



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

Année 2019

Thèse N° 173

# Analyse anthropomorphologique de l'extrémité inférieure de fémur chez la population marocaine

---

## THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 05/11/2019

PAR

**Mr. Abderrahmane JOUIRA**

Né Le 06 Juillet 1990 à Ouarzazate

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

---

## MOTS-CLÉS

Genou-morphologie- Fémur distal -Rupture du LCA-arthrose-ménisque

---

## JURY

<b>M.</b>	<b>H. SAIDI</b> Professeur de Traumatologie orthopédie	<b>PRESIDENT</b>
<b>M.</b>	<b>M. A. BENHIMA</b> Professeur de Traumatologie orthopédie	<b>RAPPORTEUR</b>
<b>Mme.</b>	<b>M. OUALI IDRISSE</b> Professeur de Radiologie	} <b>JUGES</b>
<b>M</b>	<b>I. ABKARI</b> Professeur de Traumatologie orthopédie	
<b>M.</b>	<b>M. D. EL AMRANI</b> Professeur d'anatomie	



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"رب أوزعني أن أشكر نعمتك  
التي أنعمت عليّ وعلى والديّ  
وأن أعمل صالحاً ترضاه  
وأصلح لي في ذريّتي  
إنّي تبنت إليك و إنني من المسلمين"  
صدق الله العظيم





## 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 ALAOUY YAZIDI

ADMINISTRATION

Doyen

: Pr. Mohammed BOUSKRAOUI

Vice doyen à la Recherche et la Coopération

: Pr. Mohamed AMINE

Vice doyen aux Affaires Pédagogique  
Secrétaire Générale

: Pr. Redouane EL FEZZAZI  
: Mr. Azzeddine ELHOUDAIGUI

**Professeurs de l'enseignement supérieur**

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABKARIImad	Traumato- orthopédie	FAKHIRBouchra	Gynécologie- obstétrique
ABOU EL HASSANTaoufik	Anesthésie- réanimation	FINECHBenasser	Chirurgie - générale
ABOUCHADIAbdeljalil	Stomatologie et chirmaxillo faciale	FOURAJI Karima	Chirurgiepédiatrique
ABOULFALAHAbderrahim	Gynécologie- obstétrique	GHANNANEHoussine	Neurochirurgie
ABOUSSAIRNisrine	Génétique	GHOUNDALE Omar	Urologie
ADALIImane	Psychiatrie	HACHIMIAbdelhamid	Réanimationmédicale
ADERDOURLahcen	Oto- rhino- laryngologie	HAJJIIbtissam	Ophtalmologie
ADMOUBrahim	Immunologie	HAROUKaram	Gynécologie- obstétrique
AGHOUTANE El Mouhtadi	Chirurgiepédiatrique	HOCAROuafa	Dermatologie
AIT AMEURMustapha	HématologieBiologique	JALALHicham	Radiologie
AIT BENALISaid	Neurochirurgie	KAMILI El Ouafi El Aouni	Chirurgiepédiatrique
AIT BENKADDOURYassir	Gynécologie- obstétrique	KHALLOUKIMohammed	Anesthésie- réanimation
AIT-SABIImane	Pédiatrie	KHATOURI Ali	Cardiologie
AKHDARINadia	Dermatologie	KHOUCHANIMouna	Radiothérapie

ALAOUI Mustapha	Chirurgie- vasculaire périphérique	KISSANINajib	Neurologie
-----------------	---------------------------------------	--------------	------------

AMAL Said	Dermatologie	KOULALI IDRISSEI Khalid	Traumato- orthopédie
AMINE Mohamed	Epidémiologie- clinique	KRATIK Hadija	Gastro- entérologie
AMMAR Haddou	Oto-rhino-laryngologie	KRIET Mohamed	Ophthalmologie
AMROL Amyae	Pneumo- phtisiologie	LAGHMARIMehdi	Neurochirurgie
ANIBAKhalid	Neurochirurgie	LAKMICHI Mohamed Amine	Urologie
ARSALANE Lamiae	Microbiologie-Virologie	LAOUAD Inass	Néphrologie
ASMOUKI Hamid	Gynécologie- obstétrique	LOUHAB Nisrine	Neurologie
ASRI Fatima	Psychiatrie	LOUZI Abdelouahed	Chirurgie - générale
BASRAOUI Dounia	Radiologie	MADHAR Si Mohamed	Traumato- orthopédie
BASSIR Ahlam	Gynécologie- obstétrique	MANOUDI Fatiha	Psychiatrie
BELKHOUI Ahlam	Rhumatologie	MANSOURI Nadia	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale
BEN DRISSE Laila	Cardiologie	MAOULAININE Fadl mrabih rabou	Pédiatrie (Neonatalogie)
BENCHAMKHAYassine	Chirurgie réparatrice et plastique	MATRANE Aboubakr	Médecine nucléaire
BENELKHAÏAT BENOMARRidouan	Chirurgie - générale	MOUAFFAK Youssef	Anesthésie- réanimation
BENHIMA Mohamed Amine	Traumatologie- orthopédie	MOUDOUNI Said Mohammed	Urologie
BENJILALI Laila	Médecine interne	MOUFID Kamal	Urologie
BENZAROUEL Dounia	Cardiologie	MOUTAJ Redouane	Parasitologie
BOUAÏTY Brahim	Oto-rhino- laryngologie	MOUTAOUKIL Abdeljalil	Ophthalmologie
BOUCHENTOUF Rachid	Pneumo- phtisiologie	MSOUGGARYassine	Chirurgie thoracique
BOUGHALEM Mohamed	Anesthésie - réanimation	NAJEBYoussef	Traumato- orthopédie
BOUKHANNI Lahcen	Gynécologie- obstétrique	NARJISSYoussef	Chirurgie générale
BOUKHIRA Abderrahman	Biochimie - chimie	NEJMI Hicham	Anesthésie- réanimation
BOUMZEBRADrissi	Chirurgie Cardio- Vasculaire	NIAMANE Radouane	Rhumatologie
BOURRAHOUI Aïcha	Pédiatrie	NOURI Hassan	Oto rhino laryngologie
BOURROUS Monir	Pédiatrie	OUALI IDRISSEI Mariem	Radiologie
BOUSKRAOUI Mohammed	Pédiatrie	OULAD SAIAD Mohamed	Chirurgie pédiatrique
CHAFIK Rachid	Traumato- orthopédie	QACIF Hassan	Médecine interne
CHAKOUR Mohamed	Hématologie Biologique	QAMOUSSYoussef	Anesthésie- réanimation

CHELLAKSaliha	Biochimie- chimie	RABBANIKhalid	Chirurgie générale
---------------	-------------------	---------------	--------------------

CHERIF IDRISSE EL GANOUNI Najat	Radiologie	RADANoureddine	Pédiatrie
CHOULLI MohamedKhaled	Neuro pharmacologie	RAISHanane	Anatomiepathologique
DAHAMI Zakaria	Urologie	RAJIAbdelaziz	Oto-rhino- laryngologie
DRAISSGhizlane	Pédiatrie	ROCHDIYoussef	Oto-rhino- laryngologie
EL ADIB Ahmed Rhassane	Anesthésie- réanimation	SAIDIHalim	Traumato- orthopédie
EL ANSARINawal	Endocrinologie et maladies métaboliques	SAMKAOUI Mohamed Abdenasser	Anesthésie- réanimation
EL BARNIRachid	Chirurgie- générale	SAMLANI Zouhour	Gastro- entérologie
EL BOUCHTIImane	Rhumatologie	SARFIsmail	Urologie
EL BOUIHIMohamed	Stomatologie et chirmaxillo faciale	SORAANabila	Microbiologie - Virologie
ELFEZZAZI Redouane	Chirurgiepédiatrique	SOUMMANIAbderraouf	Gynécologie- obstétrique
EL HAOURY Hanane	Traumato- orthopédie	TASSINoura	Maladiesinfectieuses
EL HATTAOUIMustapha	Cardiologie	TAZI Mohamed Illias	Hématologie- clinique
EL HOUDZIJamila	Pédiatrie	YOUNOUSSaid	Anesthésie- réanimation
EL IDRISSE SLITINENadia	Pédiatrie	ZAHLANE Kawtar	Microbiologie- virologie
EL KARIMISaloua	Cardiologie	ZAHLANEMouna	Médecineinterne
EL KHAYARIMina	Réanimationmédicale	ZAOUISanaa	Pharmacologie
EL MGHARI TABIBGhizlane	Endocrinologie et maladies métaboliques	ZIADIAmra	Anesthésie - réanimation
ELFIKRIAbdelghani	Radiologie	ZOUHAIR Said	Microbiologie
ESSAADOUNILamiaa	Médecineinterne	ZYANI Mohammed	Médecineinterne
FADILIWafaa	Néphrologie		

## Professeurs Agrégés

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABIR Badreddine	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale	HAZMIRI Fatima Ezzahra	Histologie – Embryologie – Cytogénétique
ADARMOUCH Latifa	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)	IHBIBANE fatima	Maladies Infectieuses
AISSAOUIYounes	Anesthésie- réanimation	KADDOURI Said	Médecineinterne
AIT BATAHAR Salma	Pneumo- phtisiologie	LAHKIM Mohammed	Chirurgiegénérale
ALJSoumaya	Radiologie	LAKOUICHMIMohammed	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale

ATMANE El Mehdi	Radiologie	MARGADOmar	Traumatologie-orthopédie
BAIZRIHicham	Endocrinologie et maladies métaboliques	MEJDANEAbdelhadi	Chirurgie Générale
BELBACHIR Anass	Anatomie- pathologique	MLIHA TOUATI Mohammed	Oto-Rhino - Laryngologie
BELBARAKARhizlane	Oncologiemédicale	MOUHSINE Abdelilah	Radiologie
BENJELLOUN HARZIMI Amine	Pneumo- phtisiologie	NADER Youssef	Traumatologie- orthopédie
BENALIAbdeslam	Psychiatrie	OUBAHA Sofia	Physiologie
BSISS Mohamed Aziz	Biophysique	RBAIBI Aziz	Cardiologie
CHRAA Mohamed	Physiologie	SAJIAIHafsa	Pneumo- phtisiologie
DAROUASSIYoussef	Oto-Rhino - Laryngologie	SALAMATarik	Chirurgiepédiatrique
EL AMRANI MoulayDriss	Anatomie	SEDDIKI Rachid	Anesthésie – Réanimation
EL HAOUATIRachid	Chirurgie Cardio-vasculaire	SERGHINI Issam	Anesthésie – Réanimation
EL KHADER Ahmed	Chirurgiegénérale	TOURABI Khalid	Chirurgieréparatrice et plastique
EL MEZOUARI El Moustafa	ParasitologieMycologie	ZARROUKI Youssef	Anesthésie – Réanimation
EL OMRANIAbdelhamid	Radiothérapie	ZEMRAOUI Nadir	Néphrologie
FAKHRIAnass	Histologie- embyologiecytogénétique	ZIDANE Moulay Abdelfettah	ChirurgieThoracique
GHAZI Mirieme	Rhumatologie		

## Professeurs Assistants

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABDELFETTAH Youness	Rééducation et Réhabilitation Fonctionnelle	ELOUARDI Youssef	Anesthésieréanimation
ABDOU Abdessamad	Chiru Cardio vasculaire	ELQATNI Mohamed	Médecineinterne
AIT ERRAMI Adil	Gastro-entérologie	ESSADI Ismail	OncologieMédicale
AKKA Rachid	Gastro - entérologie	FDIL Naima	Chimie de Coordination Bio- organique
ALAOUI Hassan	Anesthésie - Réanimation	FENNANE Hicham	ChirurgieThoracique
AMINE Abdellah	Cardiologie	GHOZLANI Imad	Rhumatologie
ARABI Hafid	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle	HAJJI Fouad	Urologie
ARSALANE Adil	ChirurgieThoracique	HAMMI Salah Eddine	Médecine interne
ASSERRAJI Mohammed	Néphrologie	Hammoune Nabil	Radiologie
AZIZ Zakaria	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	JALLAL Hamid	Cardiologie
BAALLAL Hassan	Neurochirurgie	JANAH Hicham	Pneumo- phtisiologie

BABA Hicham	Chirurgie générale	LAFFINTI Mahmoud Amine	Psychiatrie
BELARBI Marouane	Néphrologie	LAHLIMI Fatima Ezzahra	Hématologie clinique
BELFQUIH Hatim	Neurochirurgie	LAHMINE Widad	Pédiatrie
BELGHMAIDI Sarah	OPhtalmologie	LALYA Issam	Radiothérapie
BELHADJ Ayoub	Anesthésie - Réanimation	LOQMAN Souad	Microbiologie et toxicologie environnemen- tale
BELLASRI Salah	Radiologie	MAHFOUD Tarik	Oncologie médicale
BENANTAR Lamia	Neurochirurgie	MILOUDI Mohcine	Microbiologie - Virologie
BENNAOUI Fatiha	Pédiatrie	MOUNACH Aziza	Rhumatologie
BOUCHENTOUF Sidi Mohammed	Chirurgie générale	NAOUI Hafida	Parasitologie Mycologie
BOUKHRIS Jalal	Traumatologie- orthopédie	NASSIH Houda	Pédiatrie
BOUTAKIOUTE Badr	Radiologie	NASSIM SABAH Taoufik	Chirurgie Réparatrice et Plastique
BOUZERDA Abdelmajid	Cardiologie	NYA Fouad	Chirurgie Cardio - Vasculaire
CHETOUI Abdelkhalek	Cardiologie	OUEIAGLI NABIH Fadoua	Psychiatrie
CETTATIM Mariam	Néphrologie	OUMERZOUK Jawad	Neurologie
DAMI Abdallah	Médecine Légale	RAISSI Abderrahim	Hématologie clinique

DOUIREKFouzia	Anesthésie-réanimation	REBAHI Houssam	Anesthésie - Réanimation
EL- AKHIRIMohammed	Oto- rhino- laryngologie	RHARRASSI Isam	Anatomie-patologique
EL AMIRI My Ahmed	Chimie de Coordination bio-organique	SAOUAB Rachida	Radiologie
EL FADLI Mohammed	Oncologiemédicale	SAYAGH Sanae	Hématologie
EL FAKIRIKarima	Pédiatrie	SEBBANI Majda	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)
EL HAKKOUNIAwatif	Parasitologiemycologie	TAMZAOURTE Mouna	Gastro - entérologie
EL HAMZAOUIHamza	Anesthésieréanimation	WARDAKarima	Microbiologie
EL KAMOUNI Youssef	MicrobiologieVirologie	ZBITOU Mohamed Anas	Cardiologie
ELBAZ Meriem	Pédiatrie	ZOUIZRA Zahira	Chirurgie Cardio-vasculaire

**LISTE ARRÊTÉE LE 24/09/2019**



**DÉDICACES**

### **A mon père NOUREDDINE JOUIRA**

Ce modeste travail est le fruit de tout sacrifice déployé pour mon éducation

Tu as toujours souhaité le meilleur pour moi et pour mes frères

Tu as fournis beaucoup d'efforts aussi bien physiques que moraux à notre égard

Aucun mot ne saurait exprimer mon amour et ma considération pour ta personne, pour les sacrifices que tu as consenti pour mon éducation, mon instruction et mon bien être. Ta bonté, ton ardeur au travail et tes qualités humaines sont pour moi un bon exemple.

Que DIEU tout puissant te garde et te procure santé, bonheur et longue vie

Je t'aime papa

### **A ma très chère mère ZHOUR ZAROUKI**

A qui je dois tout, et pour qui aucune dédicace ne saurait exprimer mon profond amour, ma gratitude, et mon infinie reconnaissance. Pour l'ampleur des sacrifices et des souffrances que vous avez endurées pour pouvoir m'éduquer et pour mon bien être.

Que DIEU tout puissant te garde et te procure santé, bonheur et longue vie

Je t'aime maman

### **A ma chère épouse Khadija**

Aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour la tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré.

Chère épouse, j'aimerais bien que tu trouves dans ce travail l'expression de mes sentiments de reconnaissance les plus sincères car c'est grâce à ton aide et à ta patience que ce travail a pu voir le jour.

Que DIEU le tout puissant nous accorde un avenir meilleur.

### **A ma chère sœur Hajar, et A mes chers frères Youssef et Mohammed**

Pour leur amour et leur soutien. Je vous dédie ce travail en témoignage de ma profonde affection souhaitant beaucoup de bonheur, de santé et de réussite.

Que Dieu nous unisse pour toujours.

## **A ma famille**

En témoignage de mon attachement et de ma grande considération.

J'espère que vous trouverez à travers ce travail l'expression de mes sentiments les plus chaleureux.

Tous mes vœux de bonheur et de santé.

## **A la famille NINACH :**

**MBAREK NINACH, FATIMA DICH, MERIEM NINACH, RADIA NINACH,  
OMAR NINACH ET LE PETIT YOUNESS NINACH**

Vous êtes ma deuxième famille

Merci pour tous ces petits moments qui sont devenus, grâce à vous, inoubliables. Ce sont souvent des petits moments qui paraissent banals qui créent les meilleurs souvenirs. Je vous dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle

Tous mes vœux de bonheur et de santé.

## **A mes frères**

**HICHAM HARRAG, ZOUHAIR OUTASSOURT, FAHD IDARRHA,  
OUSSAMA JIDDI, MOUHAB OUTASSOURT.**

Votre soutien, votre dévouement et votre amour ont été une grande source de motivation pour moi. Votre aide m'a toujours été précieuse. Je vous souhaite tout le bonheur que vous méritez. Je vous dédie ce modeste travail en guise de remerciement pour vos conseils et encouragements qui m'ont toujours poussé à donner le meilleur de moi-même.

