues et d'événements cardiovasculaires chez les patients dialysés[113].

La combinaison de la diminution de la fonction rénale résiduelle et d'un faible taux d'élimination de  $\beta$ 2M par les membranes LF de cuprophane et d'acétate de cellulose ne permettait pas une réduction suffisante de  $\beta$ 2M[114]. Cette clairance altérée de  $\beta$ 2M est associée à un risque plus élevé d'amyloïdose liée à la dialyse, complication rare mais dévastatrice entraînant, entre autres, un syndrome du canal carpien, un dépôt d'amyloïde dans les organes, ainsi qu'une arthropathie douloureuse et invalidante[115]. Par ailleurs, la thérapie HDx et l'hémodiafiltration permettent une clairance supérieure de cette molécule[110].

Que ce soit dans notre étude ou celles de Haddad[38], Bushljetik[28] ou Kantartzi[105], les patients en HDx présentent dans toutes ces séries les valeurs de  $\beta$ 2M les plus faibles comparées aux patients des autres groupes (TableauXXVI). Certes, les résultats de notre

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

série n'étaient pas significatifs mais cela est probablement dû à la faible taille de notre échantillon. Il convient toutefois de souligner que pour garantir l'efficacité de cette technique de dialyse, il est essentiel de réaliser des essais cliniques randomisés à long terme.

**Tableau XXVI : La bêta-2-microglobuline des patients selon les séries**

Etude B2m (mg/L)	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Haddad-Arrascue et al. (2021) [38]	-	-	24,8 ± 7,0	27,6 ± 10,8	0,04
Bushljetik et al. (2020) [28]	-	40,90 ± 11,00	29,00 ± 4,64	-	0,05
Kantartzi et al. (2012) [105]	-	47,36 ± 12,21	-	31,87 ± 7,64	0,01
<b>Notre série</b>	30,12 ± 10,8	32,15 ± 10,7	27,26 ± 13,0	30,83 ± 8,3	0,72

### **3. Bilan nutritionnel :**

#### **3.1. Albumine :**

L'albumine est une protéine qui reflète l'état nutritionnel, il est également rapporté qu'elle est liée à l'inflammation et l'athérosclérose chez les insuffisants rénaux [116].

Les hémodialysés chroniques présentent souvent un état inflammatoire subclinique (micro-inflammation), qui peut compromettre la synthèse hépatique de l'albumine, contribuer à une augmentation de son catabolisme et entraîner ainsi une hypoalbuminémie. Cette dernière, associée à un risque accru de mortalité, rend la rétention d'albumine une priorité chez ces patients [117].

Les données de l'étude Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS) suggèrent que plus de 60% des patients en hémodialyse ont des taux d'albumine inférieurs à 4 g/dL[118] .

Dans l'étude de Haddad [38], celle de Bushljetik [28] et celle de Ghigolea [29], aucune différence significative entre les différents groupes d'hémodialisés, en matière d'albuminémie, n'a été identifiée. Notre étude rejoint les résultats de ces dernières, malgré la présence d'une tendance de nos patients en HDx à avoir des valeurs d'albumine plus élevées que celles des autres groupes (Tableau XXVII).

Une autre étude menée récemment par Maduell [119], dont le but est de comparer la sécurité et l'efficacité de 4 hémodialyseurs à membranes MCO entre eux, et à l'HDC à haut flux et l'HDF confirme ces propos. Ses résultats ont montré que les dialyseurs MCO étaient clairement supérieurs à l'HDC en matière de clairance de la myoglobine, des chaînes légères kappa et lambda, de la prolactine, et de l' $\alpha$ 1-microglobuline, mais légèrement inférieurs à l'HDF. Les pertes d'albumine dans le dialysat étaient <1 g avec les dialyseurs HDC et entre 1,5 et 2,5 g avec les HDx et HDF.

L'étude a confirmé ainsi une bonne efficacité et une sécurité totale en termes de perte d'albumine pour les quatre dialyseurs MCO évalués et une supériorité de HDx par rapport à l'HDC à haut flux avec une efficacité proche de celle de l'HDF post-dilution.

Néanmoins, une récente méta-analyse [120] a comparé les membranes MCO et les membranes à haut flux, celle-ci a inclus 26 études, dont 10 randomisées et 16 non randomisées, avec 1883 patients recevant une hémodialyse régulière, et a révélé que l'hémodialyse élargie éliminait 2,31 g d'albumine par séance, avec une baisse transitoire de l'albumine pré-dialyse de 0,12 g/dl dans les 24 semaines suivant le traitement. Il convient de noter que ces taux d'albumine reviennent par la suite à leurs valeurs de base.

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

Dans toutes les études incluses, les taux d'albumine des patients en HDx sont restés dans la plage de référence, et il n'y a eu aucun rapport de déplétion d'albumine conduisant à l'arrêt de la dialyse ou au besoin d'une perfusion d'albumine.

De plus, l'élimination de l'albumine 3 à 5 g/jour avec l'HDF n'a pas été identifiée jusqu'à présent comme étant nocive, peut-être parce que les effets nocifs théoriques de l'élimination de l'albumine par la dialyse sont compensés par l'amélioration du milieu urémique et de l'état pro-inflammatoire du patient. La relation inverse entre la synthèse de l'albumine et l'expression de cytokines étayerait cette logique [121]. La diminution de l'expression de l'IL-6 et de la TNF- $\alpha$  offerte par la thérapie HDx pourrait ainsi expliquer la réponse compensatoire apparente qui restaure les taux d'albumine sérique aux valeurs de base à plus long terme. Un phénomène similaire a été observé dans l'étude CONTRAST [122] (CONvective TRANsport STudy), qui a trouvé des taux d'albumine à long terme similaires chez les patients traités avec HDF versus l'hémodialyse à faible flux, malgré une élimination d'albumine nettement plus élevée avec HDF. L'effet de l'HDF sur les taux d'albumine était également associé à des concentrations relativement plus faibles d'IL-6 dans cette étude.

Le manque de données à long terme relatives à l'HDx par rapport au corpus de preuves disponibles pour HDF et HDC, rend difficile la comparaison de l'albuminémie entre ces modalités. Cependant, toutes ces techniques donnent une fuite d'albumine lors d'un traitement, inférieure à 4 g, ce qui ne semble pas être nocif [123].

**Tableau XXVII: L'albumine des patients selon les séries**

Etude Albumine (g/L)	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Haddad-Arrascue et al. (2021) [38]	-	-	36,5 $\pm$ 1,3	38,5 $\pm$ 3,2	0,59

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance

Bushljetik et al. (2020) [28]	-	40,50 ± 4,79	42,25 ± 4,50	-	0,37
Ghigolea et al. (2017)[29]	-	39,0 ± 2,0	-	38,0 ± 3,0	0,28
Notre série	40,18 ± 4,65	39,91 ± 4,13	42,06 ± 6,28	38,88 ± 2,86	0,25

### 3.2. Cholestérol total :

Le faible taux de cholestérol total chez les hémodialysés chroniques, a été associé, dans plusieurs études, à un mauvais pronostic, tandis que l'hypercholestérolémie semblait avoir un effet protecteur[124]. Ce phénomène a été initialement expliqué, dans une étude menée en 2004, par l'inflammation chronique, responsable d'une part de la baisse de la cholestérolémie et d'autre part de l'augmentation de la mortalité [125].

Une deuxième hypothèse plus récente, basée sur la distinction de l'inflammation comme facteur de risque à court terme et de l'hypercholestérolémie comme facteur de risque à long terme, stipule que les taux élevés de cholestérol ne perdurent pas assez, chez cette population à espérance de vie réduite, pour se manifester en termes d'athérosclérose et de mortalité cardio-vasculaire [126].

Dans notre étude, les patients en hémodialyse à haute performance présentaient des taux de cholestérol significativement plus élevés que ceux des patients en hémodialyse conventionnelle (Tableau XXVIII). Cela pourrait s'expliquer par l'amélioration de l'état inflammatoire lié à la meilleure clairance des substances urémiques de poids moléculaire moyen à élevé chez les groupes HDF et HDx.