**A mes très chers amis**

**MOHAMMED ZAKA, TARIQ ACHNA, AYOUB SENHAJI, MAHDI KORCHIYOU, YASSINE LAMFADLI, ACHRAF QACI, ABDEL ALI AHBID, ABDELLAH MEZGARE, ISMAIL OUZLIG, MUSTAPHA INTEZGA, NOUREDDINE HDA ALI ET HICHAM KABORI.**

Merci d'avoir été là à tous les instants. Merci pour les heures de fous rires, de joie, et de folie. Vous êtes pour moi des amis sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous a unis et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

**A mes consœurs et mes confrères**

**SOUMAYA JELLAL, KHAOULA HORMATALLAH, MERIEM JALAMI, ROKAYA IHARTI, LAMYA LAGHRARI, RANIA DARDANE, YOUSSEF IBERKATEN, KHALID JAMAL EDDINE, YASSIR JABAR, TARIK IGARRAMEN, OMAR MIZMIZI, ZAKARIA NADA, YASSINE KHARCHATOU, MOUBACHIR ABDELHAK, KOUSSAY HATTAB, SOULAYMAN DIOUF, YOUNESS BOURA, YOUNESS AABDI, MOHCINE HADARI, ADIL HADARI.**

Je vous remercie pour tous ces moments que nous avons partagés ensemble. Ce fut très agréable et irremplaçable d'apprendre à être médecin à vos côtés.

Avec tout mon respect et toute mon affection.

**Â la mémoire de**

**HALIMA HABIL**

Que dieu, le miséricordieux, t'accueille dans son éternel paradis

**Â tous mes amis et collègues**

J'ai toujours senti que vous êtes ma deuxième famille que j'aime et je respecte. Je vous remercie pour tout ce que vous m'avez apporté. Avec tout mon respect et toute mon affection.

**A toute la promotion de médecine 2011-2012.**

**A tous ceux dont l'oubli de la plume n'est pas celui du cœur**



**REMERCIEMENTS**



***A NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT  
DE THÈSE PROFESSEUR***

***H. SAIDI***

*Professeur de l'Enseignement  
Supérieur et chef de service de  
traumato-orthopédie de l'hôpital  
ARRAZI de Marrakech*

Nous sommes très honorés de vous avoir comme président du jury de notre thèse.  
Votre compétence professionnelle incontestable ainsi que vos qualités humaines vous valent  
l'admiration et le respect de tous.  
Veuillez, cher Maître, trouvé dans ce modeste travail l'expression de notre haute considération, de  
notre sincère reconnaissance et de notre profond respect.

***A NOTRE MAÎTRE ET  
RAPPORTEUR DE THÈSE  
PROFESSEUR***

***M. A. BENHIMA***

*Professeur de l'enseignement  
supérieur de traumato-orthopédie  
de l'hôpital ARRAZI de Marrakech*

Nous vous remercions pour la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu  
diriger ce travail.

Nous avons eu le plus grand plaisir à travailler sous votre direction, nous avons trouvé auprès de  
vous le conseiller et le guide qui nous a reçu en toute circonstance avec sympathie, sourire et  
bienveillance. Votre gentillesse extrême, votre compétence pratique, vos qualités humaines et  
professionnelles ainsi que votre modestie, nous inspirent une grande admiration et un profond  
respect.

Nous espérons, cher Maître, de trouver ici, le témoignage de notre sincère reconnaissance et  
profonde gratitude.



*A NOTRE MAÎTRE  
ET JUGE DE THÈSE PROFESSEUR*

*M. OUALI IDRISSE*

*Professeur de l'Enseignement  
Supérieur*

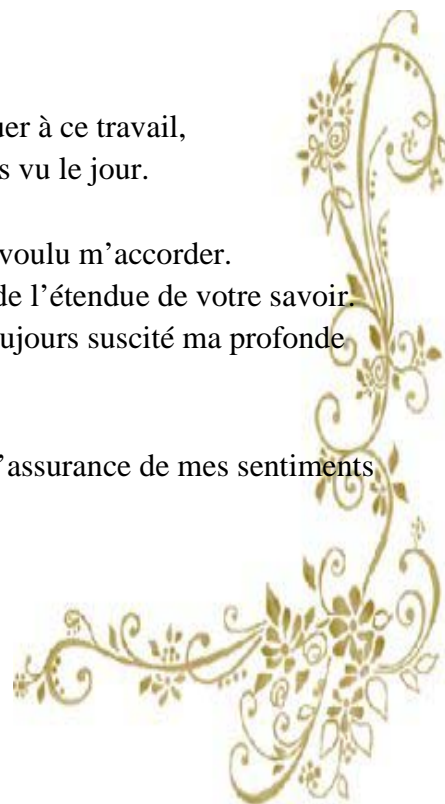
*De Radiologie*

*De l'hôpital ARRABI de  
Marrakech*

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de contribuer à ce travail,  
Sans votre contribution ce travail n'aurait jamais vu le jour.

Je vous remercie de la confiance que vous avez bien voulu m'accorder.  
J'ai eu la chance de compter parmi vos étudiants et de profiter de l'étendue de votre savoir.  
Vos remarquables qualités humaines et professionnelles ont toujours suscité ma profonde  
admiration.

Je vous prie d'accepter le témoignage de ma reconnaissance et l'assurance de mes sentiments  
respectueux.



**A NOTRE MAÎTRE  
ET JUGE DE THÈSE PROFESSEUR  
I. ABKARI**

*Professeur de l'Enseignement  
Supérieur de traumatologie-orthopédie  
de l'hôpital ARRAZI de Marrakech*

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour votre simplicité avec laquelle vous m'avez accueilli. Votre présence constitue pour moi un grand honneur. De votre enseignement brillant et précieux, je garderai les meilleurs souvenirs. Par votre modestie, vous m'avez montré la signification morale de notre profession. Je vous remercie de votre gentillesse. Qu'il me soit ainsi permis de vous présenter à travers ce travail le témoignage de mon grand respect et l'expression de ma profonde reconnaissance.

**A NOTRE MAÎTRE  
ET JUGE DE THÈSE PROFESSEUR  
M. D. EL AMRANI**

*Professeur Agrégé d'anatomie de  
l'hôpital ARRAZI de Marrakech*

Nous vous remercions vivement pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail. Nous sommes très sensibles à votre gentillesse et à votre accueil très aimable. Vous êtes et vous serez pour nous l'exemple de rigueur et de droiture dans l'exercice de la profession, ainsi que ceux qui la défendent. Veuillez croire, cher maître, en nos sentiments les plus respectueux

*A*

*Dr. SAFOUANE KHAIROLLAH*

*A*

*Mme. ILHAME NAKIB*

*A tout le personnel du service de  
Radiologie de l'hôpital ARRAZI de  
Marrakech :*

Je suis reconnaissant de l'aide apportée tout au long de ce travail. Veuillez trouver ici l'expression de mes sentiments les plus distingués.

*A*

*Dr. YASSINE EL MAHI*

*A tout le personnel du service de  
Traumato-orthopédie de l'hôpital  
ARRAZI de Marrakech :*

Je suis reconnaissant de l'aide apportée tout au long de ce travail. Veuillez trouver ici l'expression de mes sentiments les plus distingués.

*A toute personne qui a contribué à la réalisation de ce travail.  
Merci*



**ABRÉVIATIONS**



**AEFD** : Angle épiphysaire fémoral distal

**ACA** : Angle condylien antérieur

**ACP** : Angle condylien postérieur

**AFTB** : Arthrose fémoro-tibiale bicompartimental

**AFT** : Arthrose fémoro-tibiale

**AML** : largeur médio-latérale antérieure (anterior medio lateral)

**AT** : Angle trochléen

**ATEa** : L'axe trans-épicondylien anatomique ou clinique

**ATEc** : L'axe trans-épicondylien chirurgical

**EIF** : Extrémité inférieure du fémur

**LAP** : Distance antéro-postérieure latérale (lateral antero-posterior)

**LBC** : Largeur bi condylienne

**LCA** : Ligament croisé antérieur

**LCP** : Ligament croisé postérieur

**LE** : largeur de l'échancrure

**MAP** : Distance antéro-postérieur médiale (medial antero-posterior)

**ME** : ménisque externe

**MI** : ménisque interne

**NWI** : « notch width index » indice de largeur de l'échancrure

**NS** : différence statistiquement non significative

**PCCL** : Périmètre de courbure du condyle latéral

**PCCM** : périmètre de courbure du condyle médial

**PE** : Profondeur de l'échancrure

**PML** : largeur médio-latérale postérieure (posterior medio-lateral)

**RCLA** : Rayon de courbure du condyle latéral antérieur

**RCLP** : Rayon de courbure du condyle latéral postérieur

**RCMA** : Rayon de courbure du condyle médial antérieur

**RCMP** : Rayon de courbure du condyle médial postérieur

**S** : différence statistiquement significative

**TEA** : Distance inter épi-condylienne (trans-epicondylar axis)



**PLAN**

<b>INTRODUCTION</b> .....	- 01 -
<b>MATÉRIEL ET MÉTHODES</b> .....	- 03 -
<b>A. MATERIEL</b> :.....	- 04 -
1. Objectifs de l'étude : .....	- 04 -
2. Hypothèses : .....	- 04 -
3. Base de données et logiciels : .....	- 05 -
4. Population : .....	- 05 -
<b>B. METHODES</b> :.....	- 06 -
1. Collecte des données : .....	- 06 -
2. Coupes radiologiques de références :.....	- 07 -
3. Variables étudiées : .....	- 11 -
4. fiche d'exploitation : .....	- 24 -
5. description de la série : .....	- 25 -
<b>RESULTATS</b> : .....	- 27 -
<b>A. VARIABLES ETUDIÉES</b> :.....	- 28 -
1. Les variables mesurées : .....	- 28 -
2. Les variables calculées : .....	- 28 -
3. Répartition des variables étudiées : .....	- 29 -
<b>B. DONNEES STATISTIQUES</b> : .....	- 30 -
1. Comparaison des moyennes selon le sexe : .....	- 30 -
2. Comparaison des moyennes selon l'affection associée : .....	- 32 -
<b>DISCUSSION</b> .....	- 40 -
<b>I. Fondamentaux anatomiques</b> : .....	- 41 -
<b>II. Discussion des résultats</b> : .....	- 49 -
<b>A. Les différences observées de la forme globale de l'EIF</b> : .....	- 49 -

1.	En fonction du sexe :	49 -
2.	En fonction de l'éthnie :	53 -
B.	Les différences observées de la taille des condyles :	57 -
C.	Les différences observées des axes de rotation :	58 -
a.	Angle condylien postérieur (ACP) :	60 -
b.	Angle condylien antérieur (ACA) :	61 -
c.	Angle trochléen (AT) :	62 -
d.	Angle épiphysaire fémoral distale (AEFD) :	62 -
D.	Les différences observées en fonction de la pathologie :	64 -
1.	Relation entre la morphologie de l'EIF et la rupture du LCA :	64 -
2.	Relation entre la morphologie de l'EIF et l'arthrose fémoro-tibial :	69 -
3.	Relation entre la morphologie de l'EIF et l'atteinte du ménisque :	71 -
4.	La forme de l'EIF et genu valgum :	72 -
III.	Les limites de l'étude :	74 -
<b>Conclusion :</b>		75 -
<b>RESUMEES :</b>		77 -
<b>BIBLIOGRAPHIE :</b>		83 -



**INTRODUCTION**

L'analyse anthropo morphologique du fémur distal et la bonne connaissance des interrelations des différents repères de cette extrémité est utile dans la compréhension de la physiologie et la biomécanique du genou [1]. Cette morphologie est variable dans sa forme globale en fonction du sexe, de l'âge, et de la pathologie sous-jacente [2-4].

Cette analyse permettrait aussi la compréhension des facteurs de risques de certaines affections de genou (arthrose, Lésions ligamentaires, lésions méniscales...). Elle permettrait ainsi l'amélioration de la chirurgie de cette articulation, ainsi que l'amélioration des techniques de pose des prothèses totale du genou (PTG) afin de mimer au mieux l'anatomie et la fonction du genou natif et d'améliorer les résultats clinique et fonctionnelle postopératoire et la longévité de la prothèse [5].

Les premières études biométriques étaient essentiellement descriptives et menées sur des os secs (cadavres) grâce à des méthodes manuelles de mesures en utilisant les règles et les pieds à coulisse [6]. Ces méthodes avaient l'avantage d'être simples et peu onéreuses, mais avaient aussi l'inconvénient d'être peu fiables et moins précises [6, 7]. Par ailleurs, les progrès de l'imagerie médicale et des logiciels de segmentation d'images permettent actuellement d'obtenir des reconstructions bi et tridimensionnelles osseuses in vivo sur un grand nombre de patient, de tout âge et des deux sexes à partir d'images tomodensitométriques ou IRM [8-17]. Sur ces reconstructions, des méthodes de mesures manuelles ou automatisées peuvent être appliquée. Ces méthodes permettent rapidement d'obtenir de façon fiable un grand nombre d'information [8-17].

Nous avons mené cette étude pour décrire le fémur distale chez la population marocaine afin de déterminer si la morphologie de cette extrémité est variable selon le sexe, si le morphotype marocain est différent des autres ethnies et si cette morphologie est en relation avec un risque plus accru de certaines pathologies (lésions ligamenteuses, lésions méniscales, lésions cartilagineuses).

Des études antérieures concernant la morphologie de l'EIF ont été réalisés de part le monde (Amérique, Europe et l'Asie). En Afrique nous n'en avons répertorié que deux études : la première concernant l'Afrique du Sud [9] et la deuxième concernant l'Egypte, Soudan, Somalie, et Djibouti [14]. A notre connaissance ; notre étude est la première au niveau du Maghreb.



**MATÉRIEL ET MÉTHODES**



## **A. Matériel :**

### **1. Objectifs de l'étude :**

Notre travail est une étude rétrospective descriptive basée sur des mesures manuelles bi dimensionnelle de l'extrémité distale du fémur et qui s'intéresse à 150 imageries par résonance magnétique (IRM) des genoux pris en charge au sein du service de Radiologie hôpital Arrazi – CHU Mohammed VI de Marrakech– en collaboration avec le service de traumatologie et orthopédie B de l'hôpital Arrazi –CHU Mohammed VI de Marrakech– , et qui a comme objectifs :

- Déterminer les différences morphologiques du fémur distal entre les deux sexes chez la population marocaine.
- Déterminer les différences morphologiques entre la population marocaine et les autres populations.
- Analyser l'interrelation de cette morphologie avec certaines affections de genou.

### **2. Hypothèses :**

- ❖ Existe-t-il une différence de la forme de l'extrémité distale du fémur en fonction du sexe ?
- ❖ Existe-t-il une différence morphologique de l'extrémité distale du fémur entre la population marocaine et celle des autres ethnies ?
- ❖ Existe-t-il une relation entre la forme de l'EIF et l'accentuation du risque de survenue de certaines affections ostéo-articulaires ? (rupture du LCA, gonarthrose et l'atteinte méniscale).

### **3. Base de données et logiciels**

#### ➤ **Base des données :**

Archives des IRM sur console du service de radiologie du CHU Mohammed VI de Marrakech : **SIEMENS** syngo.plaza Viewer.

#### ➤ **Logiciels sur ordinateur pour traitement des données :**

- Microsoft Windows 8.1 : visionneuse d'image, outil capture d'écran.
- Microsoft office Word 2007 ; Microsoft office Excel 2007.
- IBM SPSS 19
- EndNote X7

### **4. Population :**

#### ❖ **Critères d'inclusion :**

- Patients des deux sexes
- âgés de plus de 16 ans
- dans le cadre de : genou normal, lésions méniscales, Rupture LCA ou LCP, Arthrose, atteintes cartilagineuses

#### ❖ **Critères d'exclusion :**

- Fractures du genou ou cal vicieux.
- Genou néoplasique
- Dysmorphie congénitale
- Genou avec cartilage de la croissance
- Déformation valgus/varus plus de 15 degré

## **B. Méthodes :**

### **1. Collecte des données :**

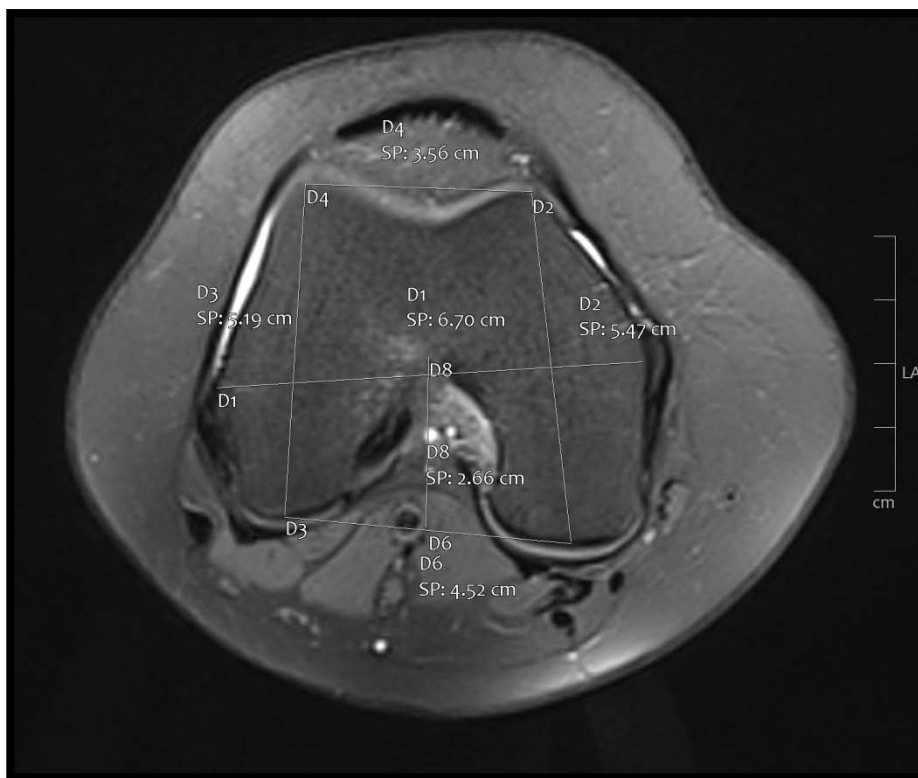
- Nous avons consulté les archives des imageries par résonance magnétique sur console du Service de radiologie de l'hôpital ARRABI du CHU Mohammed VI de Marrakech, d'où nous avons répertorié les imageries des genoux enregistrés sur la console.
- L'exploitation des images retrouvées des patients suivis dans le service, et faire des mesures bi dimensionnel sur les différentes coupes
- Les renseignements ont été répertoriés sur une fiche d'exploitation puis sur un fichier Excel.
- Les images obtenues ont été exportées en .jpeg à partir de la console.

## 2. Coupes radiologiques de références :

a) Coupe axiale :

C'est la coupe passant par les épicondyles fémoraux. Sur cette coupe nous avons mesuré :

- la Distance inter-épicondylienne (TEA),
- la Distance antéro-post du condyle médial (MAP),
- la Distance antéro-post du condyle latéral (LAP),
- la Distance médio-latérale antérieure (AML),
- Distance médio-latérale postérieure (PML),
- la Profondeur de l'échancrure (PE),
- l'Angle condylienne postérieure et l'Angle trochléen.



**Figure 1: coupe radiologique axiale**

b) Coupe coronale :

Cette coupe permet la visualisation d'échancrure inter-condylienne, ligament collatéral médial LCM, ligament collatéral latéral LCL, ménisque latéral et le ménisque médial. Sur cette coupe nous avons mesuré :

- La Largeur de l'échancrure (LE),
- La Largeur bi-condylienne (LBC)
- L'angle épiphysaire fémorale distale (AEFD).



**Figure 2: coupe radiologique coronale**

c) **coupe sagittale médiale :**

Cette coupe permet la visualisation du condyle fémoral médial dans sa totalité. Sur cette coupe nous avons mesuré :

- Le Périmètre et le rayon de courbure du condyle médial antérieur (PCCMA).
- Le Périmètre et le rayon de courbure du condyle médial postérieure (PCCMP).

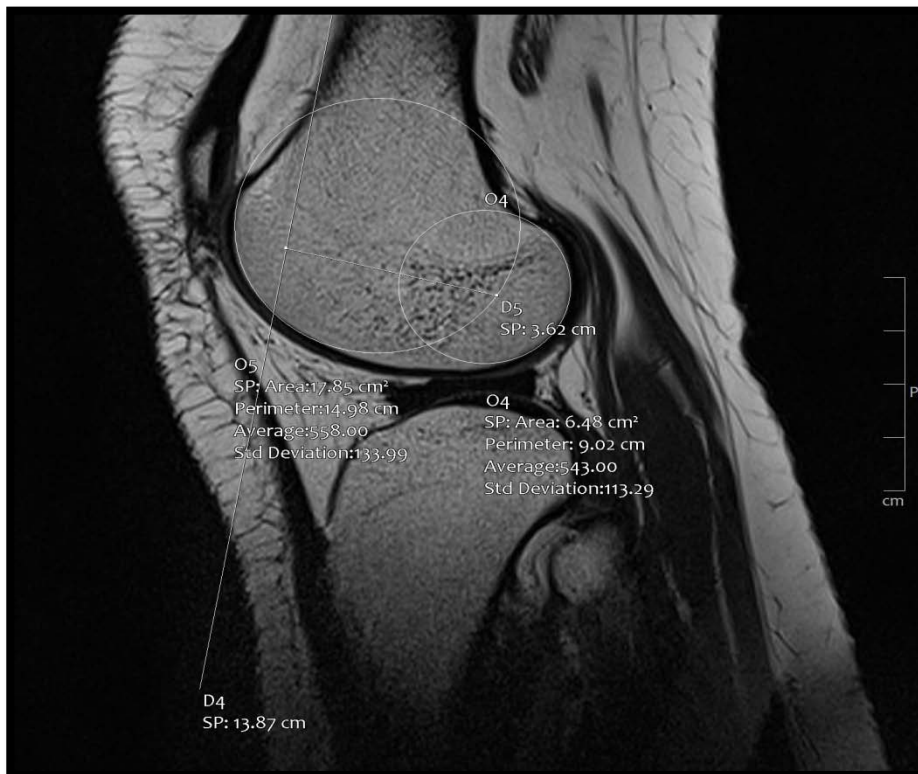


**Figure 3 : coupe radiologique sagittale médiale**

**d) coupe sagittale latérale :**

Elle permet la visualisation du condyle fémoral latéral dans sa totalité. Sur cette coupe nous avons mesuré :

- Le Périmètre et le rayon de courbure du condyle latéral antérieur (PCCLA),
- Le Périmètre et le rayon de courbure du condyle latéral postérieur (PCCLP).

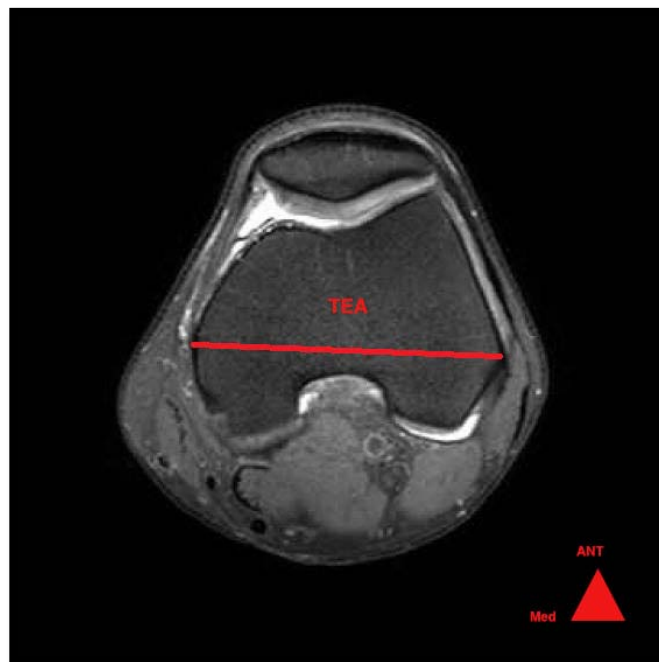


**Figure 4 : coupe radiologique sagittale latérale**

### 3. Variables étudiées :

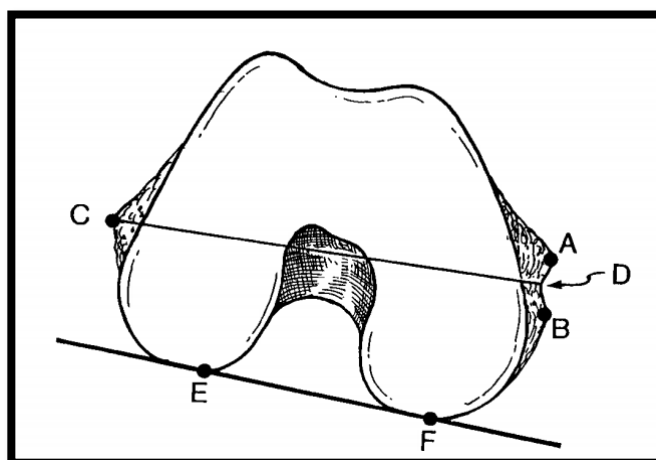
#### a. Distance inter-épicondylienne (TEA) :

Nous avons mesuré la largeur bi-épi-condylienne du fémur selon la définition de Farrally et Moore [18] qui est la distance maximale entre les épicondyles latéral et médial dans le plan transversal. Cette distance est mesurée sur la coupe radiologique axiale de référence, et elle exprimé en millimètre.



**Figure 5 : Distance inter-épicondylienne**

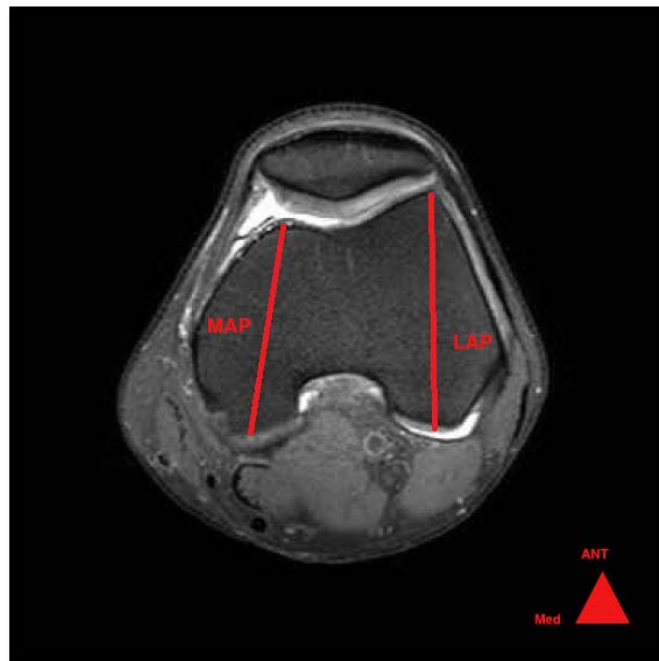
Nous avons opté pour la mesure de la distance entre le sommet de l'épicondyle latéral et le centre du sulcus de l'épicondyle médial.



**Figure 6 : A=berge supérieure du sulcus, B=berge inférieure du sulcus, C=sommet de l'épicondyle latéral, D=centre du sulcus**

**b. Distance antéro-postérieur du condyle médial (MAP) et du condyle latéral (LAP) :**

C'est la mesure, sur la coupe axiale de référence, de la distance antéro postérieur du chaque condyle fémoral. Le LAP est la distance entre le sommet de la berge latérale de la trochlée et le sommet du condyle postérieur latéral. Le MAP est la distance entre le sommet de la berge médiale de la trochlée et le sommet du condyle postérieur médial. Cette distance est exprimée en millimètre.



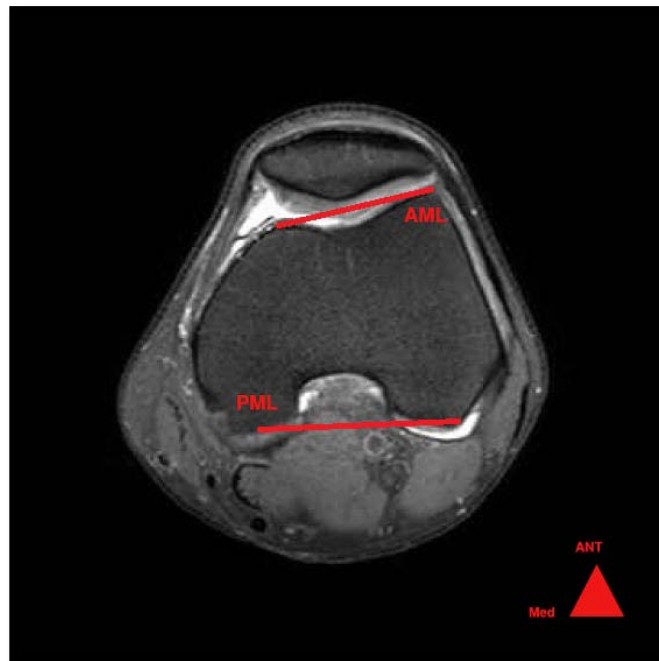
**Figure 7 : Distance antéro-post du condyle médial (MAP) ET du condyle latéral (LAP)**

**c. La largeur médio-latérale antérieure (AML)**

C'est la mesure, sur la coupe axiale de référence, de la distance entre le sommet latéral et le sommet médial des berges de la trochlée. Cette distance est exprimée en millimètre.

**d. La largeur médio-latérale postérieure (PML)**

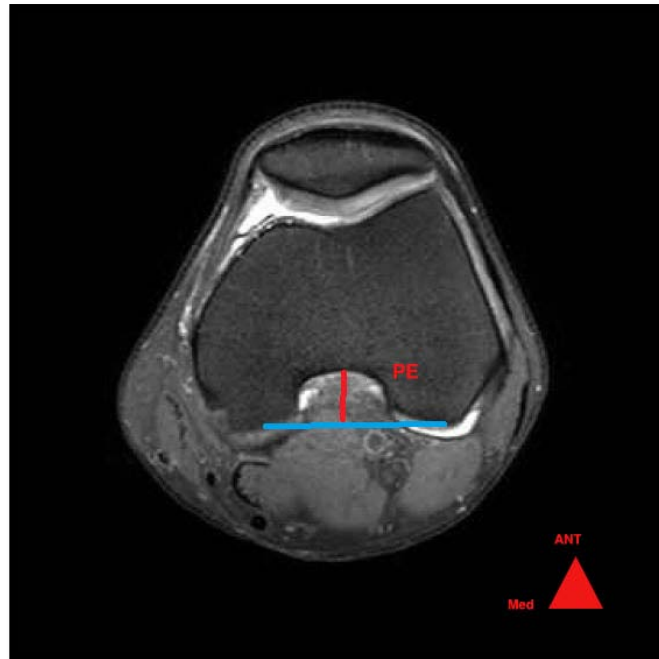
Mesuré sur la coupe axiale de référence. C'est la distance entre le sommet du condyle fémoral médial et celui du condyle fémoral latéral. Cette distance est exprimée en millimètre.



**Figure 8 : AML (haut) & PML (bas)**

e. **Profondeur de l'échancrure (PE)**

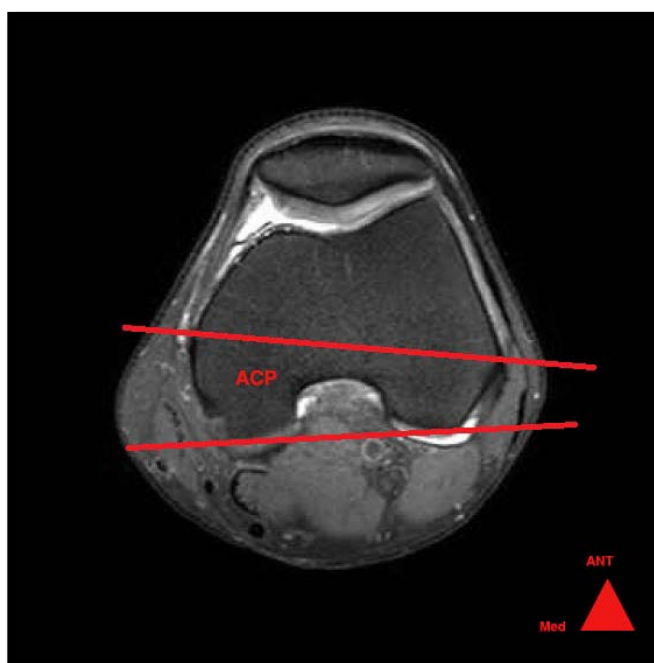
C'est la mesure de la profondeur de l'échancrure inter condylienne fémoral sur la coupe fémorale axiale de référence. Elle est mesurée entre la tangente aux condyles postérieurs et le point le plus profond de l'échancrure inter condylienne. Cette distance est exprimée en millimètre.



**Figure 9 : Profondeur de l'échancrure (trait rouge)**

f. **angle condylien postérieur (ACP) :**

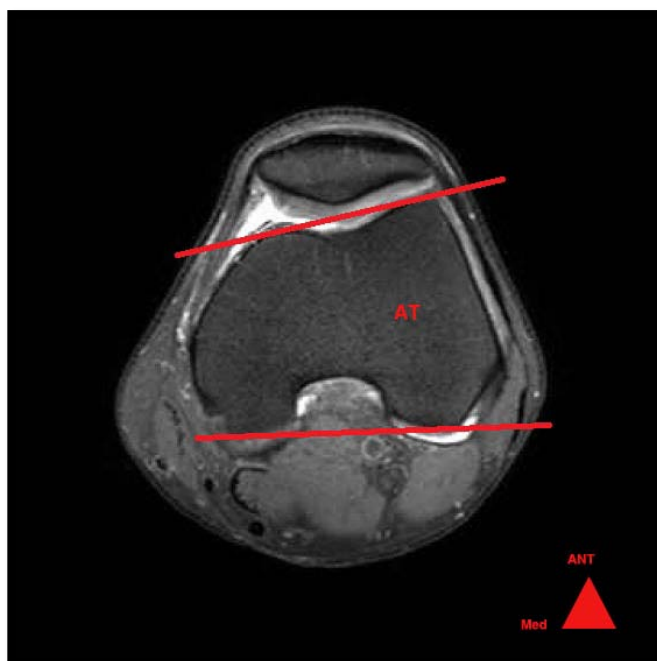
C'est l'angle, mesuré sur la coupe axiale de référence, entre la tangente aux condyles postérieurs (les points les plus postérieures des condyles fémorales latéral et médial), et l'axe épicondylien. Cet angle est exprimé en degré.



**Figure 10: Angle condylien postérieur**

**g. Angle trochléen (AT) :**

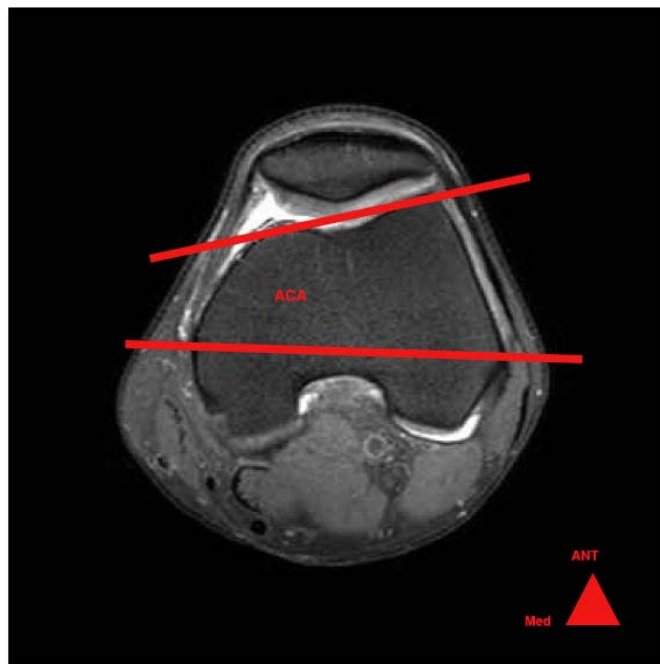
IL est mesuré sur la coupe axiale de référence. Il est obtenu par la mesure de l'angle entre la tangente aux condyles postérieurs et la tangente aux berges de la trochlée. Cet angle est exprimé en degré.