**Tableau XXVIII: Le cholestérol total des patients selon les séries**

Etude	Tous les patients	Patients en HDC	Patients en HDx	Patients en HDF	P value
Cholestérol total (mg/dL)					
Lim et al. (2021)	-	1,21 ± 0,33	1,28 ± 0,31	-	0,49
Ghigolea et al. (2017)[29]	-	1,78 ± 0,37	-	1,84 ± 0,48	0,94

<b>Notre série</b>	2,93 ± 1,43	2,34 ± 1,34	3,09 ± 1,43	3,43 ± 1,36	<b>0,01*</b>
--------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------

**V. Hémodialyse à haute performance ou Hémodialyse conventionnelle :**

L'efficacité optimale de la dialyse dépend de plusieurs facteurs tels que les caractéristiques du patient (âge, sexe, néphropathie initiale, comorbidités), les pratiques médicales, le programme (durée et fréquence des séances) ainsi que la technique de dialyse (HDC, HDF ou HDx). Par conséquent, le choix de la technique n'est qu'un maillon d'une chaîne thérapeutique interdépendante[127]. Ajoutons à cela que ce choix lui-même peut être guidé par des situations particulières (faible débit sanguin, nécessité d'une clairance plus rapide de certaines substances, abord vasculaire de petit calibre...). Ceci posé, la comparaison des différentes techniques d'hémodialyse s'impose à nous afin de présenter

aux patients la technique la plus adaptée à leurs besoins. Néanmoins, les études portant sur ce sujet sont peu nombreuses, et celles réalisées sont rarement centrées sur le ressenti des patients. De plus, la durée du suivi reste insuffisante (16 semaines à 7 ans pour l'HDF et 12 semaines à un an pour l'HDx). Il serait donc intéressant d'accorder plus d'importance à la composante clinique, seule garante d'une bonne alliance thérapeutique. Dans ce sens, notre étude a comparé l'impact des techniques d'hémodialyse à haute performance (HDx et HDF) d'une part à celui de l'hémodialyse conventionnelle d'autre part, et ce sur différents paramètres cliniques et biologiques.

Les caractéristiques démographiques et dialytiques dans notre série, hormis la pression transmembranaire, ne présentaient pas de différence statistiquement significative entre les trois groupes d'hémodialisés. En revanche, l'analyse statistique des données cliniques et biologiques a mis en évidence une différence significative entre l'HDF, l'HDx et l'HDC en ce qui concerne le poids sec, la survenue de crampes au cours des séances, le taux d'hémoglobine et le taux de triglycérides.

De même, la comparaison du groupe de patients en hémodialyse à haute performance (HDF et HDx) et de celui en hémodialyse conventionnelle a révélé une différence significative dans chacun des paramètres suivants : la perte d'appétit, la faiblesse musculaire, la PAS post-dialytique, ainsi que le cholestérol total.

Les hémodialisés se retrouvent plus concernés par leurs symptômes que par les résultats de la dialyse (survie, perte d'autonomie à long terme), tandis que pour les cliniciens, l'efficacité du traitement de suppléance rénale doit être évaluée sur deux niveaux à savoir la performance clinique et les résultats à long terme[128].

S'agissant de la performance clinique, elle est renseignée par la modalité de TRR, représentée par la capacité d'élimination des solutés à travers un large spectre de biomarqueurs de poids moléculaire variable. Les études faites à cet égard, dont la nôtre, permettent d'émettre des hypothèses concernant la relation entre la clairance des toxines urémiques par les différentes techniques d'hémodialyse d'une part et l'amélioration de la symptomatologie des patients d'autre part. Nos résultats ainsi que de nombreuses données de la littérature suggèrent que la supériorité des techniques d'hémodialyse à haute performance (HDF et HDx) par rapport à l'HDC relève surtout de l'optimisation de l'épuration des toxines urémiques de poids moléculaire moyen à élevé, notamment l'indoxyl sulfate, la bêta-2-microglobuline, l'IL-1, l'IL-6, le TNF- $\alpha$  et les chaînes légères Kappa et Lambda, incriminés dans l'état pro-inflammatoire des insuffisants rénaux chroniques.

La baisse de ces marqueurs inflammatoires participe ainsi à la diminution de la charge symptomatique des insuffisants rénaux chroniques ce qui favorise, in fine, leur tolérance à la dialyse et améliore leur bilan biologique sur les plans : hématologique, inflammatoire et nutritionnel.

Concernant les résultats à long terme des patients, soit la mortalité et la morbidité, une revue systématique de la littérature récente a identifié des preuves de l'amélioration significative de la mortalité, de l'état cardiovasculaire, de la qualité de vie et de la durée d'hospitalisation en faveur de l'HDF par rapport à l'HDC [129]. D'autres études suggèrent des avantages à court terme avec l'HDx en termes de performance clinique, toutefois des données à plus long terme portant sur la morbi-mortalité seraient utiles pour justifier l'utilisation de cette modalité [130].

En résumé, notre étude confirme que l'HDF et l'HDx représentent des alternatives potentielles à l'HDC pour améliorer l'élimination des toxines urémiques. Dans ce même



sens, la comparaison de ces trois modalités dans le cadre d'essais contrôlés randomisés fournirait des preuves supplémentaires pour soutenir la prise de décision thérapeutique.

### **Limites de l'étude :**

L'interprétation des résultats de notre étude doit se faire avec prudence à cause de plusieurs limites à savoir :

- Son caractère rétrospectif
- La taille de notre échantillon reste faible vu que c'est une étude monocentrique.
- Certains paramètres biologiques incomplets sur quelques dossiers : la bêta micro-globuline, l'albumine, le cholestérol total.
- Le changement des générateurs chez les patients en hémodiafiltration.



---

# CONCLUSION

---

L'hémodialyse conventionnelle (HDC) est le moyen de suppléance le plus utilisé au Maroc, elle se base sur le principe de diffusion pour éliminer les toxines urémiques et maintenir l'équilibre hydroélectrolytique dans l'organisme. Cependant l'HDC est limitée dans l'épuration des substances de moyen à haut poids moléculaire et demeure associée à une large morbi-mortalité. Les avancées techniques dans le domaine de la suppléance rénale ont permis la combinaison de la diffusion et de la convection donnant lieu à de nouvelles

## **Comparaison : hémodialyse conventionnelle versus hémodialyse à haute performance**

---

techniques d'hémodialyse. En premier l'hémodiafiltration (HDF) qui a démontré une efficacité supérieure pour l'élimination des toxines de poids moléculaire plus élevé, améliorant ainsi la survie et la qualité de vie des patients. Ensuite, plus récemment, l'hémodialyse élargie (HDx) qui fonctionne sur les équipements standards de l'HDC, sans utiliser de fluide de substitution nécessaire en HDF. Les résultats de notre étude corroborent les conclusions de la littérature sur le sujet et suggèrent que les techniques d'hémodialyse à haute performance (HDF et HDx) peuvent optimiser l'élimination des toxines urémiques de poids moléculaire moyen à élevé, réduisant ainsi l'inflammation chez les patients, atténuant leurs symptômes et améliorant leurs bilans hématologique, inflammatoire et nutritionnel.

---

# RESUMES

---

## Résumé :

**Introduction :** L'avènement de nouvelles techniques de dialyse se basant sur la composante convective pour le transfert des solutés a permis de dépasser la limite majeure de l'hémodialyse conventionnelle (HDC), qu'est l'épuration de toxines urémiques de poids moléculaire moyen à haut. Ces techniques regroupées sous le terme « hémodialyse à haute performance », sont représentées principalement par l'hémodiafiltration (HDF) et l'hémodialyse élargie (HDx). Elles restent peu utilisées en pratique vu le manque d'études

comparant ces techniques à l'HDC, en particulier l'HDx. Ce travail vise à évaluer l'impact de l'utilisation de différentes techniques d'hémodialyse sur plusieurs paramètres cliniques et biologiques.