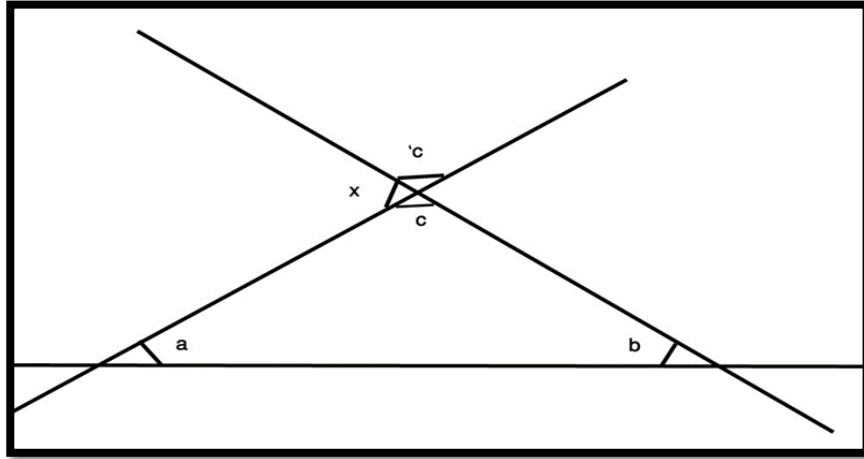
**Figure 11 Angle trochléen**

**h. Angle condylien antérieur (ACA) :**

C'est l'angle mesuré, sur la coupe radiologique axiale de référence, entre la tangente aux berges de la trochlée et l'axe bi épicondylien. Cet angle est connue dans la littérature par « Anterior condylar angle » [19] et par « Trochlear line angle » [16, 20]. Dans notre étude nous avons opté pour la déduction de cet angle selon la loi géométrique des angles opposés par la tête à partir de l'angle trochléen et l'angle condylien postérieur.



**Figure 12 Angle condylien antérieur**



**Figure 13 : calcul de l'angle x à partir des angles a et b**

On a  $(x+c'=180^\circ)$  et  $(a+b+c=180^\circ)$  donc  $(x=180^\circ-c')$  et  $(c=180-(a+b))$

Selon la loi de angles opposés par la tête on sait que  $c=c'$

Alors :  $x= 180 - (180 - (a+b))$

$$X= 180 -180 + (a+b)$$

$$X= a+b$$

❖ Largeur bi condylienne (LBC) :

Mesurée sur la coupe coronale de référence. C'est la mesure de la distance entre les deux condyles, cette distance est exprimée en millimètre.

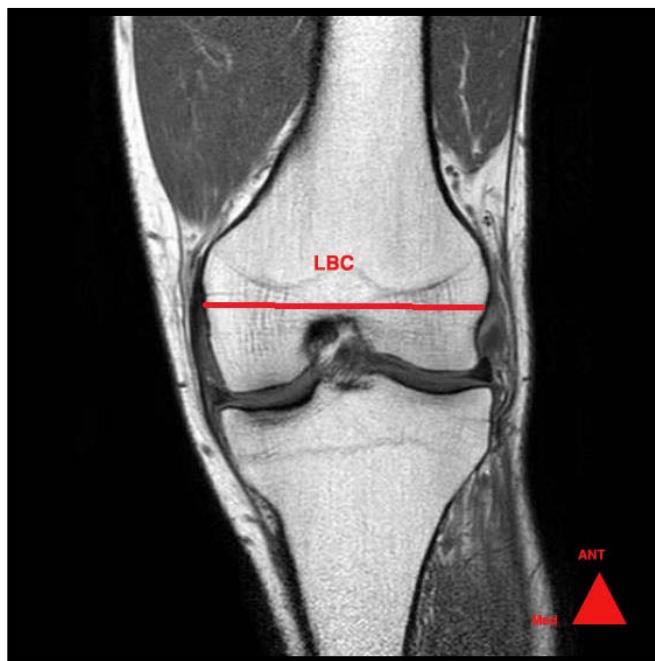
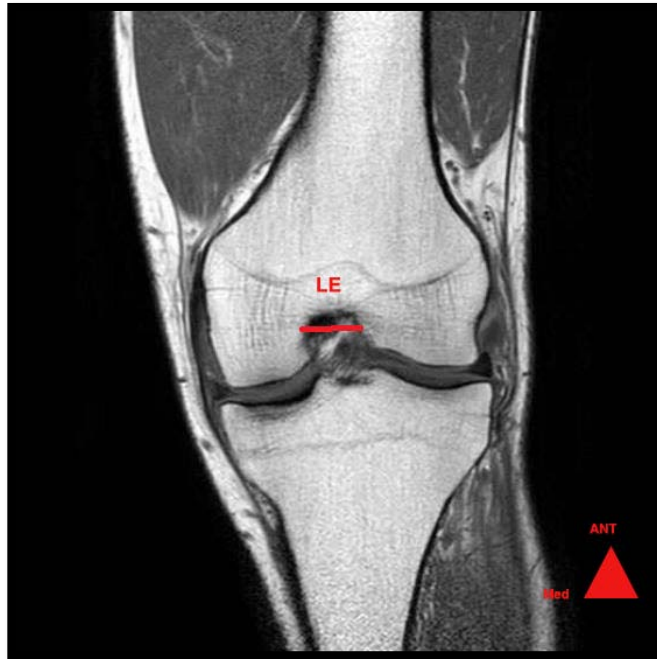


Figure 14 : la Largeur bi condylienne

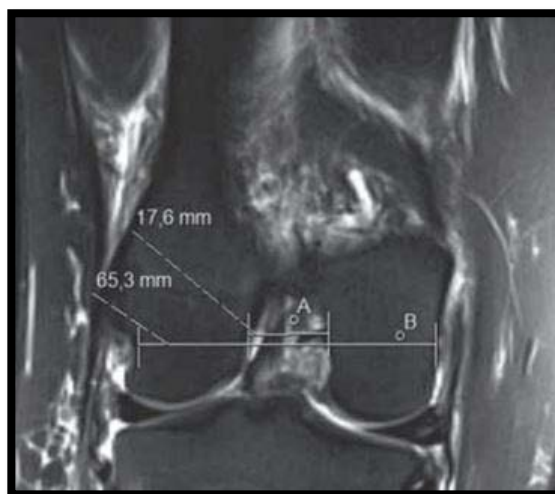
❖ largeur de l'échancrure (LE)

Mesurée sur la coupe coronale de référence. C'est la mesure de la largeur de l'échancrure inter condylienne fémorale. Cette distance est exprimée en millimètre.



**Figure 15 : largeur de l'échancrure inter-condylienne**

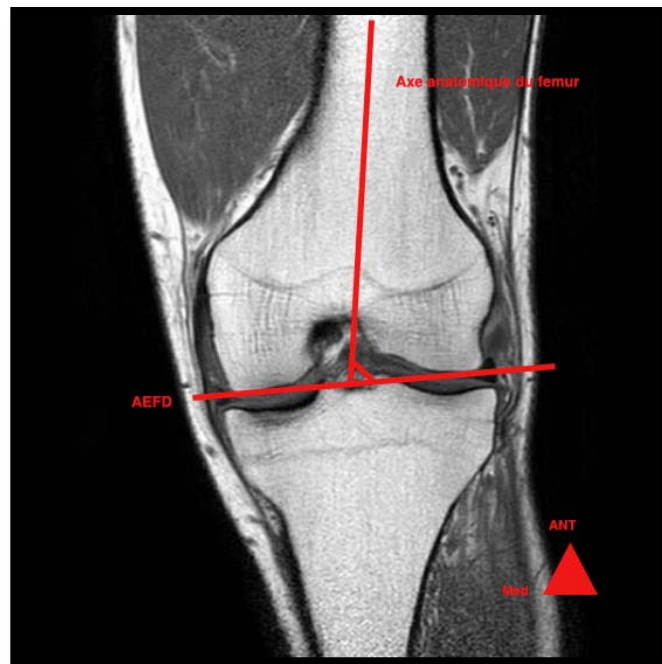
Ces 2 dernières mesures nous ont permis de l'index de largeur de l'échancrure, aussi connue par « notch width index, NWI » [21]. Afin de pondérer la largeur de l'échancrure en fonction de la largeur de l'épiphyse fémorale [22].



**Figure 16 : NWI selon *Souryal* [22]**

❖ **Angle épiphysaire fémorale distale (AEFD) :**

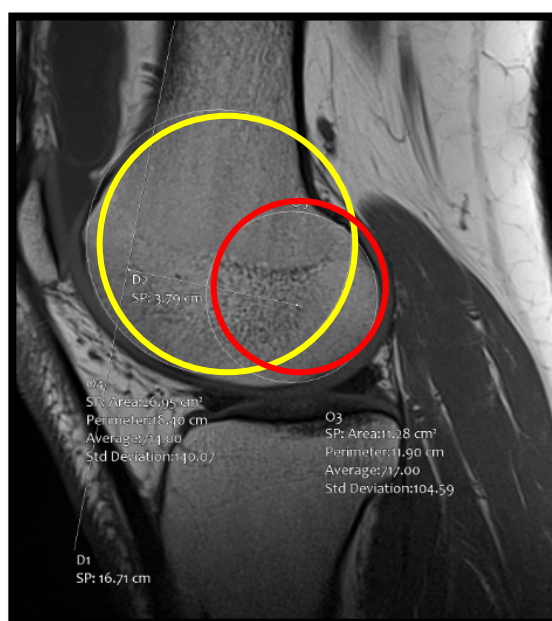
Mesuré sur la coupe coronale de référence, c'est l'angle d'ouverture latérale entre l'axe de la diaphyse fémorale à sa partie distale et la tangente distale aux condyles fémoraux. Elle est exprimée en degré.



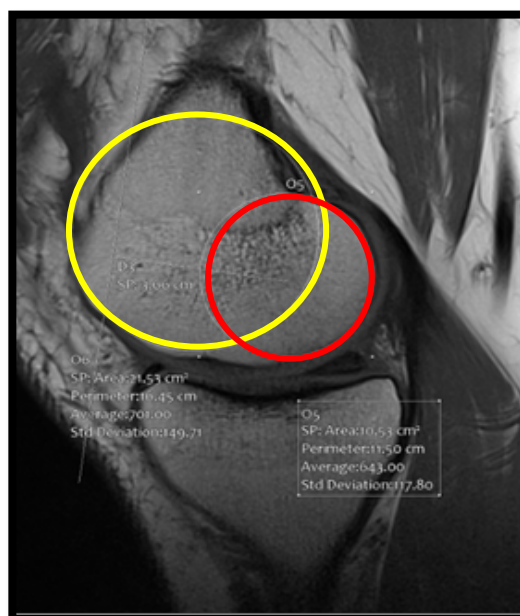
**Figure 17 : mesure de l'Angle épiphysaire fémorale distale**

❖ **Les Périmètres et les rayons de courbures du condyle médial et latéral :**

Sur la coupe sagittale de référence, Nous avons mesuré les périmètres de courbure antérieur (majeur) et postérieur (mineur) pour chaque condyle. Puis nous avons déduit le rayon de courbure antérieur et postérieur pour les deux condyles selon la formule  $r=P/2\pi$ .



**Figure 18: condyle latéral**



**Figure 19 : condyle médial**

#### 4. Fiche d'exploitation :

IP  Age  Sexe : Homme  Femme

Latéralité : gauche  droite

Pathologie : LCA  LCP  Méniscopathie  cartilage

AFP  AFTL  AFTM  Autre

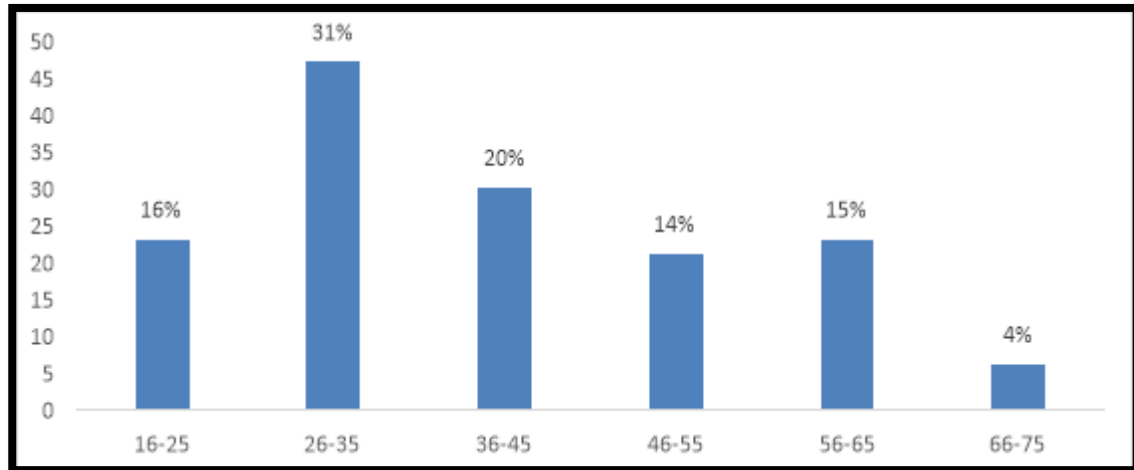
#### MENSURATIONS

Coupe axiale		valeur
	Distance inter-épicondylienne	
	Distance antéro-post du condyle médial	
	Distance antéro-post du condyle latéral	
	Angle condylien postérieur ACP	
	Angle trochléen AT	
	Angle condylien antérieur ACA (ATA = AT+ACP)	
	Distance médio-latérale antérieure	
	Distance médio-latérale postérieure	
	Profondeur de l'échancrure	
Coupe coronale		
	Largeur de l'échancrure	
	Largeur bicondylienne	
	Rapport LE / LBC	
	Angle épiphysaire fémoral	
Coupe sagittale		
	Périmètre de courbure du condyle <u>médial</u> mineur ( $P=2 \cdot \text{Pi} \cdot r$ )	
	Rayon de courbure du condyle <u>médial</u> mineur ( $r=P/2\text{pi}$ )	
	Périmètre de courbure du condyle <u>médial</u> Majeur	
	Rayon de courbure du condyle <u>médial</u> Majeur	
	Périmètre de courbure du condyle <u>latéral</u> mineur	
	Rayon de courbure du condyle <u>latéral</u> mineur	
	Périmètre de courbure du condyle <u>latéral</u> Majeur	
	Rayon de courbure du condyle <u>latéral</u> Majeur	

## 5. Description de la série :

### a. L'Age :

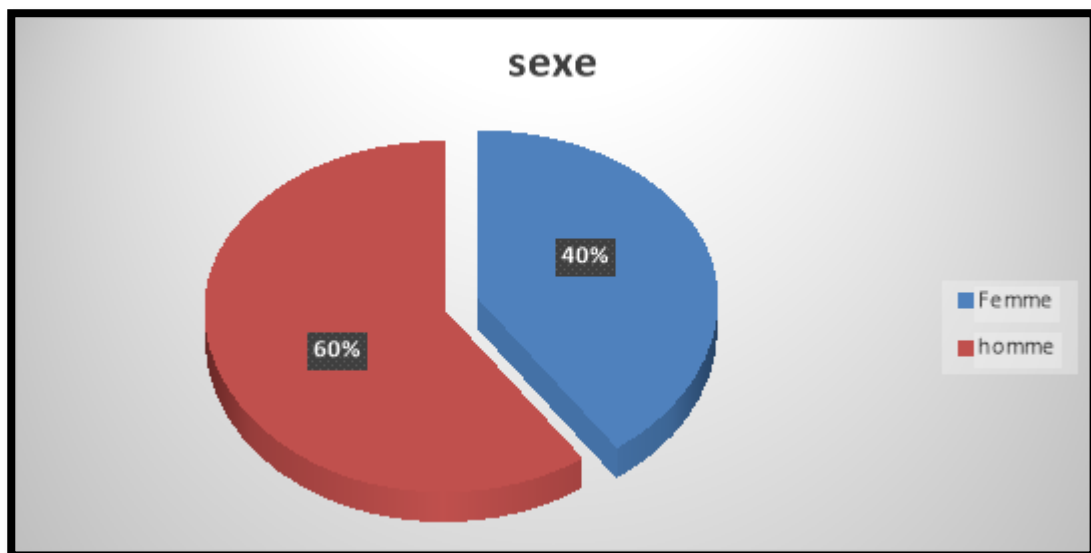
L'âge de nos patients variait entre 16 et 75 ans, 51 % des sujets avaient un âge compris entre 26 ans et 45 ans.



**Figure 20: répartition selon les tranches d'âge**

### b. Le sexe :

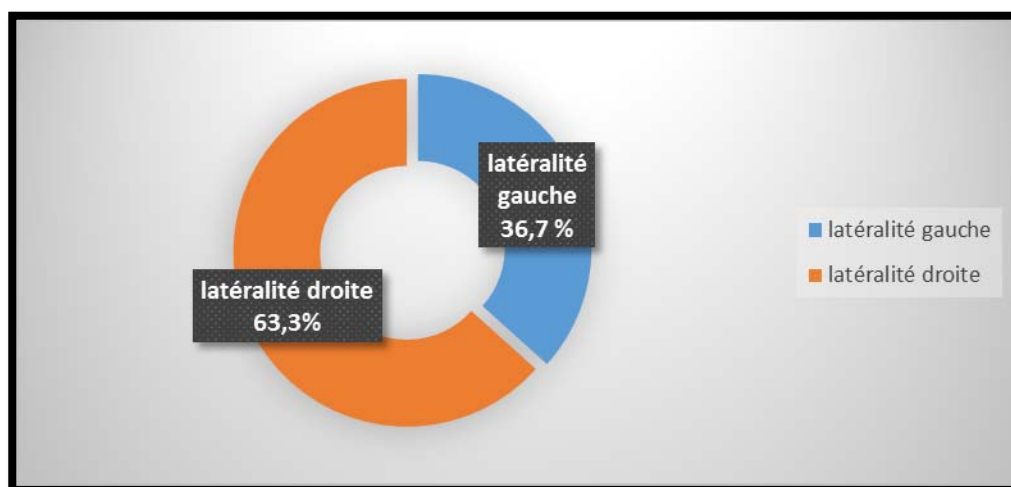
La série comportait 150 patients avec une prédominance masculine, avec 60 femmes soit (40%) et 90 hommes soit (60%), soit un sexe ratio de 1,5 en faveur des hommes.



**Figure 21 : répartition selon le sexe**

**c. Côté étudié :**

Sur les 150 genoux étudiés, 36,7% étaient des genoux gauches et 63,3% étaient droits



**Figure 22 : répartition selon la latéralité du genou étudié**

**d. Affections associées :**

Sur Les 150 genoux étudiés ; 18 genoux étaient strictement normaux ; et 132 étaient pathologiques. Ces derniers présentent souvent une association de plusieurs lésions :

Pathologie	Association	Nombre de cas	
Sain		18	
LCA	isolé	2	
	associé	39	
LCP	isolé	0	
	associé	7	
Atteinte méniscale	isolé	20	
	associé	96	
Atteinte du cartilage	isolé	4	
	associé	49	
Arthrose	AFP	isolé	1
		associé	36
	AFTM	isolé	0
		associé	39
	AFTL	isolé	1
		associé	28
Autres		50	

**Figure 23 : répartition des affections associées**



**RESULTATS**

The image shows a decorative frame with a central rectangular box. The box has rounded corners and is surrounded by ornate scrollwork and floral patterns. The word "RESULTATS" is written in a bold, black, sans-serif font in the center of the box. The frame is symmetrical and has a classic, elegant appearance.

## A. Variables étudiées :

### 1. Les variables mesurées :

Nous avons mesuré sur la console les 15 variables suivantes :

**Tableau I : ensemble des valeurs mesurées**

	masculin			féminin			les deux sexes
	maximale	minimale	moyenne	maximale	minimale	moyenne	moyenne
TEA (mm) (s)	91,2	71,2	81,75	89,1	63	79,3	78,29
MAP (mm) (s)	72,8	53,6	63,41	72,1	50	56,19	60,4
LAP (mm) (s)	71,9	63,6	63,48	73,6	48	55,9	60,7
AML (mm) (s)	58,2	31,1	38,86	41,1	24,1	33,84	37,02
PML (mm) (s)	62,5	43,6	52,04	57,8	35,3	45,88	49,78
PE (mm) (s)	32,2	14,2	25,06	45,8	11,9	22,6	24,23
LE (mm) (s)	23,7	16,6	20,06	22	10,9	17,7	19,19
LBC (mm) (s)	87,2	63	78,17	83	59,3	69,5	74,99
ACP (degré) (ns)	13,11	2,33	6,64	13,9	1,66	6,4	6,58
AT (degré) (ns)	10,73	0,21	4,68	10,36	0,28	4,6	4,29
AEFD (degré) (ns)	105,46	80,44	98,06	106	79,25	98,56	98,24
PCCM mineur (mm) (s)	139,9	89,4	111,52	117,3	83	97,35	106,32
PCCM Majeur (mm) (s)	189,9	124,9	152,33	181,6	106,7	134,9	145,9
PCCL mineur (mm) (s)	139,8	96,9	117,21	129,4	79,6	98,97	110,52
PCCL majeur (mm) (s)	200	133,9	161,81	181,7	115,9	140	153,87

### 2. Les variables calculées :

Nous avons déduit à partir des valeurs mesurés (tableau II) les variables suivantes :

- **NWI** : qui est le ratio LE/LBC.
- **ACA** : ACP+AT
- **Les rayons de courbure** : déduction de chaque rayon de courbure à partir de son périmètre de courbure selon la formule  $r=P/2\pi$
- **RCLP/RCLA** : qui permet de rapporter le rayon de courbure latéral antérieur au rayon de courbure latéral postérieur

- **RCMP/RCMA** : qui permet de rapporter le rayon de courbure médial antérieur au rayon de courbure médial postérieur
- **LAP/TEA** : qui permet de rapporter la longueur AP du condyle latéral à la largeur de l'épiphyse.
- **MAP/TEA** : qui permet de rapporter la longueur AP du condyle médial à la largeur de l'épiphyse.
- **LAP/MAP** : qui permet de rapporter la longueur AP du condyle latéral à la longueur AP du condyle médial.
- **AML/PML** : qui permet de rapporter la largeur médio-latéral antérieure à la largeur médio-latéral postérieure.

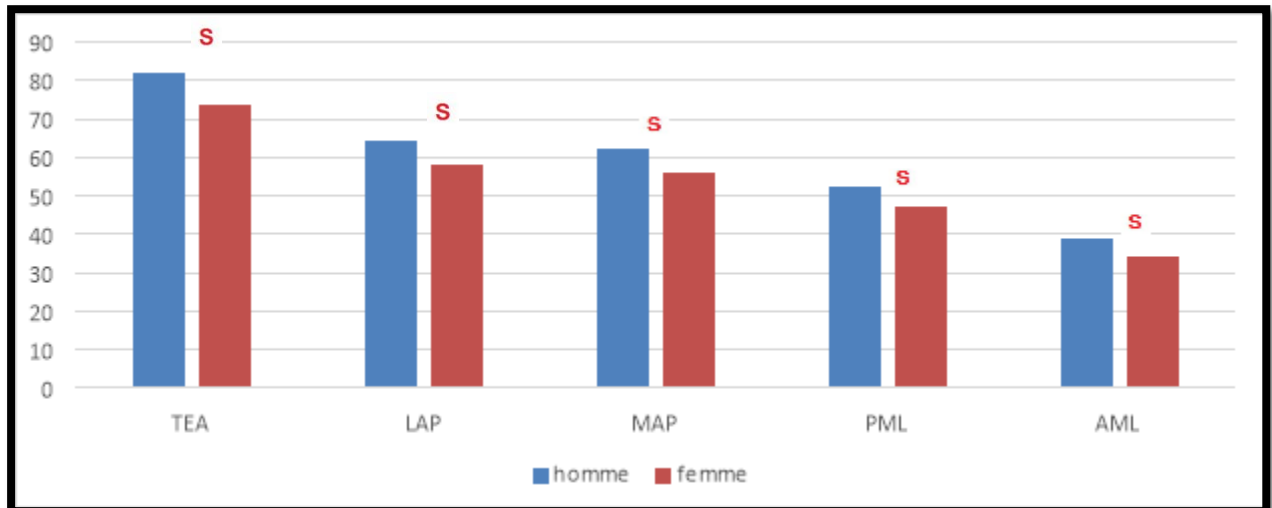
### **3. Répartition des variables étudiées :**

- La forme globale d'EIF : TEA, LAP, MAP, AML, PML.
- La forme de l'échancrure inter-condylienne : LE, PE, LBC, et NWI.
- Les axes de rotation : ACP, ACA, AT, AEFD.
- La taille des condyles : RCLP, RCAP, RCMP, RCMA.
- Les ratios : RCLP/RCMP, RCLP/RCAP,

## B. Données statistiques :

### 1. Comparaison des moyennes selon le sexe :

#### a) La forme globale :



**Figure 24 : Comparaison des moyennes de la forme globale selon le sexe**

**Commentaire :** En terme de valeurs absolues, les valeurs de TEA, LAP, MAP, PML, et AML sont statistiquement plus importantes chez les hommes. Et pour éliminer ces différences qui sont liées à la différence de taille des épiphyses entre les deux sexes, nous avons calculé et comparé les ratios suivants :

- ✓ LAP/TEA
- ✓ MAP/TEA
- ✓ PML/TEA
- ✓ AML/TEA

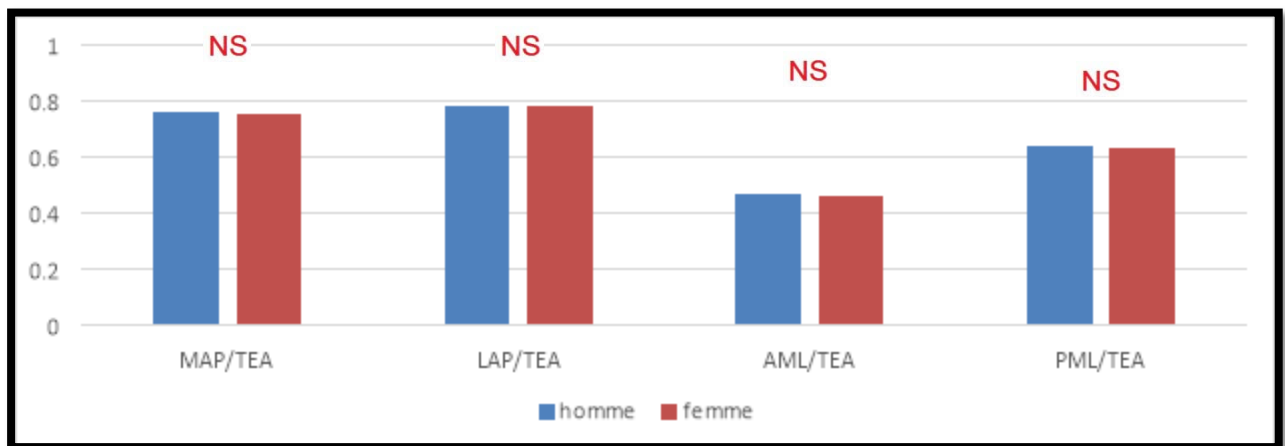


Figure 25 comparer les ratios selon le sexe

**Commentaire :** Une fois rapportés à la taille de l'épiphyse (TEA) ces différences de taille ne sont plus significatives.

b) La taille des condyles :

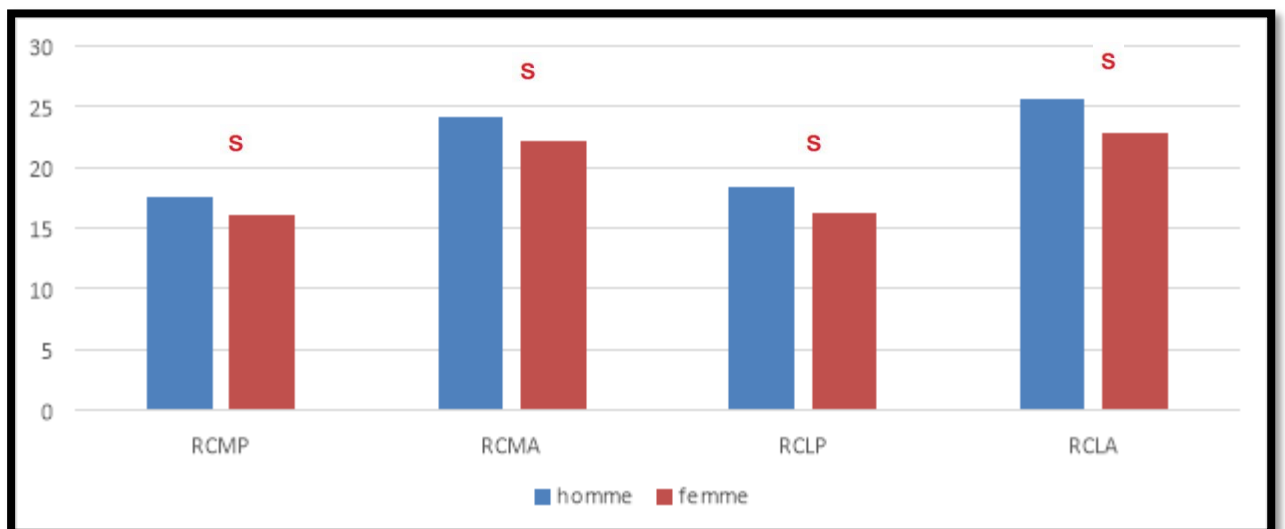


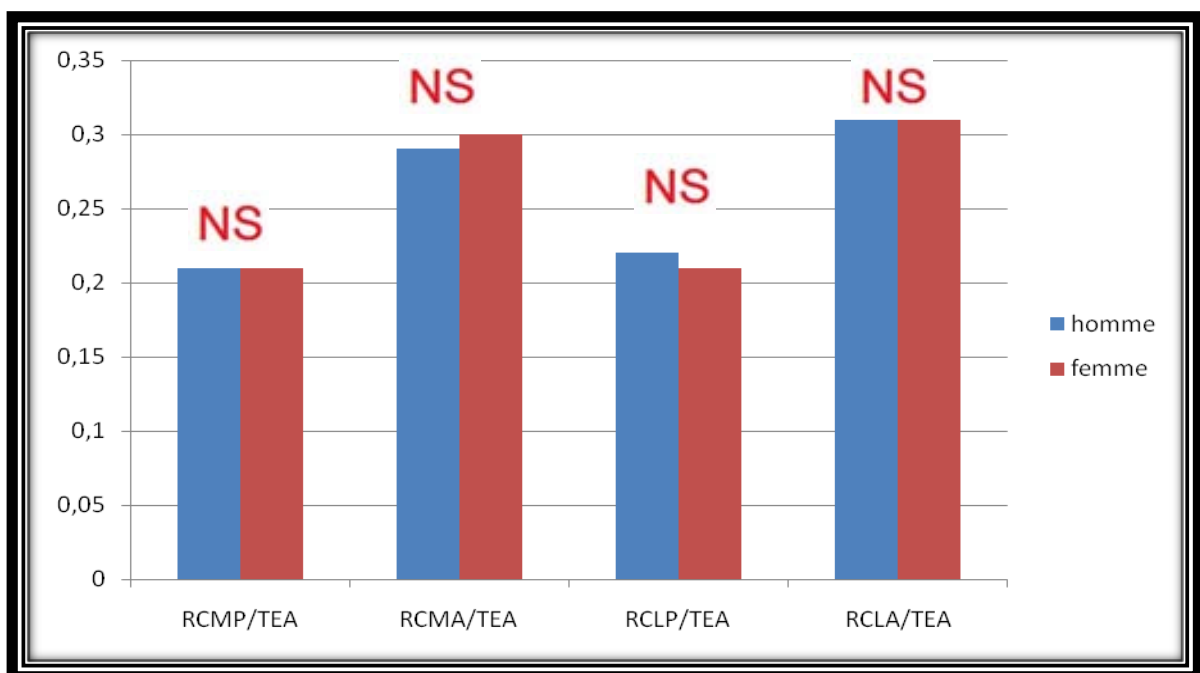
Figure 26 : comparaison de la taille des condyles selon le sexe

**Commentaire :** En terme de valeurs absolues, les valeurs de RCMP, RCMA, RCLP, et RCLA sont statistiquement plus importantes chez les hommes.

Pour éliminer ces différences qui sont liées à la différence de taille des épiphyses entre les deux sexes, nous avons calculé et comparé les ratios suivants :

- ✓ RCMP/TEA
- ✓ RCMA/TEA
- ✓ RCLP/TEA
- ✓ RCLA/TEA

Une fois rapportés à la taille de l'épiphyse (TEA) ces différences de taille des condyles ne sont plus significatives.



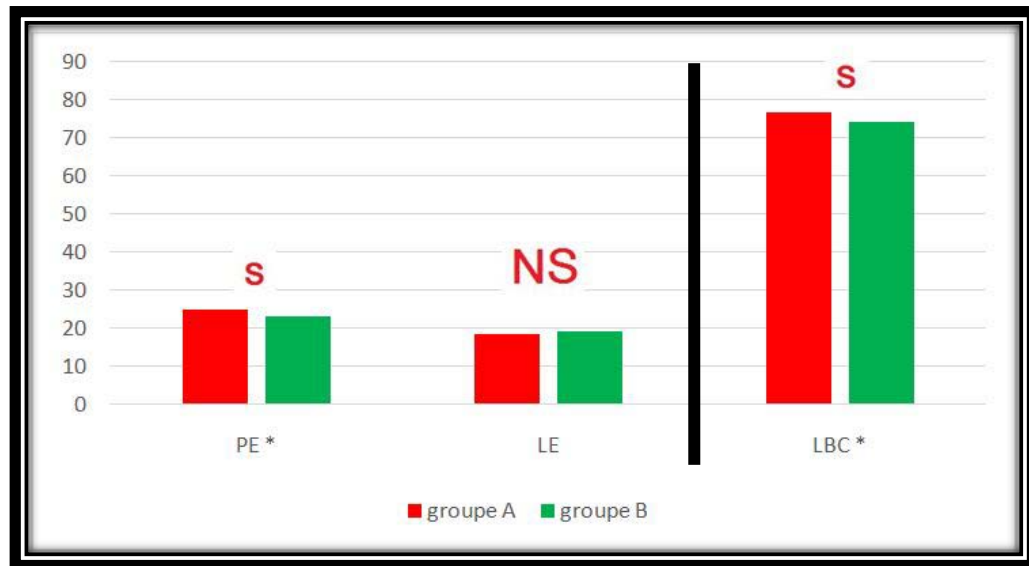
**Figure 27 : Comparaison des ratios selon le sexe**

## **2. Comparaison des moyennes selon l'affection associée :**

### **a) Rupture du ligament croisé antérieure :**

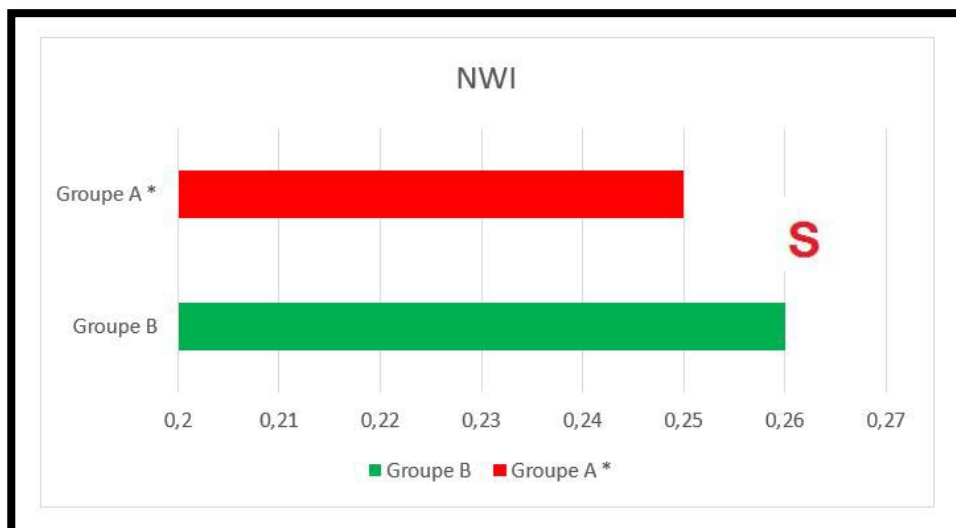
Nous avons réparti notre série selon l'atteinte du LCA (groupe A, n=39) ou non (groupe B, n=111).