**Patients et méthodes :** Il s'agit d'une étude transversale, monocentrique, à visée descriptive, analytique et comparative, ayant adopté un recrutement rétrospectif, étalée sur une période de 6 mois, qui a inclus 65 patients insuffisants rénaux chroniques, traités par hémodialyse périodique, dont 21 en HDF, 20 en HDx et 24 en HDC, depuis plus de 6 mois, pris en charge dans le centre de Néphrologie Hémodialyse privé ATLAS.

**Résultats :** La moyenne d'âge de nos patients était de  $55,91 \pm 13,36$  ans, et leur ancienneté en hémodialyse de  $122,1 \pm 72,9$  mois. Une légère prédominance masculine a été notée (53,8%) et presque la moitié de nos patients étaient hypertendus (43,6%). En dehors de la pression transmembranaire, l'analyse statistique des données épidémiologiques et dialytiques n'a relevé aucune différence statistiquement significative entre les 3 groupes de nos hémodialisés. En revanche, la comparaison des données cliniques entre les différentes techniques a mis en évidence une présence significativement plus marquée de crampes dans le groupe d'hémodialyse conventionnelle (12 patients en HDC, 6 en HDF et 3 en HDx ;  $p=0,04$ ), de la perte d'appétit (11 patients en HDC versus 4 en HDF et 5 en HDx ;  $p=0,04$ ), de la faiblesse musculaire (9 patients en HDC versus 3 en HDF et 3 en HDx ;  $p=0,03$ ) et de la PAS post-dialytique ( $136,92 \pm 19,53$ mmHg en HDC versus  $123,71 \pm 21,357$ mmHg en HDF et  $121,25 \pm 17,23$ mmHg en HDx ;  $p=0,01$ ). De plus, la comparaison des paramètres paracliniques a démontré l'existence d'une différence significative entre l'HDF, l'HDx et l'HDC en matière d'hémoglobine (respectivement  $11,41 \pm 1,49$ g/dl,  $11,20 \pm 1,04$ g/dl,  $10,02 \pm 1,36$ g/dl ;  $p=0,00$ ), de triglycérides ( $2,08 \pm 1,33$ g/L,  $1,45 \pm 0,80$ g/L,  $1,18 \pm 0,52$ g/L ;  $p=0,03$ ) et de cholestérol total ( $3,43 \pm 1,36$ g/L en HDF et  $3,09 \pm 1,43$ g/L en HDx versus  $2,34 \pm 1,34$ g/L en HDC ;  $p=0,01$ ). La tendance de nos patients en HDC à avoir des

taux de CRP et des taux de Bêta-2-microglobuline plus élevée que ceux des patients en HDx et en HDF n'était pas statistiquement significative.

**Conclusion :** L'HDF et l'HDx représentent des alternatives potentielles à l'HDC pour améliorer l'élimination des toxines urémiques, notamment celles de poids moléculaire moyen à élevé, responsables du développement de l'inflammation et des maladies cardiovasculaires. Ces alternatives contribueraient à diminuer la charge des symptômes chez les hémodialisés chroniques (notamment la perte d'appétit, la faiblesse musculaire et la survenue des crampes), et à améliorer leur statut anémique. Et ce, sans les effets néfastes liés à la perte d'albumine.

### **Abstract:**

**Background:** The emergence of new dialysis techniques based on the convective component for solute transfer has allowed for the elimination of uremic toxins of medium to high molecular weight, which was a major limitation of conventional hemodialysis (HDC). These techniques, collectively known as "high-performance hemodialysis," are primarily represented by hemodiafiltration (HDF) and Expanded hemodialysis (HDx). However, their use is limited due to a lack of studies comparing them to HDC, especially HDx. This study

aimed to evaluate the impact of different hemodialysis techniques on several clinical and biological parameters.

**Methods:** This is a cross-sectional, monocentric, descriptive, analytical, and comparative study that adopted a retrospective recruitment strategy. The study included 65 chronic kidney disease patients undergoing periodic hemodialysis, 21 of whom underwent HDF, 20 HDx, and 24 HDC for more than six months, at the private Nephrology Hemodialysis Center ATLAS.

**Results:** The patients' mean age was  $55.91 \pm 13.36$  years, and their mean duration of hemodialysis was  $122.1 \pm 72.9$  months. There were no statistically significant differences in epidemiological and dialytic data between the three groups of hemodialysis patients, except for transmembrane pressure. However, the comparison of clinical data between the different techniques showed a significantly higher incidence of cramps (12 patients on HDC, 6 on HDF et 3 on HDx ;  $p=0,04$ ), loss of appetite (11 patients on HDC versus 4 on HDF and 5 on HDx ;  $p=0,04$ ), muscle weakness (9 patients on HDC versus 3 on HDF and 3 on HDx ;  $p=0,03$ ), and post-dialysis systolic blood pressure ( $136,92 \pm 19,53$  mmHg on HDC versus  $123,71 \pm 21,357$  mmHg on HDF and  $121,25 \pm 17,23$  mmHg on HDx ;  $p=0,01$ ) in the HDC group. In addition, the paraclinical parameters showed a significant difference between HDF, HDx, and HDC in terms of hemoglobin (respectively  $11,41 \pm 1,49$  g/dl,  $11,20 \pm 1,04$  g/dl,  $10,02 \pm 1,36$  g/dl ;  $p=0,00$ ), triglycerides ( $2,08 \pm 1,33$  g/L,  $1,45 \pm 0,80$  g/L,  $1,18 \pm 0,52$  g/L ;  $p=0,03$ ), and total cholesterol ( $3,43 \pm 1,36$  g/L on HDF and  $3,09 \pm 1,43$  g/L on HDx versus  $2,34 \pm 1,34$  g/L on HDC ;  $p=0,01$ ). The tendency of patients in HDC to have higher CRP and Beta-2-microglobulin levels than those in HDx and HDF was not statistically significant.

**Conclusion:** HDF and HDx are potential alternatives to HDC to improve the elimination of uremic toxins, especially those of medium to high molecular weight responsible for inflammation and cardiovascular diseases. These alternatives will help reduce the burden of



symptoms in chronic hemodialysis patients (especially regarding loss of appetite, muscle weakness and the occurrence of cramps), and improve their anemic status without the adverse effects associated with albumin loss.

## ملخص

**مقدمة :** ظهور تقنيات جديدة للغسيل الكلوي تعتمد على المكونات الانتقالية لنقل المواد الكيميائية مما يمح بالتخلص من السموم اليوريمية ذات الوزن الجزيئي المتوسط   العالي، و التي كانت من  كبر قيود الغسيل الكلوي التقليدي. وتتتمثل هذه التقنيات، المعروفة بشكل عام بـ"الغسيل الكلوي عالي الأداء"،   أساسا في " تقنية ترشيح الدم" و " الغسيل الكلوي الموسع ". ومع ذلك، يبقى استخدامها محدودا بسبب نقص الدراسات المقارنة بينها وبين الغسيل الكلوي التقليدي، خاصة الغسيل الكلوي الموسع. وقد هدفت هذه الدراسة   تقييم تأثير تقنيات الغسيل الكلوي المختلفة على عدة مؤشرات سريرية وبيولوجية.

**منهجية:** هذه دراسة مستعرضة، أحادية المركز، وصفية وتحليلية ومقارنة، اعتمدت استراتيجية انتقاء استرجاعية. شملت الدراسة 65 مريضاً يعانون من مرض كلوي مزمن ويخضعون للغسيل الكلوي الدوري، 21 منهم يخضعون لتقنية ترشيح الدم، و 20 منهم يخضعون للغسيل الكلوي الموسع، و 24 منهم يخضعون للغسيل الكلوي التقليدي لأكثر من ستة أشهر في مركز "أطلس" الخاص بأمراض الكلى والغسيل الكلوي.