❖ **Comparaison de La forme de l'échancrure et LBC en de la rupture du LCA :**



**Figure 28 : comparaison de PE et LE selon l'atteinte du LCA**

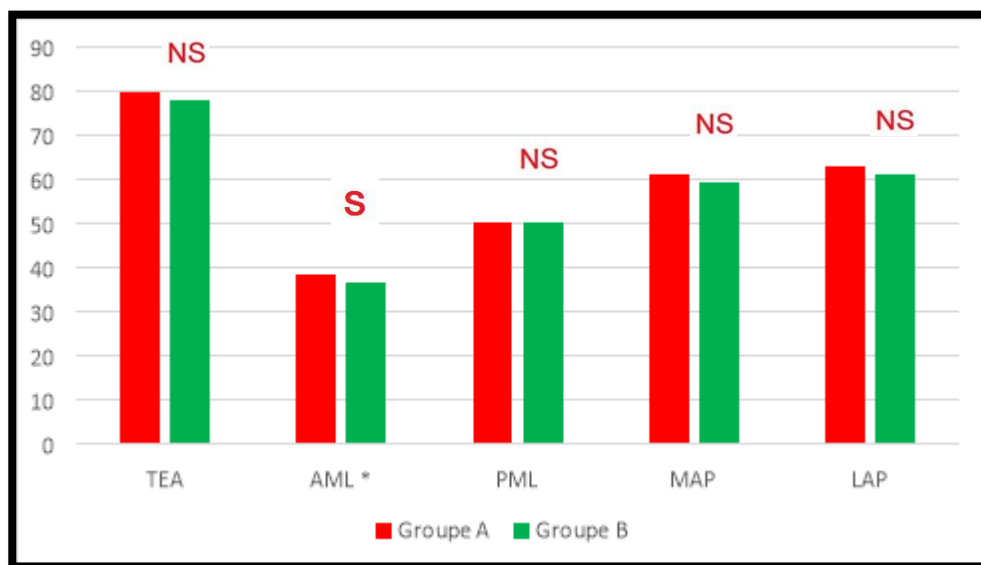
**Commentaire :** Le groupe A présente des valeurs statistiquement plus importantes en termes de la profondeur de l'échancrure (PE) et de la largeur bi condylienne (LBC). Et il n'existe pas de différences entre les deux groupes en terme de la largeur de l'échancrure.



**Figure 29: comparaison du NWI selon l'atteinte du LCA**

**Commentaire :** La valeur du NWI est statistiquement plus basse chez le groupe A.

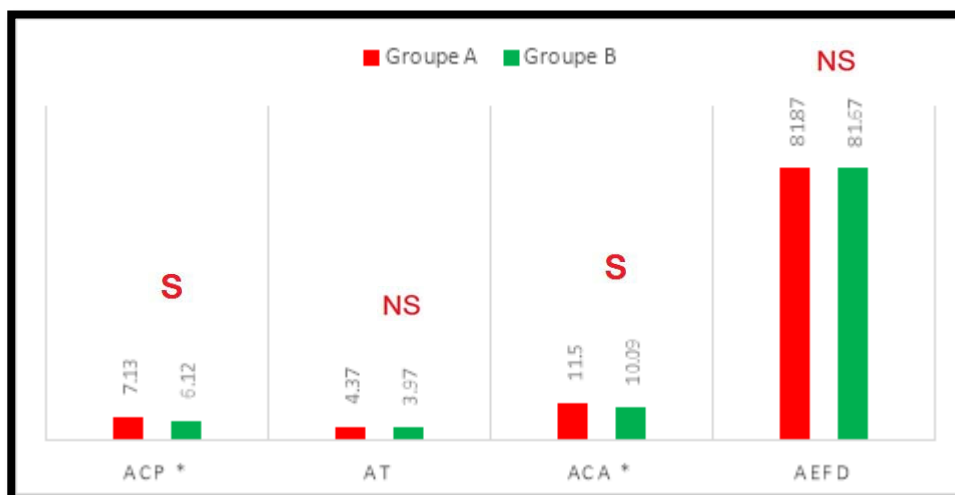
❖ **Comparaison de la forme globale :**



**Figure 30 : comparaison de la forme globale selon l'atteinte du LCA**

**Commentaire :** les patients de groupe A (LCA+) ont une valeur statistiquement plus importante de l'AML. Les valeurs TEA, PML, MAP et LAP ne présentent pas de différences statistiquement significatives entre les deux groupes.

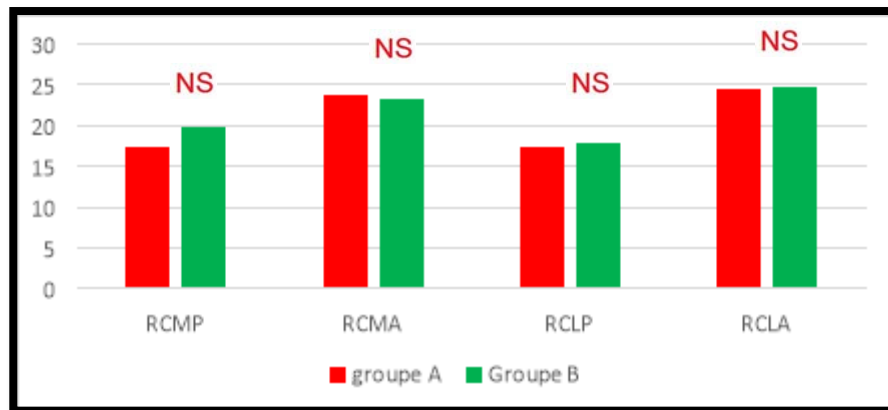
❖ **Comparaison des axes de rotation :**



**Figure 31: comparaison des axes de rotation selon l'atteinte du LCA**

**Commentaire :** l'angle condylien postérieur et antérieur ont des valeurs statiquement plus petites chez le groupe A (LCA+)

❖ Comparaison de la taille des condyles :



**Figure 32: comparaison de la taille des condyles selon l'atteinte du LCA**

**Commentaire :** il n'existe pas de différences significatives en terme de RCMP, RCMA, RCLP et RCLA entre les deux groupes A et B.

**Au total :** la morphologie du fémur distal chez la population présentant une rupture du LCA (groupe A) semble présenter quelques particularités notamment :

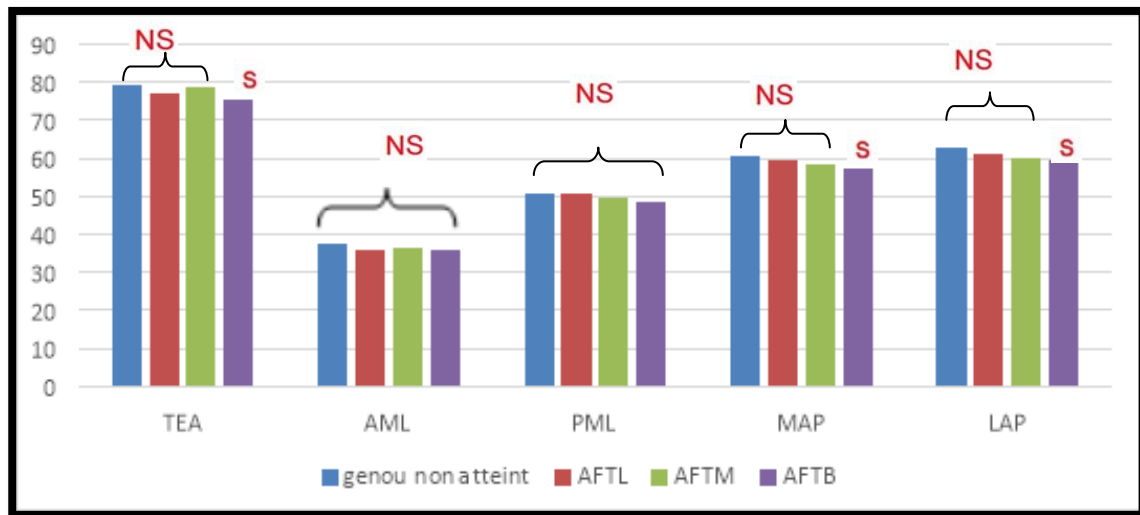
- ✓ Une échancrure plus profonde (PE augmenté)
- ✓ Epiphyse plus large (LBC augmenté)
- ✓ Un indice de largeur de l'échancrure (NWI) plus bas
- ✓ Un AML plus important
- ✓ Un angle condylien antérieur (ACA) et un angle condylien postérieur (ACP) plus importants.

Il n'existe pas de différences statistiquement significatives entre les deux groupes en terme de TEA, PML, MAP, LAP, AT, AEFD et les rayons de courbures des condyles.

**b) Gonarthrose fémoro-tibiale :**

Nous avons réparti notre série Selon l'atteinte du cartilage fémoro-tibiale (AFT) ou non : groupe 1 non atteint, groupe 2 avec AFT bicompartimentale, groupe 3 avec AFT médiale, et groupe 4 avec AFT latérale.

❖ **Comparaison de la forme globale :**



**Figure 33 : comparaison de la forme globale selon la présence de la gonarthrose**

**Commentaire :** il existe une différence statistiquement significative entre le groupe qui présente une AFT bicompartimentale (groupe 2) et le groupe non atteint (groupe 1) en terme de TEA, MAP et le LAP.

Il n'existe pas de différences entre le groupe 1 et le groupe 3 et groupe 4 en terme de TEA, LAP, MAP, PML et AML.

❖ Comparaison des axes de rotation :

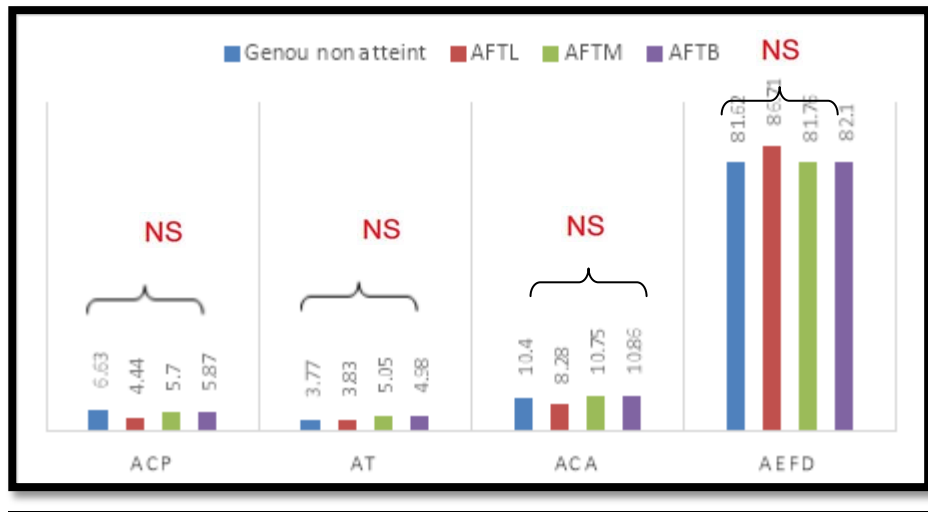


Figure 34: comparaison des axes de rotation selon la présence de la gonarthrose

❖ Comparaison de la taille des condyles :

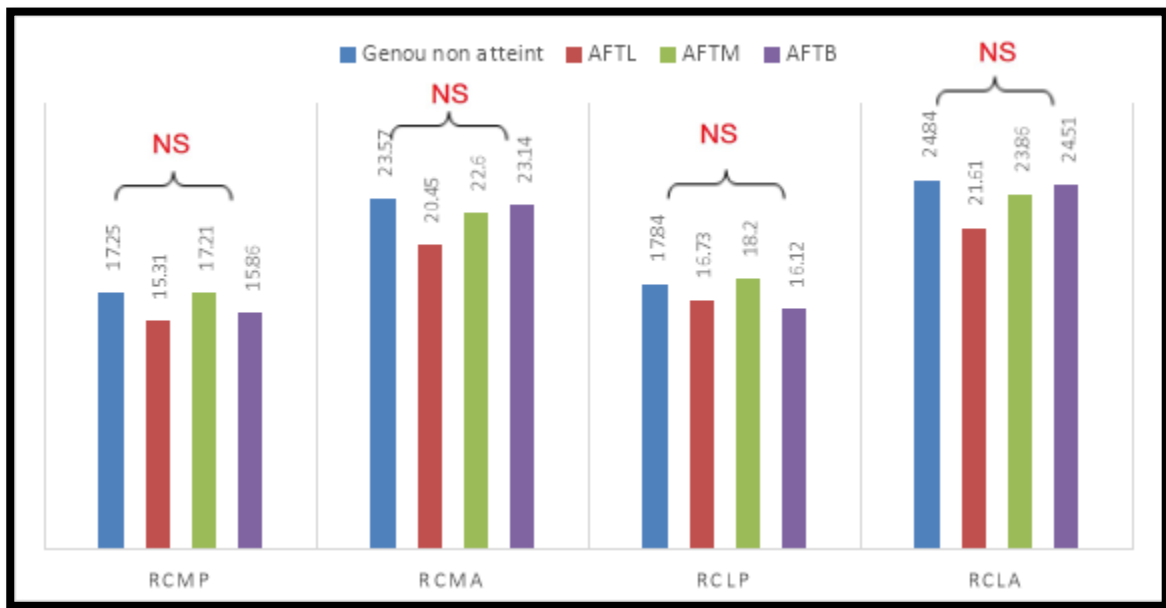


Figure 35: comparaison de la taille des condyles selon la présence de la gonarthrose

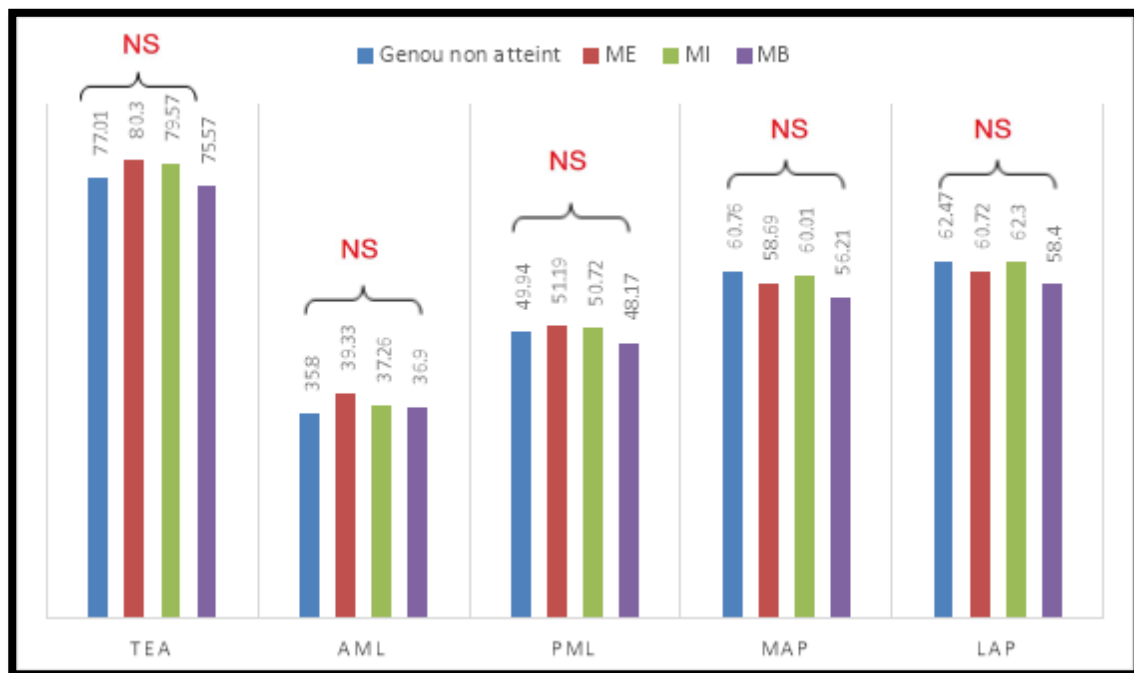
**Commentaire :** il n'existe pas de différences significatives entre les quatre groupes en terme des axes de rotations ni en terme de la taille des condyles.

c) **Atteinte du ménisque :**

Nous avons réparti notre série Selon l'atteinte du ménisque : groupe 1' avec ménisque intacte, groupe 2' avec ménisque externe atteint, groupe 3' avec ménisque interne atteint, et groupe 4' avec atteinte bicompartimental.

Nous avons éliminé les patients ayants une rupture du LCA parce que l'atteinte du LCA aboutit à une atteinte du ménisque indépendamment de la morphologie du genou.

❖ **Comparaison de la forme globale :**



**Figure 36 : comparaison de la forme globale selon l'atteinte du ménisque (NS)**

❖ Comparaison de la taille des condyles :

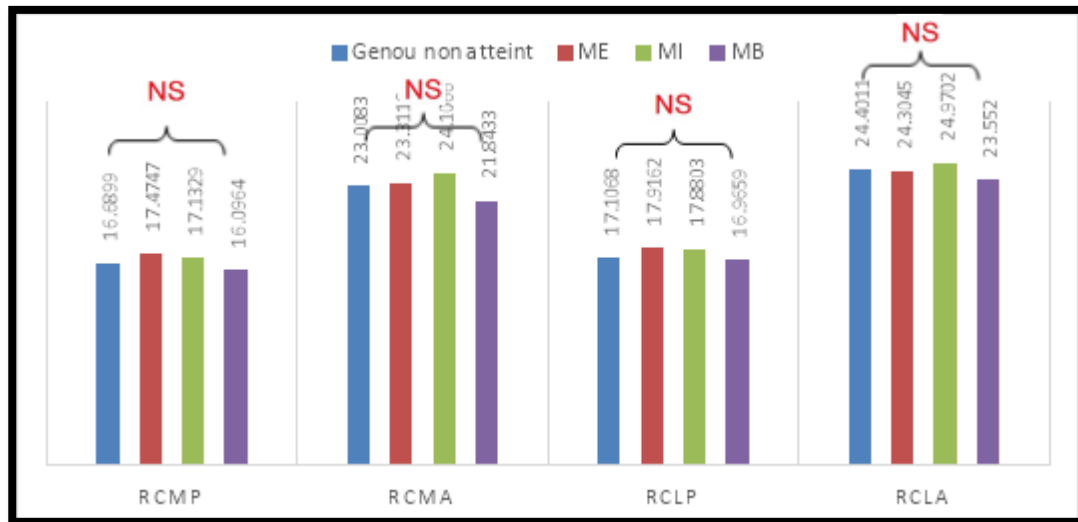


Figure 37 : comparaison de la taille des condyles selon l'atteinte du ménisque (NS)

❖ Comparaison des axes de rotation :

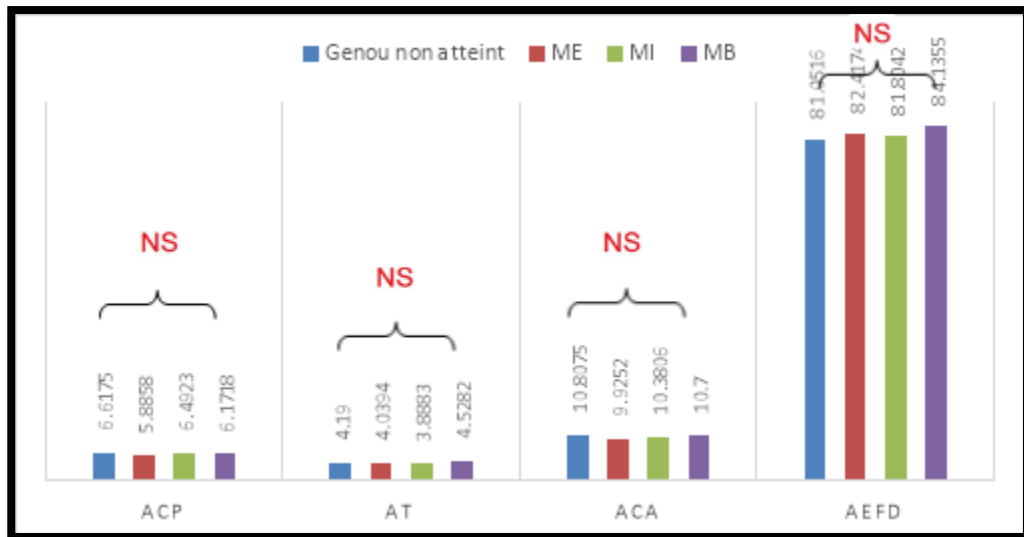


Figure 38: comparaison des axes de rotation selon l'atteinte du ménisque (NS)

**Commentaire :** il n'existe pas de différences significatives entre les quatre groupes en terme de la forme globale, ni en terme des axes de rotation et de la taille des condyles.



**DISCUSSION**

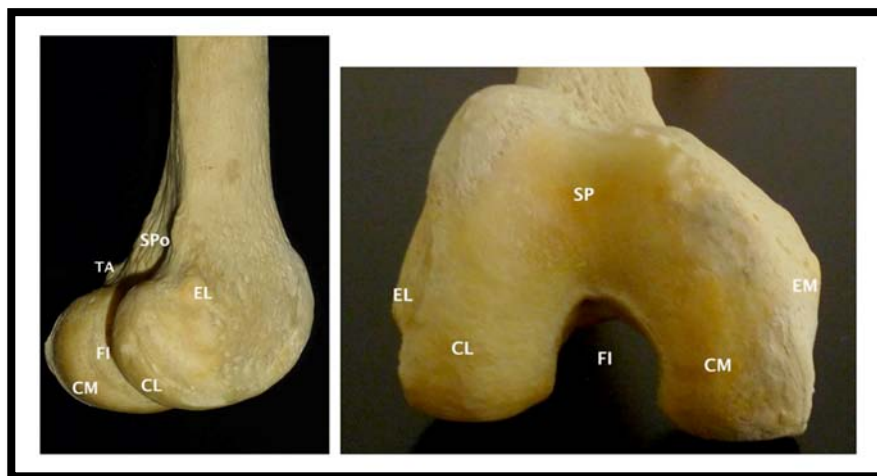
The image shows a decorative frame with a central rectangular box containing the word "DISCUSSION" in bold, uppercase letters. The frame is adorned with ornate scrollwork and floral motifs at the top and bottom.

## I. Fondamentaux anatomiques :

### a. Anatomie de l'épiphyse distale du fémur :

Volumineuse, quadrilatère, asymétrique, l'épiphyse fémorale distale présente, au milieu de ses faces inférieure et surtout postérieure, une échancrure profonde : la fosse intercondyloire, la divisant en deux masses latérales, ces condyles sont surmontés par des saillies : Les épicondyles médial (EM) et latéral (EL) qui font les sites d'insertion des deux ligaments collatéraux correspondants.

Considérés de profil les condyles s'enroulent d'avant en arrière, autour d'un axe transversal selon une courbe de rayon régulièrement décroissant. En avant, les deux condyles semblent converger vers une surface en forme de trochlée, en rapport avec la patella. Celle-ci, comme la face convexe des condyles, est entourée de cartilage. La trochlée est divisée en deux joues, dont la latérale est beaucoup plus développée.

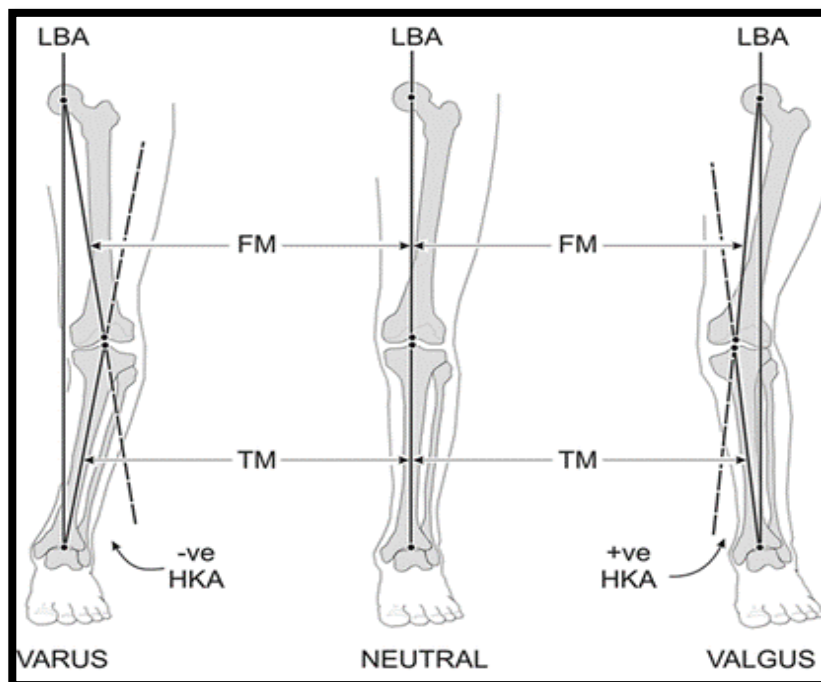


**Figure 39 : Epiphyse distale d'un fémur droit EL : Epicondyle latéral, EM : Epicondyle médial, FI : Fosse intercondyloire, SP : Surface patellaire, CM : Condyle médial, CL : Condyle latéral, SPo : Surface poplitée, TA : Tubercule de l'adducteur**

b. Axes fémoraux :

❖ Plan frontal :

L'axe mécanique du membre inférieur est défini dans un genou dit normo axé par l'alignement du centre de la tête fémorale, du genou (milieu de l'espace interépineux) et la ligne tibio-talienne. L'H.K.A. (Hip-Knee-Ankle) est l'acronyme et l'anglicisme couramment utilisé pour le décrire. L'axe anatomique est l'axe de la cavité médullaire. Il est oblique en bas et en dedans et fait en moyenne un axe de 6° avec l'axe mécanique.



**Figure 40 : HKA d'un genou normal ; en valgus et en varus**

❖ **Plan sagittal**

Dans ce plan, l'axe anatomique du fémur est virtuel puisque la diaphyse représente une courbure à concavité postérieure



**Figure 41 : courbure du fémur vue de profil**

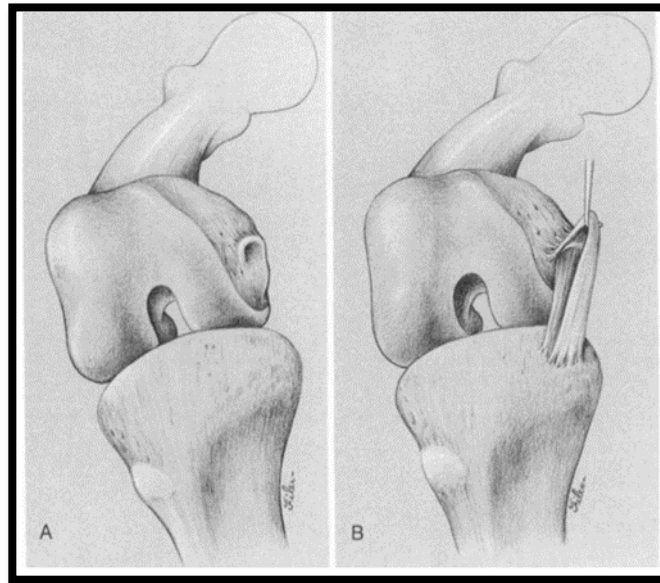
❖ **Plan axial :**

La partie métaphysaire distale du fémur est globalement conformée en torsion externe par rapport à la diaphyse. Celle-ci varie selon les individus et l'état cartilagineux des condyles fémoraux [7, 23, 24]. Plusieurs axes et plusieurs angles ont été décrits pour quantifier cette torsion :

- La ligne tangente aux condyles postérieurs médial et latéral est appelée tangente des condyles postérieure (TCP). C'est un axe fiable, facilement repérable et palpable [7, 25]
- L'axe joignant l'épicondyle médial et latéral est appelé axe transépicondylien (ATE). Il est conventionnellement considéré comme l'axe flexion-extension. Cependant, des nuances existent dans la détermination de l'axe transépicondylien :
- L'axe transépicondylien anatomique ou clinique (ATEa), décrit par Yoshioka et al. en 1987 [7], passe par les zones en relief les plus saillantes de l'épicondyle médial et latéral. Au niveau de l'épicondyle médial, cette zone correspond à l'insertion des fibres superficielles du ligament collatéral médial.
- L'axe transépicondylien chirurgical (ATEc), passe par le sommet de l'épicondyle latéral et par une dépression immédiatement située en arrière du sommet de l'épicondyle

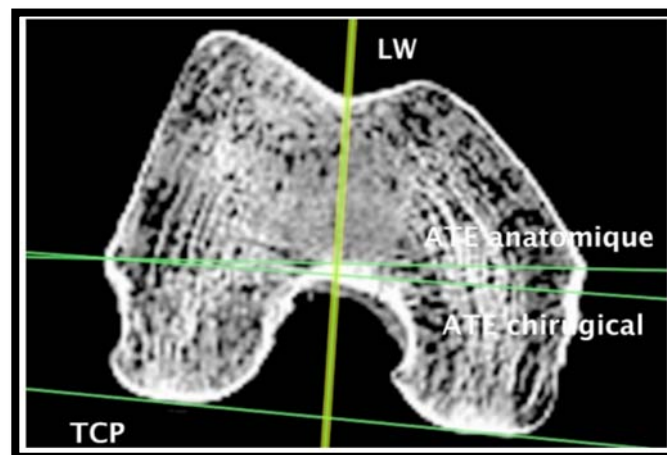
médial, le sulcus. Cette zone correspond à l'insertion des fibres profondes du ligament collatéral médial. Il a été décrit par Berger et al.[26] en 1993, qui le qualifie de plus fiable et plus reproductible.

- L'angle délimité par le TCP et ATE est appelé Angle Condyléen Postérieur (ACP). Sa valeur est d'environ 5° et varie selon la littérature.



**Figure 42 : Sulcus de l'épicondyle médial et faisceaux du ligament collatéral interne d'après Berger.**

- • En 1995, Arima et Whiteside ont proposé un autre repère osseux dans une étude anatomique. C'est l'axe antéro-postérieur de fond de trochlée devenu « Ligne de Whiteside » (LW), qui relie un point antérieur, au fond de la gouttière patellaire à un point postérieur, situé au centre et au fond de l'échancrure inter condylienne. La perpendiculaire à la LW serait parallèle à l'ATE anatomique, selon Whiteside [23, 27]
- • L'angle de Whiteside (AW) est compris entre la LW et la TCP.



**Figure 43 : coupe TDM axial d'un fémur droit avec la Ligne de Whiteside, l'Axe transépicondylien anatomique et chirurgical, et la Tangente aux condyles postérieurs**

**c. Biomécanique du Flexion-extension :**

En 1911, Fick proposa la théorie de la forme hélicoïdale des condyles avec un rayon de courbure variable à l'origine d'un centre instantané de rotation [38]. Cette théorie s'appuyait sur le fait que l'axe de flexion extension du genou était orthogonal au plan sagittal de l'articulation. De nombreux implants furent conçus sur ce concept. La compréhension conventionnelle de la cinématique du genou suggérait qu'il n'existait pas d'axe de flexion extension fixe. Dans cette analyse, chaque condyle fémoral présente une série de centres instantanés de mouvements, décrivant deux spirales, médiale et latérale.

Il s'agissait d'observations faites dans le plan sagittal qui montrait que le centre instantané de rotation se déplaçait dans les condyles postérieurs au cours de la flexion. Les travaux récents basés sur des observations en trois dimensions contrastent avec cette description et identifient un axe de Flexion extension unique [28]. Cette notion est fondamentale pour la pose d'une PTG pour laquelle le chirurgien orthopédiste cherche à positionner les implants fémoraux et tibiaux parallèlement à cet axe.

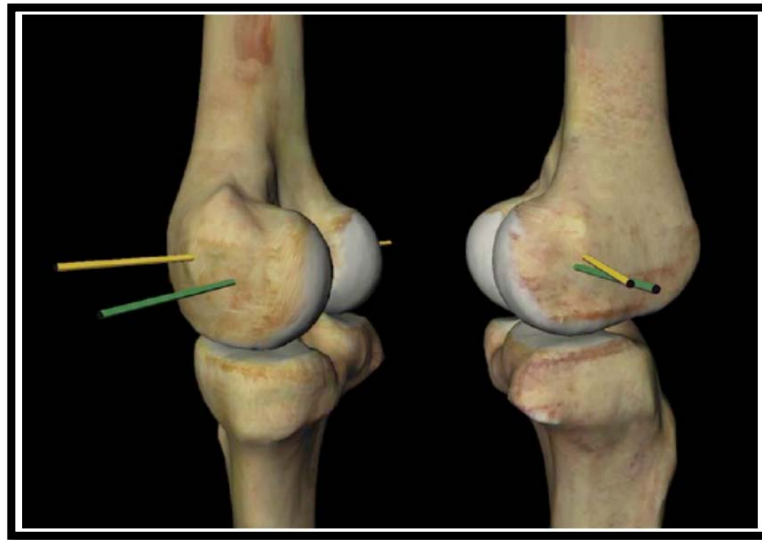
En 1990, Elias et al. [29] ont trouvé un point isométrique dans le fémur distal qui suggère un axe de flexion extension localisé dans le fémur distal. Stiehl et al. [30], Dans un travail expérimental sur cadavres, montrent que l'axe de flexion extension du genou est parallèle à l'ATEa.

En 1998, Churchill et al.[31] ont confirmé le travail d'Hollister et al. [32] en proposant une description de la cinématique du genou littéralement différente de la théorie des centres instantanés, et plus simple à conceptualiser pour une approche

chirurgicale. Cette théorie est basée sur deux axes : un axe longitudinal situé dans le tibia et un «axe de flexion optimal» situé dans le fémur distal. Cet axe optimal coïncide avec l'ATE d'après une étude de la cinématique tibio-fémorale réalisée sur quinze cadavres avec une précision moyenne de 3.4mm en translation et de 2,9° en orientation de 5° à 90° de flexion.[31]

Pour Asano et al. [28], L'axe de flexion extension correspond à l'ATEc d'après une étude radio anatomique et une technique de comparaison d'images radiologiques standard avec des images en trois dimensions.

Ces travaux ont été contestés par Eckhoff et al. [33] qui proposent une approche différente en recherchant la ligne équidistante de la surface articulaire de chaque condyle sur des reconstructions en trois dimensions de fémurs distaux. Cette ligne appelée «axe des cylindres » ne coïncide pas avec l'axe transépicondylien anatomique avec une moyenne de 2,3° d'écart sur une projection dans le plan axial.

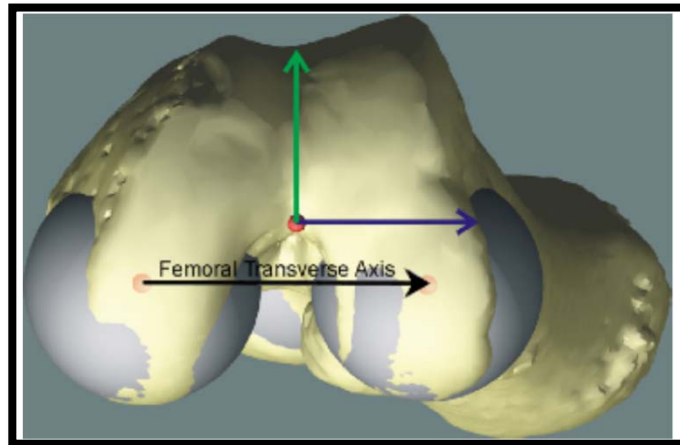


**Figure 44 : Axe des cylindres (en vert) et ATE anatomique divergent de 2,3° dans le plan axial et 1,8° dans le plan frontal, d'après Eckohff**

En 2008, Lustig et al. ont également critiqué la théorie de Churchill. Leur travail basé sur des reconstructions tomodensitométriques montre que le centre de cercles correspondant dans un plan sagittal aux condyles fémoraux ne correspond pas à l'ATEc.

Enfin en 2009, Victor et al publient un travail radio anatomique utilisant des techniques d'imagerie tomodensitométrique en 3D et la navigation sur des genoux cadavériques non ou peu arthrosiques. Il démontre que la ligne passant par les centres de sphères correspondant aux condyles fémoraux (« best fit matching spheres »), appelée l'axe fémoral transverse (AFT), coïncide avec l'axe de flexion-extension du genou.

l'ATE chirurgical, après projection dans le plan axial, apparaît parallèle (moyenne de 0,21°), l'ATE anatomique est plus en rotation externe (moyenne de 3,4°), la ligne de Whiteside est en légère rotation externe (moyenne de 1,39°) et la TCP en rotation interne (moyenne de 1,41°) [25].