**نتائج:** متوسط عمر المرضى هو  $55,91 \pm 13,36$  عاماً ومتوسط فترة الغسيل الكلوي هو  $122,1 \pm 72,9$  شهراً. لم تظهر البيانات الوبائية وال متعلقة بترشيح الدم اي فروقات ذات دلالة إحصائية بين المجموعات الثلاث لمرضى الغسيل الكلوي، باستثناء الضغط العابر للغشاء. ومع ذلك، أظهرت مقارنة البيانات السريرية بين التقنيات المختلفة تسجيلاً أعلى بشكل ملحوظ للتشنجات ( 12 مريضاً في الغسيل الكلوي التقليدي، 6 في تقنية ترشيح الدم و3 في الغسيل الكلوي الموسع  $p=0,04$ )، لفقدان الشهية ( 11 مريضاً في الغسيل الكلوي التقليدي مقابل 4 في تقنية ترشيح الدم و 5 في الغسيل الكلوي الموسع)، لضعف العضلات ( 9 مرضى في الغسيل الكلوي التقليدي مقابل 3 في تقنية ترشيح الدم، 3 في الغسيل الكلوي الموسع،  $p=0,03$ ) ، لضغط الدم الانقباضي بعد الغسيل (  $136,92 \pm 19,53$  ملم زئبقي في الغسيل الكلوي التقليدي مقابل  $123,71 \pm 21,357$  ملم زئبقي في تقنية ترشيح الدم و  $121,25 \pm 17,23$  ملم زئبقي في الغسيل الكلوي الموسع ،  $p=0,01$ ) بالإضافة إلى ذلك، أظهرت البيانات البيولوجية فروقات ذات دلالة إحصائية بين تقنية ترشيح الدم والغسيل الكلوي الموسع والغسيل الكلوي التقليدي فيما يتعلق بالهيموجلوبين (بهذا الترتيب  $11,41 \pm 1,49$  غ/دل،  $11,20 \pm 1,04$  غ/دل ،  $10,02 \pm 1,36$  غ/دل ،  $p=0,00$ ) تريغليسيريدهات (بهذا الترتيب  $2,08 \pm 1,33$  غ/ل ،  $1,45 \pm 0,80$  غ/ل ،  $1,18 \pm 0,52$  غ/ل ،  $p=0,03$ ) و الكوليسترول الكلي (  $3,43 \pm 1,36$  غ/ل بالنسبة لتقنية ترشيح الدم ،  $3,09 \pm 1,43$  غ/ل بالنسبة للغسيل الكلوي الموسع ، مقابل  $2,34 \pm 1,34$  غ/ل بالنسبة للغسيل الكلوي التقليدي،  $p=0,01$ ) . بالرغم من الاتجاه العام لمرضى غسيل الكلى التقليدي في ما يخص المعدلات المرتفعة لاختبار بروتين الالتهاب المتفاعل وليبتا 2 ميكروغلوبين مقارنة بمرضى ترشيح الدم والغسيل الكلوي الموسع ، فهذه النتيجة تبقى بدون دلالة إحصائية .

**خلاصة:** تمثل تقنيات ترشيح الدم والغسيل الكلوي الموسع بالنسبة لتقنية الدم بالغسيل الكلوي التقليدي إمكانات محتملة لتحسين إزالة السموم اليوريمية، بما في ذلك المتوسطة وعالية الوزن الجزيئي، المسؤولة عن تطور الالتهاب والأمراض القلبية والوعائية. ومن الممكن أن تقلل هذه البدائل من أعباء الأعراض المترتبة على الغسيل الكلوي المزمن، وتحسن وضعي ة فقر الدم لديهم، وذلك دون التأثير الضار المرتبط بفقدان الألبومين .



---

# ANNEXES

---

## Comparaison : hémodialyse conventionnelle Vs hémodialyse à haute performance

### Fiche d'exploitation :

#### **I. Identité :**

1. N° de dossier :
2. Nom et prénom :
3. Sexe : Masculin  Féminin
4. Age :
5. Origine :
6. Téléphone :

#### **II. Antécédents médicaux :**

1. Diabète : oui  non   
Type : I  II
2. Complications du diabète :  
Non  Rétinopathie  Neuropathie   
Autre :
4. Maladie cardio-vasculaire :  
oui  non
5. Maladie cérébro-vasculaire :  
oui  non
6. Maladie hépatique :  
oui  non
7. Trouble de l'hémostase :  
oui  non
8. Pathologie néoplasique :  
oui  non
9. Chimiothérapie :  
oui  non
10. Maladie de système :  
oui  non
11. Séjour dans un service de réanimation :  
oui  non
12. Prise médicamenteuse à long cours :  
oui  non
13. Autres :

#### **III. Antécédents chirurgicaux :**

#### **IV. Antécédents toxico-allergique :**

#### **V. Données dialytiques :**

1. Date de la première hémodialyse :
2. Module utilisé :
3. Type de la membrane :
4. Surface de la membrane :
5. Matériau de la membrane :
6. Débit de pompe à sang :
7. Pression transmembranaire :
8. Volume convectif :
9. Type d'anticoagulation: HNF  HBPM
10. Dose d'anticoagulation/kg:
11. Type de l'abord vasculaire : FAV  Greffon (gortex)  Cathéter tunnelisé
12. Déroulement de la séance de dialyse :  
-Nombre de séances écourtées :  
-Nombre de séances sautées :  
-Prise de poids interdialytique : kg  
-TA au branchement :  
-FC au branchement :  
-TA au débranchement :  
-FC au débranchement :  
-Hypotension intradialytique :  
oui  non
13. Qualité de la dialyse :  
-Durée moyenne de la séance de dialyse :  
-Nombre de séances de dialyse par semaine :  
-Prise de poids inter-dialytique :  
-Dose de dialyse Kt/V :  
-Taux de recirculation TR :



---

# **BIBLIOGRAPHIE**

---

1. **Asserraji M, Maoujoud O, Belarbi M, Oualim Z.**  
Profil épidémiologique de l'insuffisance rénale terminale à l'hôpital Militaire de Rabat, Maroc.  
Pan Afr Med J. 30 avr 2015;20:439.
2. **Hill NR, Fatoba ST, Oke JL, Hirst JA, O'Callaghan CA, Lasserson DS, et al.**  
Global Prevalence of Chronic Kidney Disease – A Systematic Review and Meta-Analysis.  
PLOS ONE. 6 juill 2016;11(7):e0158765.
3. **Webster AC, Nagler EV, Morton RL, Masson P.**  
Chronic Kidney Disease.  
Lancet Lond Engl. 25 mars 2017;389(10075):1238-52.
4. **Maoujoud O, Cherrah Y, Arrayhani M, Zemraoui N, Dkhissi H, El Kabbaj DE, et al.**  
Epidemiology, Health Economic Context, and Management of Chronic Kidney Diseases in  
Low and Middle-Income Countries: The Case of Morocco.  
EMJ Nephrol. 30 nov 2017;76-81.
5. **Chrifi Alaoui A.**  
REGISTRE DE MALADIE RÉNALE CHRONIQUE AVANCÉE ET TERMINALE [MEMOIRE POUR  
L'OBTENTION DU DIPLOME DE SPECIALITE EN MEDECINE OPTION : EPIDEMIOLOGIE CLINIQUE].  
Sidi Mohamed Ben Abdellah; 2019.
6. **Lidsky-Haziza D, Bouatou Y.**  
MALADIE RENALE CHRONIQUE (MRC). 2017.
7. Haute autorité de santé. Dialyse péritonéale et hémodialyse : informations comparatives  
[Internet]. HAS; 2017.
8. **Himmelfarb J, Vanholder R, Mehrotra R, Tonelli M.**  
The current and future landscape of dialysis.  
Nat Rev Nephrol. 2020;16(10):573-85.
9. **BIGHOUAB Y.**  
Le passage de l'hémodialyse à l'hémodiafiltration : Quelle valeur ajoutée pour un centre de  
dialyse?: Université CADI AYYAD; 2022.
10. **Canaud B, Chenine-Koualef L, Laure P.**  
L'HÉMODIAFILTRATION EN-LIGNE : LA THÉRAPIE DE SUPPLÉANCE RÉNALE DU FUTUR  
DISPONIBLE DÈS AUJOURD'HUI 2016 Juin
11. **Hutchison CA, Wolley M.**  
The Rationale for Expanded Hemodialysis Therapy (HDx). In: Ronco C, éditeur. Contributions  
to Nephrology [Internet]. S. Karger AG; 2017 [cité 10 avr 2023]. p. 142-52.
12. **Nathalie P.**  
Guide du parcours de soins – Maladie rénale chronique de l'adulte (MRC).  
Haute autorité de la santé; 2021.



- 13. Collège Universitaire des Enseignants de Néphrologie.**  
Néphrologie – 8e édition. Ellipses Édition. 2018. 432 p. (collection dirigée par J.-S. Hulot; vol. 8 e édition).
- 14. Puyo A.**  
Principes et Technologie des Equipements de Dialyse– le générateur de dialyse.  
Gambro Hospal; 2015.
- 15. Canaud B.**  
Principes et modalités d’application de l’hémodialyse au traitement de l’insuffisance rénale chronique.  
Néphrologie Thérapeutique. 1 juin 2009;5(3):218-38.
- 16. Man NK, Touam M, Jungers P.**  
L’Hémodialyse de suppléance. Lavoisier Msp. Vol. 2ème édition.
- 17. Ait Ahmed R.**  
La qualité de l’hémodialyse en réanimation. [Faculté de médecine et de pharmacie de Marrakech] Université CADI AYYAD; 2019.
- 18. Bourquin V.**  
Principes épuration extrarénale. 2015.
- 19. Barreto FC, Barreto DV, Canziani MEF.**  
Uremia Retention Molecules and Clinical Outcomes. In: Ronco C, éditeur. Contributions to Nephrology. S. Karger AG; 2017 [cité 10 avr 2023]. p. 18-31.
- 20. Massy ZA, Liabeuf S.**  
Middle-Molecule Uremic Toxins and Outcomes in Chronic Kidney Disease.  
In: Ronco C, éditeur. Contributions to Nephrology. S. Karger AG; 2017 [cité 10 avr 2023]. p. 8-17.
- 21. Ronco C, Neri M, Lorenzin A, Garzotto F, Clark WR.**  
Multidimensional Classification of Dialysis Membranes. In: Ronco C, éditeur. Contributions to Nephrology [Internet]. S. Karger AG; 2017 [cité 10 avr 2023]. p. 115-26.
- 22. Ronco C, La Manna G.**  
Expanded Hemodialysis: A New Therapy for a New Class of Membranes.  
In: La Manna G, Ronco C, éditeurs. Contributions to Nephrology. S. Karger AG; 2017 [cité 10 avr 2023]. p. 124-33.
- 23. Dkhissi H.**  
La quantification en dialyse. 2021;1.
- 24. Hauss.**  
Hémodiafiltration. REVUES “Echanges” de l’AFIDTN. 1995;(35).
- 25. CLERC M.**  
Hémodiafiltration en ligne Un traitement de qualité pour tous. REVUES “Echanges” de l’AFIDTN. sept 2000;

- 26. Ronco C, La Manna G.**  
Expanded Hemodialysis: A New Therapy for a New Class of Membranes.  
Contrib Nephrol. 2017;190:124-33.
- 27. Lee Y, Jang M jin, Jeon J, Lee JE, Huh W, Choi BS, et al.**  
Cardiovascular Risk Comparison between Expanded Hemodialysis Using Theranova and Online Hemodiafiltration (CARTOON): A Multicenter Randomized Controlled Trial.  
Sci Rep. 24 mai 2021;11(1):10807.
- 28. Bushljetik IR, Trajceska L, Biljali S, Balkanov T, Dejanov P, Spasovski G.**  
Efficacy of Medium Cut-Off Dialyzer and Comparison with Standard High-Flux Hemodialysis.  
Blood Purif. 2021;50(4-5):492-8.
- 29. GHIGOLEA AB, GHERMAN-CAPRIOARA M, MOLDOVAN AR.**  
Arterial stiffness: hemodialysis versus hemodiafiltration. Clujul Med. 2017;90(2):166-70.
- 30. Leclerc M, Béchade C, Henri P, Lecouf A, Zagdoun E, Besselièvre T, et al.**  
Le débit de la pompe à sang n'a que peu d'impact sur la dose de dialyse en hémodialyse quotidienne à bas débit de dialysat. Néphrologie Thérapeutique. sept 2016;12(5):327.
- 31. Chang KY, Kim SH, Kim YO, Jin DC, Song HC, Choi EJ, et al.**  
The impact of blood flow rate during hemodialysis on all-cause mortality.  
Korean J Intern Med. nov 2016;31(6):1131-9.
- 32. Ng YH, Meyer KB, Kusek JW, Yan G, Rocco MV, Kimmel PL, et al.**  
Hemodialysis timing, survival, and cardiovascular outcomes in the Hemodialysis (HEMO) Study.  
Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found. avr 2006;47(4):614-24.
- 33. Béguin L, Krummel T, Longlune N, Galland R, Couchoud C, Hannedouche T, et al.**  
Dialysis dose and mortality in haemodialysis: is higher better?  
Nephrol Dial Transplant. 1 déc 2021;36(12):2300-7.
- 34. Lim JH, Park Y, Yook JM, Choi SY, Jung HY, Choi JY, et al.**  
Randomized controlled trial of medium cut-off versus high-flux dialyzers on quality of life outcomes in maintenance hemodialysis patients.  
Sci Rep. 8 mai 2020;10(1):7780.
- 35. Mostovaya IM, Blankestijn PJ, Bots ML, Covic A, Davenport A, Grooteman MPC, et al.**  
Clinical Evidence on Hemodiafiltration: A Systematic Review and a Meta-analysis.  
Semin Dial. mars 2014;27(2):119-27.
- 36. Tattersall JE, Ward RA, EUDIAL group.**  
Online haemodiafiltration: definition, dose quantification and safety revisited. Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc – Eur Ren Assoc. mars 2013;28(3):542-50.

**37. Canaud B, Koehler K, Bowry S, Stuard S.**

What Is the Optimal Target Convective Volume in On-Line Hemodiafiltration Therapy?

In: Kawanishi H, Takemoto Y, éditeurs. Contributions to Nephrology S. Karger AG; 2017 [cité 15 avr 2023]. p. 9-16.

**38. Hadad-Arrascue F, Nilsson L, Rivera AS, Bernardo AA, Cabezuelo Romero JB.**

Expanded hemodialysis as effective alternative to on-line hemodiafiltration: A randomized mid-term clinical trial.

Ther Apher Dial. févr 2022;26(1):37-44.

**39. Suranyi M, Chow JS.**

Review: Anticoagulation for haemodialysis: Anticoagulation for HD.

Nephrology. 19 févr 2010;15(4):386-92.

**40. Brunet P, Simon N, Opris A, Faure V, Lorec-Penet AM, Portugal H, et al.**

Pharmacodynamics of unfractionated heparin during and after a hemodialysis session. Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found. mai 2008;51(5):789-95.

**41. Chandarajoti K, Liu J, Pawlinski R.**

The design and synthesis of new synthetic low-molecular-weight heparins.

J Thromb Haemost JTH. juin 2016;14(6):1135-45.

**42. Claudel SE, Miles LA, Murea M.**

Anticoagulation in hemodialysis: A narrative review.

Semin Dial. mars 2021;34(2):103-15.

**43. Santos A, Macías N, Vega A, Abad S, Linares T, Aragoncillo I, et al.**

Expanded hemodialysis: Is anticoagulation of the dialysis circuit different from online hemodiafiltration and high-flux hemodialysis?

Ther Apher Dial. févr 2022;26(1):147-53.

**44. Jacobson J, Ju A, Baumgart A, Unruh M, O'Donoghue D, Obrador G, et al.**

Patient Perspectives on the Meaning and Impact of Fatigue in Hemodialysis: A Systematic Review and Thematic Analysis of Qualitative Studies.

Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found. août 2019;74(2):179-92.

**45. Almutary H, Bonner A, Douglas C.**

WHICH PATIENTS WITH CHRONIC KIDNEY DISEASE HAVE THE GREATEST SYMPTOM BURDEN? A COMPARATIVE STUDY OF ADVANCED CKD STAGE AND DIALYSIS MODALITY.

J Ren Care. juin 2016;42(2):73-82.

**46. Flythe JE, Dorough A, Narendra JH, Forfang D, Hartwell L, Abdel-Rahman E.**

Perspectives on symptom experiences and symptom reporting among individuals on

hemodialysis. Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc – Eur Ren Assoc. 1 oct 2018;33(10):1842-52.

- 47. Weisbord SD, Fried LF, Arnold RM, Fine MJ, Levenson DJ, Peterson RA, et al.**  
Prevalence, severity, and importance of physical and emotional symptoms in chronic hemodialysis patients.  
J Am Soc Nephrol JASN. août 2005;16(8):2487-94.
- 48. Jhamb M, Weisbord SD, Steel JL, Unruh M.**  
Fatigue in Patients Receiving Maintenance Dialysis: A Review of Definitions, Measures, and Contributing Factors.  
Am J Kidney Dis. août 2008;52(2):353-65.
- 49. Debnath S, Rueda R, Bansal S, Kasinath BS, Sharma K, Lorenzo C.**  
Fatigue characteristics on dialysis and non-dialysis days in patients with chronic kidney failure on maintenance hemodialysis.  
BMC Nephrol. 27 mars 2021;22:112.
- 50. Bergström J, Lindholm B, Lacson E, Owen W, Lowrie EG, Glassock RJ, et al.**  
What are the causes and consequences of the chronic inflammatory state in chronic dialysis patients?  
Semin Dial. 2000;13(3):163-75.
- 51. Ganz PA, Bower JE.**  
Cancer related fatigue: a focus on breast cancer and Hodgkin's disease survivors.  
Acta Oncol Stockh Swed. 2007;46(4):474-9.
- 52. Kurzrock R.**  
The role of cytokines in cancer-related fatigue.  
Cancer. 15 sept 2001;92(6 Suppl):1684-8.
- 53. Piepoli M, Clark AL, Volterrani M, Adamopoulos S, Sleight P, Coats AJ.**  
Contribution of muscle afferents to the hemodynamic, autonomic, and ventilatory responses to exercise in patients with chronic heart failure: effects of physical training.  
Circulation. 1 mars 1996;93(5):940-52.
- 54. Carrero JJ.**  
Identification of Patients With Eating Disorders: Clinical and Biochemical Signs of Appetite Loss in Dialysis Patients.  
J Ren Nutr. janv 2009;19(1):10-5.
- 55. Burrowes JD, Larive B, Cockram DB, Dwyer J, Kusek JW, McLeroy S, et al.**  
Effects of dietary intake, appetite, and eating habits on dialysis and non-dialysis treatment days in hemodialysis patients: cross-sectional results from the HEMO study.  
J Ren Nutr Off J Counc Ren Nutr Natl Kidney Found. juill 2003;13(3):191-8.

- 56. Lopes AA, Elder SJ, Ginsberg N, Andreucci VE, Cruz JM, Fukuhara S, et al.**  
Lack of appetite in haemodialysis patients--associations with patient characteristics, indicators of nutritional status and outcomes in the international DOPPS.  
Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc – Eur Ren Assoc. déc 2007;22(12):3538-46.
- 57. Burrowes JD, Larive B, Chertow GM, Cockram DB, Dwyer JT, Greene T, et al.**  
Self-reported appetite, hospitalization and death in haemodialysis patients: findings from the Hemodialysis (HEMO) Study.  
Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc – Eur Ren Assoc. déc 2005;20(12):2765-74.
- 58. Mehrotra R, Kopple JD.**  
NUTRITIONAL MANAGEMENT OF MAINTENANCE DIALYSIS PATIENTS: Why Aren't We Doing Better?  
Annu Rev Nutr. juill 2001;21(1):343-79.
- 59. Carrero JJ, Aguilera A, Stenvinkel P, Gil F, Selgas R, Lindholm B.**  
Appetite disorders in uremia.  
J Ren Nutr Off J Counc Ren Nutr Natl Kidney Found. janv 2008;18(1):107-13.
- 60. Pérez-Fontán M, Cordido F, Rodríguez-Carmona A, Peteiro J, García-Naveiro R, García-Buela J, et al.**  
Plasma ghrelin levels in patients undergoing haemodialysis and peritoneal dialysis. Nephrol Dial Transplant. 1 août 2004;19(8):2095-100.
- 61. Shirai N, Yamamoto S, Osawa Y, Tsubaki A, Morishita S, Igarashi K, et al.**  
Comparison of muscle strength between hemodialysis patients and non-dialysis patients with chronic kidney disease.  
J Phys Ther Sci. oct 2021;33(10):742-7.
- 62. Battaglia Y, Galeano D, Cojocar E, Fiorini F, Forcellini S, Zanolli L, et al.**  
[Muscle-wasting in end stage renal disease in dialysis treatment: a review].  
G Ital Nefrol Organo Uff Della Soc Ital Nefrol. 2016;33(2):gin/33.2.7.
- 63. Ioyama N, Qureshi AR, Avesani CM, Lindholm B, Bàràny P, Heimbürger O, et al.**  
Comparative associations of muscle mass and muscle strength with mortality in dialysis patients.  
Clin J Am Soc Nephrol CJASN. 7 oct 2014;9(10):1720-8.
- 64. Sato E, Mori T, Mishima E, Suzuki A, Sugawara S, Kurasawa N, et al.**  
Metabolic alterations by indoxyl sulfate in skeletal muscle induce uremic sarcopenia in chronic kidney disease.  
Sci Rep. 10 nov 2016;6:36618.

- 65. Scherer JS, Combs SA, Brennan F.**  
Sleep Disorders, Restless Legs Syndrome, and Uremic Pruritus: Diagnosis and Treatment of Common Symptoms in Dialysis Patients.  
Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found. janv 2017;69(1):117-28.
- 66. Salib M, Memon AN, Gowda AS, Rallabhandi B, Bidika E, Fayyaz H, et al.**  
Dialysis Patients With Restless Leg Syndrome: Can We Relieve Their Suffering? Cureus.  
12(8):e10053.
- 67. Gopaluni S, Sherif M, Ahmadouk NA.**  
Interventions for chronic kidney disease-associated restless legs syndrome. Cochrane Database Syst Rev. 7 nov 2016;11(11):CD010690.
- 68. Walters AS, LeBrocq C, Dhar A, Hening W, Rosen R, Allen RP, et al.**  
Validation of the International Restless Legs Syndrome Study Group rating scale for restless legs syndrome. Sleep Med. mars 2003;4(2):121-32.
- 69. Einollahi B, Izadianmehr N.**  
Restless leg syndrome: a neglected diagnosis. Nephro-Urol Mon. sept 2014;6(5):e22009.
- 70. T H, M A, M M, T Y, H S, M M, et al.**  
Association of restless legs syndrome with oxidative stress and inflammation in patients undergoing hemodialysis. Sleep Med [Internet]. août 2015 [cité 17 avr 2023];16(8).
- 71. Sanabria M, Bunch, A.**  
Quality of Life Reported by Patients with Expanded Hemodialysis by the TheraNova Dialyzer in RTS Colombia. ASN Kidney Week. oct 2018;
- 72. Wolley M, Jardine M, Hutchison CA.**  
Exploring the Clinical Relevance of Providing Increased Removal of Large Middle Molecules. Clin J Am Soc Nephrol CJASN. 7 mai 2018;13(5):805-14.
- 73. Peres MFP.**  
Dialysis headache. Arq Neuropsiquiatr. févr 2022;80(2):111.
- 74. Sousa Melo E, Carrilho Aguiar F, Sampaio Rocha-Filho PA.**  
Dialysis Headache: A Narrative Review. Headache. janv 2017;57(1):161-4.
- 75. Bana DS, Yap AU, Graham JR.**  
Headache during hemodialysis. Headache. avr 1972;12(1):1-14.
- 76. Göksan B, Karaali-Savrun F, Ertan S, Savrun M.**  
Haemodialysis-related headache. Cephalalgia Int J Headache. avr 2004;24(4):284-7.
- 77. Goksel BK, Torun D, Karaca S, Karatas M, Tan M, Sezgin N, et al.**  
Is low blood magnesium level associated with hemodialysis headache? Headache. janv 2006;46(1):40-5.
- 78. Gozubatik-Celik G, Uluduz D, Goksan B, Akkaya N, Sohtaoglu M, Uygunoglu U, et al.**  
Hemodialysis-related headache and how to prevent it. Eur J Neurol. janv 2019;26(1):100-5.

- 79. Alessandri M, Massanti L, Geppetti P, Bellucci G, Cipriani M, Fanciullacci M.**  
Plasma changes of calcitonin gene-related peptide and substance P in patients with dialysis headache.  
Cephalalgia Int J Headache. nov 2006;26(11):1287-93.
- 80. L. Antoniazzi et al.**  
Expert Opinion: Headaches and Hemodialysis. Headache J Head Face Pain. mars 2009;49(3):463-6.
- 81. Morena M, Jaussent A, Chalabi L, Leray-Moragues H, Chenine L, Debure A, et al.**  
Treatment tolerance and patient-reported outcomes favor online hemodiafiltration compared to high-flux hemodialysis in the elderly.  
Kidney Int. juin 2017;91(6):1495-509.
- 82. Hazim A, Adarmouch L, Eloury A, Aasfara J, Asly M, Slassi I.**  
Hemodialysis-related headache: Still a challenge in 2020? Effect of conventional versus online hemodiafiltration from a study in Casablanca, Morocco.  
Artif Organs. juin 2021;45(6):602-7.
- 83. Miller TM, Layzer RB.**  
Muscle cramps. Muscle Nerve. oct 2005;32(4):431-42.
- 84. Minetto MA, Holobar A, Botter A, Farina D.**  
Origin and development of muscle cramps. Exerc Sport Sci Rev. janv 2013;41(1):3-10.
- 85. Flythe JE, Hilliard T, Castillo G, Ikeler K, Orazi J, Abdel-Rahman E, et al.**  
Symptom Prioritization among Adults Receiving In-Center Hemodialysis: A Mixed Methods Study.  
Clin J Am Soc Nephrol CJASN. 7 mai 2018;13(5):735-45.
- 86. Ahsan M, Gupta M, Omar I, Frinak S, Gendjar S, Osman-Malik Y, et al.**  
Prevention of hemodialysis-related muscle cramps by intradialytic use of sequential compression devices: a report of four cases.  
Hemodial Int Int Symp Home Hemodial. 1 juill 2004;8(3):283-6.
- 87. Charra B, Laurent G, Chazot C, Calemard E, Terrat JC, Vanel T, et al.**  
Clinical assessment of dry weight.  
Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc. 1996;11 Suppl 2:16-9.
- 88. Varghese A, Lacson E, Sontrop JM, Acedillo RR, Al-Jaishi AA, Anderson S, et al.**  
A Higher Concentration of Dialysate Magnesium to Reduce the Frequency of Muscle Cramps: A Narrative Review. Can J Kidney Health Dis. 22 oct 2020;7:2054358120964078.
- 89. Oguma S, Ando I, Hirose T, Totsune K, Sekino H, Sato H, et al.**  
Biotin ameliorates muscle cramps of hemodialysis patients: a prospective trial.  
Tohoku J Exp Med. juill 2012;227(3):217-23.

- 90. Mastnardo D, Lewis JM, Hall K, Sullivan CM, Cain K, Theurer J, et al.**  
Intradialytic Massage for Leg Cramps Among Hemodialysis Patients: a Pilot Randomized Controlled Trial.  
Int J Ther Massage Bodyw. juin 2016;9(2):3-8.
- 91. Caplin B, Alston H, Davenport A.**  
Does Online Haemodiafiltration Reduce Intra-Dialytic Patient Symptoms?  
Nephron Clin Pract. 4 janv 2014;124(3-4):184-90.
- 92. Arneson TJ, Liu J, Qiu Y, Gilbertson DT, Foley RN, Collins AJ.**  
Hospital treatment for fluid overload in the Medicare hemodialysis population.  
Clin J Am Soc Nephrol CJASN. juin 2010;5(6):1054-63.
- 93. Ohashi Y, Sakai K, Hase H, Joki N.**  
Dry weight targeting: The art and science of conventional hemodialysis.  
Semin Dial. nov 2018;31(6):551-6.
- 94. Kim HR, Bae HJ, Jeon JW, Ham YR, Na KR, Lee KW, et al.**  
A novel approach to dry weight adjustments for dialysis patients using machine learning.  
PLoS ONE. 23 avr 2021;16(4):e0250467.
- 95. Loutradis C, Sarafidis PA, Ferro CJ, Zoccali C.**  
Volume overload in hemodialysis: diagnosis, cardiovascular consequences, and management.  
Nephrol Dial Transplant. 2 déc 2021;36(12):2182-93.
- 96. McCallum W, Sarnak MJ.**  
Blood Pressure Target for the Dialysis Patient.  
Semin Dial. janv 2019;32(1):35-40.
- 97. Francisco RC, Aloha M, Ramón PS.**  
Effects of high-efficiency postdilution online hemodiafiltration and high-flux hemodialysis on serum phosphorus and cardiac structure and function in patients with end-stage renal disease.  
Int Urol Nephrol. oct 2013;45(5):1373-8.
- 98. Kliger AS, Foley RN, Goldfarb DS, Goldstein SL, Johansen K, Singh A, et al.**  
KDOQI US commentary on the 2012 KDIGO Clinical Practice Guideline for Anemia in CKD. Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found. nov 2013;62(5):849-59.
- 99. Ly J, Marticorena R, Donnelly S.**  
Red blood cell survival in chronic renal failure.  
Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found. oct 2004;44(4):715-9.
- 100. Marcelli D, Bayh I, Merello JI, Ponce P, Heaton A, Kircelli F, et al.**  
Dynamics of the erythropoiesis stimulating agent resistance index in incident hemodiafiltration and high-flux hemodialysis patients. Kidney Int. juill 2016;90(1):192-202.



101. **Panichi V, Scatena A, Rosati A, Giusti R, Ferro G, Malagnino E, et al.**  
High-volume online haemodiafiltration improves erythropoiesis-stimulating agent (ESA) resistance in comparison with low-flux bicarbonate dialysis: results of the REDERT study. *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc – Eur Ren Assoc.* avr 2015;30(4):682-9.
102. **Jiang Y, Li J, Luo J, Han Q, Zhu S, Ma Y, et al.**  
Hemodiafiltration improves red blood cell lifespan in patients with end-stage renal disease. *Semin Dial.* 2022;35(3):215-21.
103. **Lee YH, Shin YS, Lee SY, Kim YG, Lee SH, Moon JY, et al.**  
Effects of online hemodiafiltration on anemia and nutritional status in chronic hemodialysis patients. *Kidney Res Clin Pract.* 31 mars 2020;39(1):103-11.
104. **Gafter-Gvili A, Schechter A, Rozen-Zvi B.**  
Iron Deficiency Anemia in Chronic Kidney Disease. *Acta Haematol.* 2019;142(1):44-50.
105. **Kantartzi K, Panagoutsos S, Mourvati E, Roumeliotis A, Leivaditis K, Devetzi V, et al.**  
Can Dialysis Modality Influence Quality of Life in Chronic Hemodialysis Patients? Low-Flux Hemodialysis versus High-Flux Hemodiafiltration: A Cross-Over Study. *Ren Fail.* 1 mars 2013;35(2):216-21.
106. **Jofré R, Rodriguez-Benitez P, López-Gómez JM, Pérez-García R.**  
Inflammatory Syndrome in Patients on Hemodialysis. *J Am Soc Nephrol.* déc 2006;17(12\_suppl\_3):S274-80.
107. **Wanner C, Zimmermann J, Schwedler S, Metzger T.**  
Inflammation and cardiovascular risk in dialysis patients. *Kidney Int Suppl.* mai 2002;(80):99-102.
108. **Panichi V, Rizza GM, Paoletti S, Bigazzi R, Aloisi M, Barsotti G, et al.**  
Chronic inflammation and mortality in haemodialysis: effect of different renal replacement therapies. Results from the RISCAVID study. *Nephrol Dial Transplant.* 25 mai 2008;23(7):2337-43.
109. **Bazeley J, Bieber B, Li Y, Morgenstern H, de Sequera P, Combe C, et al.**  
C-reactive protein and prediction of 1-year mortality in prevalent hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol CJASN.* oct 2011;6(10):2452-61.
110. **Zhang Z, Yang T, Li Y, Li J, Yang Q, Wang L, et al.**  
Effects of Expanded Hemodialysis with Medium Cut-Off Membranes on Maintenance Hemodialysis Patients: A Review. *Membranes.* 23 févr 2022;12(3):253.
111. **Yeter HH, Korucu B, Akcay OF, Derici K, Derici U, Arinsoy T.**  
Effects of medium cut-off dialysis membranes on inflammation and oxidative stress in patients on maintenance hemodialysis. *Int Urol Nephrol.* 1 sept 2020;52(9):1779-89.

112. **Zhang J, Lu X, Zu Y, Li H, Wang S.**  
Prognostic value of beta-2 microglobulin on mortality in chronic kidney disease patients: A systematic review and META-ANALYSIS.  
Ther Apher Dial. avr 2022;26(2):267-74.
113. **Cheung AK, Rocco MV, Yan G, Leypoldt JK, Levin NW, Greene T, et al.**  
Serum beta-2 microglobulin levels predict mortality in dialysis patients: results of the HEMO study.  
J Am Soc Nephrol JASN. févr 2006;17(2):546-55 .
114. **Locatelli F, Mastrangelo F, Redaelli B, Ronco C, Marcelli D, La Greca G, et al.**  
Effects of different membranes and dialysis technologies on patient treatment tolerance and nutritional parameters.  
The Italian Cooperative Dialysis Study Group. Kidney Int. oct 1996;50(4):1293-302.
115. **Kanda E, Muenz D, Bieber B, Cases A, Locatelli F, Port FK, et al.**  
Beta-2 microglobulin and all-cause mortality in the era of high-flux hemodialysis: results from the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study.  
Clin Kidney J. 27 oct 2020;14(5):1436-42.
116. **Stenvinkel P, Heimbürger O, Paultre F, Diczfalusy U, Wang T, Berglund L, et al.**  
Strong association between malnutrition, inflammation, and atherosclerosis in chronic renal failure. Kidney  
Int. mai 1999;55(5):1899-911 .
117. **Yeun JY, Kaysen GA.**  
Factors influencing serum albumin in dialysis patients.  
Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found. déc 1998;32(6 Suppl 4):S118-125.
118. **Kalantar-Zadeh K, Ficociello LH, Bazzanella J, Mullon C, Anger MS.**  
Slipping Through the Pores: Hypoalbuminemia and Albumin Loss During Hemodialysis.  
Int J Nephrol Renov Dis. 20 janv 2021;14:11-21 .
119. **Maduell F, Broseta JJ, Rodríguez-Espinosa D, Del Risco J, Rodas LM, Arias-Guillén M, et al.**  
Comparison of four medium cut-off dialyzers.  
Clin Kidney J. déc 2022;15(12):2292-9.
120. **Kandi M, Brignardello-Petersen R, Couban R, Wu C, Nesrallah G.**  
Effects of Medium Cut-Off Versus High-Flux Hemodialysis Membranes on Biomarkers: A Systematic Review and Meta-Analysis. Can J Kidney Health Dis. 18 janv  
2022;9:20543581211067090.
121. **Koj A.**  
Initiation of acute phase response and synthesis of cytokines.  
Biochim Biophys Acta. 15 nov 1996;1317(2):84-94.

122. **den Hoedt CH, Bots ML, Grooteman MPC, van der Weerd NC, Mazairac AHA, Penne EL, et al.**  
Online hemodiafiltration reduces systemic inflammation compared to low-flux hemodialysis. *Kidney Int.* août 2014;86(2):423-32.
123. **Tsuchida K, Minakuchi J.**  
Albumin loss under the use of the high-performance membrane. *Contrib Nephrol.* 2011;173:76-83.
124. **Chmielewski M, Verduijn M, Drechsler C, Lindholm B, Stenvinkel P, Rutkowski B, et al.**  
Low cholesterol in dialysis patients--causal factor for mortality or an effect of confounding? *Nephrol Dial Transplant.* 1 oct 2011;26(10):3325-31.
125. **Liu Y, Coresh J, Eustace JA, Longenecker JC, Jaar B, Fink NE, et al.**  
Association Between Cholesterol Level and Mortality in Dialysis Patients Role of Inflammation and Malnutrition. *JAMA.* 28 janv 2004;291(4):451-9.
126. **Heine GH, Rogacev KS, Weingärtner O, Marsche G.**  
Still a reasonable goal: Targeting cholesterol in dialysis and advanced chronic kidney disease patients. *Semin Dial.* sept 2017;30(5):390-4.
127. **Kalantar-Zadeh K, Lockwood MB, Rhee CM, Tantisattamo E, Andreoli S, Balducci A, et al.**  
Patient-centred approaches for the management of unpleasant symptoms in kidney disease. *Nat Rev Nephrol.* mars 2022;18(3):185-98.
128. **Morton RL, Tong A, Howard K, Snelling P, Webster AC.**  
The views of patients and carers in treatment decision making for chronic kidney disease: systematic review and thematic synthesis of qualitative studies. *BMJ.* 19 janv 2010;340:c112.
129. **Mitchell CR, Hornig C, Canaud B.**  
Systematic review to compare the outcomes associated with the modalities of expanded hemodialysis (HDx) versus high-flux hemodialysis and/or hemodiafiltration (HDF) in patients with end-stage kidney disease (ESKD). *Semin Dial.* 2023;36(2):86-106.
130. **Kandi M, Brignardello-Petersen R, Couban R, Wu C, Nesrallah G.**  
Clinical Outcomes With Medium Cut-Off Versus High-Flux Hemodialysis Membranes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Can J Kidney Health Dis*

---

# قسم الطبيب

## أقسامها العظيمة

أنار اقبال اله في هنتي.

وأنصون حياة الإنسان في كافة أطوارها في كالظروف  
والأحوال الباذلة وسعيها في نقاذها من الهلاك والمرض

والألم والقلق.

وأنحفظ للناس كرامتهم، وأستر عورتهم، وأكتم سرهم.

وأنأكون نعل بالدوامن وسائر رحمة الله،

بإذلة رعايتي الطبية للقريب والبعيد، للصالح والطالح، والصديق والعدو.

وأنأثاب علم طلب العلم، وأسخر هلى نفعاً للإنسان لا أذاه.

وأنأوقر من علمني، وأعلم من يصغرنى، وأكون أخ الكلى ملى فى المهنة الطبية

متعاونين نعل بالبر والتقوى.

وأنتكون حياتي صدقاً يمانى فى سرى وعلانيتي،

نقىة مما يشينها تجاه الهور سول هو المؤمنين.

والله علماً أقول شهيد



كلية الطب  
و الصيدلة - مراكش  
FACULTÉ DE MÉDECINE  
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

السنة 2023 الأطروحة رقم 130

# مقارنة: الغسيل الكلوي التقليدي مقابل الغسيل الكلوي عالي الأداء

## الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 2023/05/23  
من طرف

**الآنسة : مريم تفشناوي**

المزداة في 27 ماي 1997 ب مراكش

**لنيل شهادة الدكتوراه في الطب**

## الكلمات الأساسية

الغسيل الكلوي التقليدي - تقنية ترشيح الدم - الغسيل الكلوي الموسع -  
الفصل الوسطي - الغسيل الكلوي عالي الأداء

## الجنة

الرئيس

السيد م. زياني

أستاذ في مصلحة الطب الباطني

المشرف

السيد ع. موجود

أستاذ في أمراض الكلي

السيد ن. الزمراوي

أستاذ في أمراض الكلي

السيد م. السراجي

أستاذ في أمراض الكلي الحكام

السيد ع. بوخيرة

أستاذ في الكيمياء الحيوية

السيد م. ليسري

أخصائي في أمراض الكلي عضو مشارك