**Figure 45 : L'axe fémoral transverse d'après Victor, connecte les centres de deux sphères correspondant aux condyles médiaux et latéraux.**

En synthèse, l'évolution des techniques d'imagerie du bidimensionnel vers le tridimensionnel atteste que l'axe de flexion extension du genou est centré sur les condyles postérieurs. L'axe transépicondylien chirurgical ne correspond pas à cet axe de flexion extension du genou, mais c'est l'axe qui s'en approche le plus. Dans une projection axiale, il apparaît être, d'un point de vue radio anatomique, un repère important de l'alignement rotatoire de l'implant fémoral dans l'arthroplastie de genou.

## II. Discussion des résultats :

### A. Les différences observées de la forme globale de l'EIF :

Le but principal de notre étude est de décrire l'extrémité distale du fémur chez la population marocaine et de confirmer l'existence de différence entre les deux sexes au niveau de cette extrémité. Aussi, de comparer notre série avec les autres séries de la littérature référant à d'autres ethnies. En effet ceci est suggéré par la littérature : les genoux des femmes sont plus petits [34, 35] et plus étroits [36, 37] que les genoux masculins [38].

Nous avons utilisé une multitude de mesures différentes, basée sur des mesures bi dimensionnelles. Les résultats de notre étude ont mis en évidence des différences statistiquement significatives entre les EIF des deux sexes en termes de taille.

#### 1. En fonction du sexe :

Une différence statistiquement significative a été retrouvée entre les deux sexes, en comparant le TEA, LAP, MAP, AML, et le PML (en mm) chez notre population. Nous avons trouvé des extrémités distales fémorales plus larges chez l'homme que chez la femme, ce qui renforce notre hypothèse initiale, avec une différence statistiquement significative entre les sexes pour toutes les variables comparées.

**Tableau II : comparaison de la forme globale selon le sexe**

	sexe	N	Moyenne	Ecart-type	Valeur de p
TEA	homme	90	81,8311	3,94335	<0,001
	femme	60	73,7600	5,81092	
AML	homme	90	38,9089	3,46814	<0,001
	femme	60	34,4650	3,43367	
PML	homme	90	52,5789	4,16684	<0,001
	femme	60	47,0067	5,33167	
MAP	homme	90	61,7622	7,70206	<0,001
	femme	60	54,9883	8,43041	
LAP	homme	90	64,3541	4,06886	<0,001
	femme	60	57,8550	4,21754	

La comparaison des ratios a permis d'éliminer cette différence de forme entre les deux sexes de notre série ce qui signifie que cette différence est en rapport avec la taille des sujets (les hommes sont plus grands que les femmes) et non pas avec une différence structurale ou de morphologie de l'épiphyse.

**Tableau II': comparaison des rations chez les deux sexes**

	SEXE	N	Moyenne	Ecart-type	Valeur de p
MAP/TEA	femme	60	,7573	,03530	0,39
	homme	90	,7623	,03653	
LAP/TEA	femme	60	,7856	,03646	0,77
	homme	90	,7874	,03795	
AML/TEA	femme	60	,4679	,03908	0,24
	homme	90	,4762	,04760	
PMLT/EA	femme	60	,6371	,04967	0,47
	homme	90	,6430	,04744	

En utilisant la moyenne des variables précédentes (tableau II) nous avons dessiné une forme globale de l'extrémité distale fémorale féminine et masculine de notre population. Nous avons trouvé une forme féminine plus courte et moins large que la forme masculine (Figure 53)

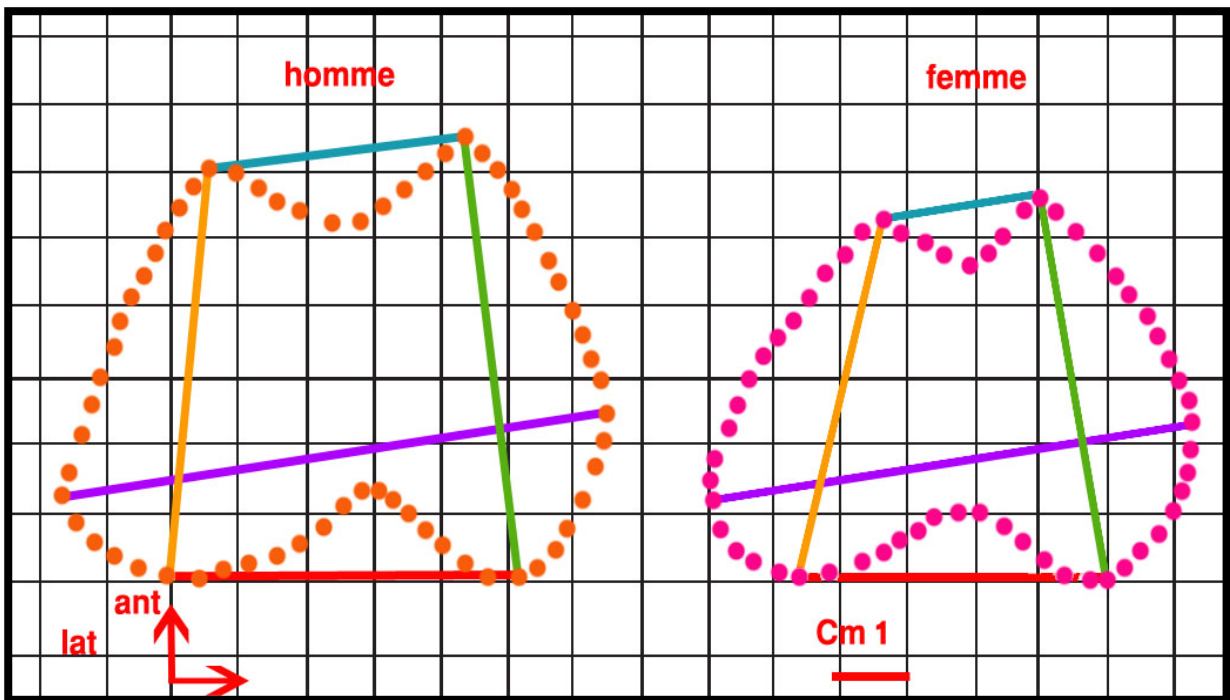


Figure 46 : forme globale moyenne de l'homme et de la femme de notre série

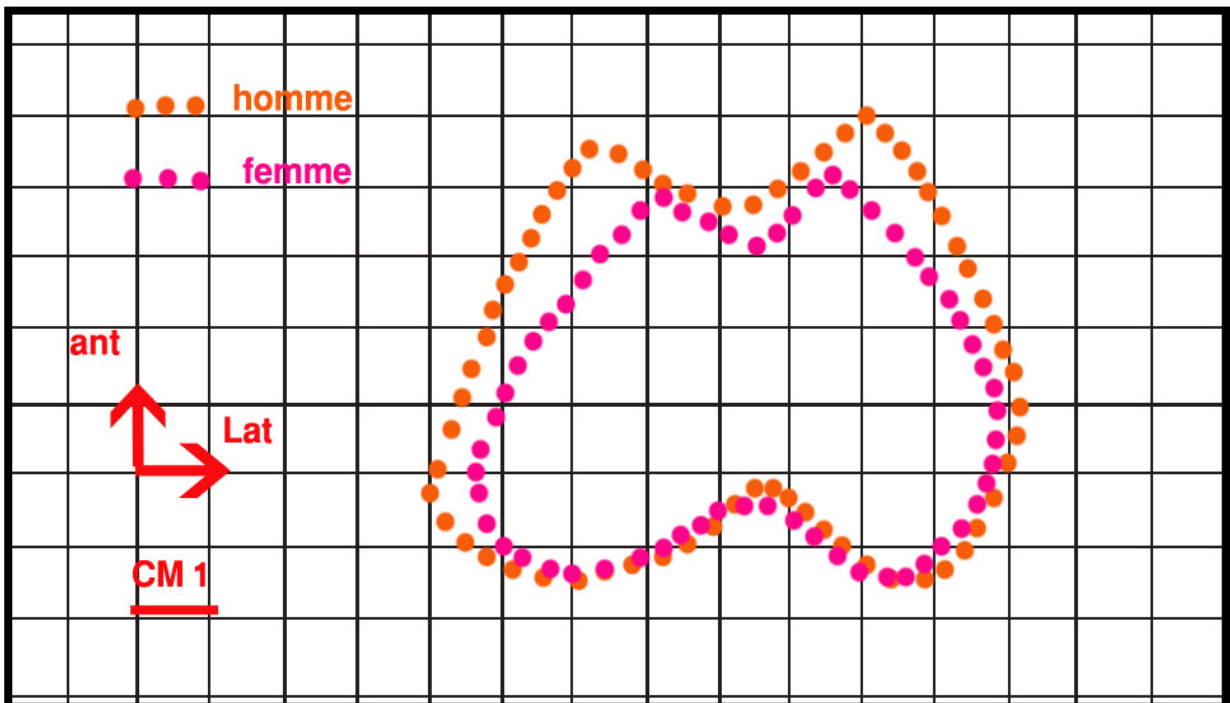


Figure 47 : comparaison entre la forme moyenne de l'homme et de la femme de notre série

En terme de valeurs absolues, cette différence de forme globale entre les deux sexes a été déjà mise en évidence par plusieurs auteurs [8, 9, 11, 12, 14, 38]. Les résultats étaient comparables aux nôtres, les épiphyses étaient proportionnellement moins larges et plus courtes chez les femmes.

La différence de forme entre les deux sexes a été rapportée dans la littérature entre les différentes ethnies (voir tableaux III).

Les études embryologiques faites sur l'extrémité inférieure du fémur n'avaient pas trouvé ces différences de forme entre les deux sexes au stade embryonnaire [39].

Ces différences de forme sont expliquées par les profonds remaniements morphologiques entre les deux sexes causés par l'imprégnation hormonale qui apparaît à partir de l'adolescence [40].

L'intérêt de préciser ces différences entre le genre dans la pratique orthopédique est de préparer des prothèses totales du genou spécifiques avec des implants qui s'adaptent mieux aux caractéristiques de l'EIF de chaque sexe afin d'avoir une couverture optimale [41].

Plusieurs sociétés proposent des implants spécifiques aux genres en se basant sur les différences retrouvées entre les genres. Cependant, dans notre étude nous n'avons pas trouvé de différence structurale entre les genres et ces différences en terme de valeurs absolues sont liées à la différence de taille entre l'homme et la femme. Et la revue de la littérature n'a pas retrouvé une supériorité de ces implants par rapport aux implants standards lors de la

comparaison des scores fonctionnels et les scores de satisfaction (Knee Society. Western Ontario and Mc Master University osteoarthritis index « WOMAC ». Range of motion « ROM ») [42–44].

**Au total** et dans les limites de notre étude, il ne nous semble pas nécessaire ni utile de créer des implants destinés au genre féminine.

## 2. En fonction de l'ethnie :

Afin de déterminer un profil du genou marocain, nous avons comparé la forme globale (TEA, LAP, MAP, AML, et PML en mm) de l'extrémité inférieure du fémur entre notre population et les différents groupes ethniques.

**Tableau III: valeurs moyennes de la forme globale de l'EIF selon les ethnies**

L'étude	ethnie		sexe	TEA	MAP	LAP	AML	PML
<b>Notre étude</b>	Marocains		H	81.83±3,8	61,76±7,71	64,35±4,07	38.86±3,4	52±6,49
			F	73,76±4,8	54,98±8,4	57,85±4,21	33.84±3,1	45.8±4,6
<b>Mahfouz et al [8]</b>	Afro		H	84.9±4.7(s)	66.9±3.5(s)	71.1±3.5(s)	38.1±3.6(s)	52.1±5.1(s)
	Américains		F	76.8±4.9(s)	63.9±6.5(s)	64.1±4.9(s)	31.1±6(s)	46.7±4(s)
	Caucasiens		H	85.9±4.7(s)	65.7±3.7(s)	67.8±4.1(s)	34.4±3.5(s)	53.5±4.2(s)
			F	75.8±3.3(s)	59.4±3.3(s)	61.4±3.2(s)	29.9±2.9(s)	46.9±2.9(s)
	East asiens		H	85.4±4.3(s)	62.6±3.8(s)	64.8±4.4(s)	37±2.9(s)	50.9±5(s)
			F	74.8±3.3(s)	56.4±3(s)	57.8±3.2(s)	31.8±2.3(s)	44.8±3.3(s)
<b>Heever et al [9]</b>	Afri-que du sud	Race blanche	H	77.7±5.7	70.4±3.6	71.5±3.67	37.8±3.2	50.9±3.36
			F	67.7±3.56	64±3.6	66.4±4.17	32.4±2.62	44±2.36
		Race noire	H	71.1±3.25	66.7±3.7	68.9±4.55	37.3±2.19	48.5±2.33
<b>Lim et al [11]</b>	Coréens		H	81.5±5.7	62.7±4.1	59±4.01	-	-
			F	76.7±3.71	56.8±3.31	58.4±3.1	-	-
<b>Hafez et al [14]</b>	Arabes		H	78.48±7.05	51.02±6.1	48.14±5.8	-	-
			F	70.5±5.48	55.16±4.5	54.91±5.5	-	-
<b>MAGETSAR I et al [12]</b>	indonésiens		H	70.56±5.17	44.27±4.9	43.3±6.75	-	-
			F	61.4±4	40.8±5.7	40.9±5.17	-	-

Plusieurs études ont montré l'existence des différences significative au niveau de la forme de l'extrémité distale de fémur entre les ethnies [8, 9, 11, 12, 14, 45].

La plupart des prothèses de genou ont été conçues pour correspondre les morphotypes des populations occidentales ; mais il est essentiel de choisir des prothèses qui correspondent aux morphotypes des patients car celles-ci fournissent une couverture optimale des extrémités et des bons résultats post opératoires [46, 47].

Certain chirurgiens asiatiques affirment que les implants du genou actuels ne répondaient pas aux caractéristiques de leur population de patients [48, 49] ceci met l'accent sur l'importance des prothèses basées sur les différences ethniques et les prothèses sur mesure.

Ne nous disposant pas de la série de mesures utilisées dans les différentes études [8, 9, 11, 12, 14, 45]. Statistiquement, il ne nous est pas possible de comparer nos résultats aux autres ethnies.

Nous avons possédé à comparer les moyennes des mesures de chaque ethnies avec notre séries, notamment le TEA, LAP, MAP, PML et AML (figure 48 et 49). Cette comparaison est à titre indicative et elle ne possède pas de valeur statistique.

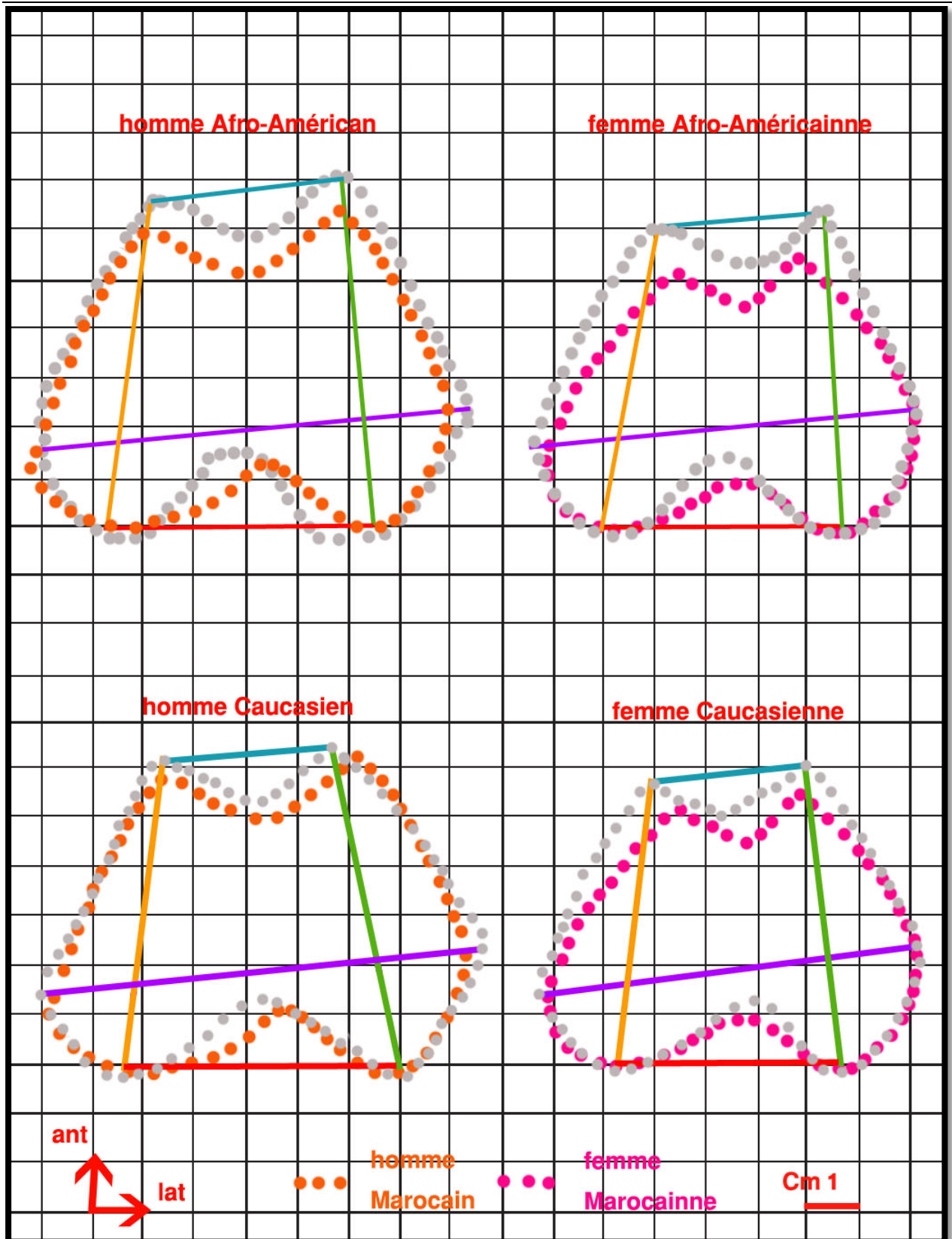


Figure 48 : comparaison de la forme globale de l'EIF entre notre série et les caucasiens et les afro-américains [8]

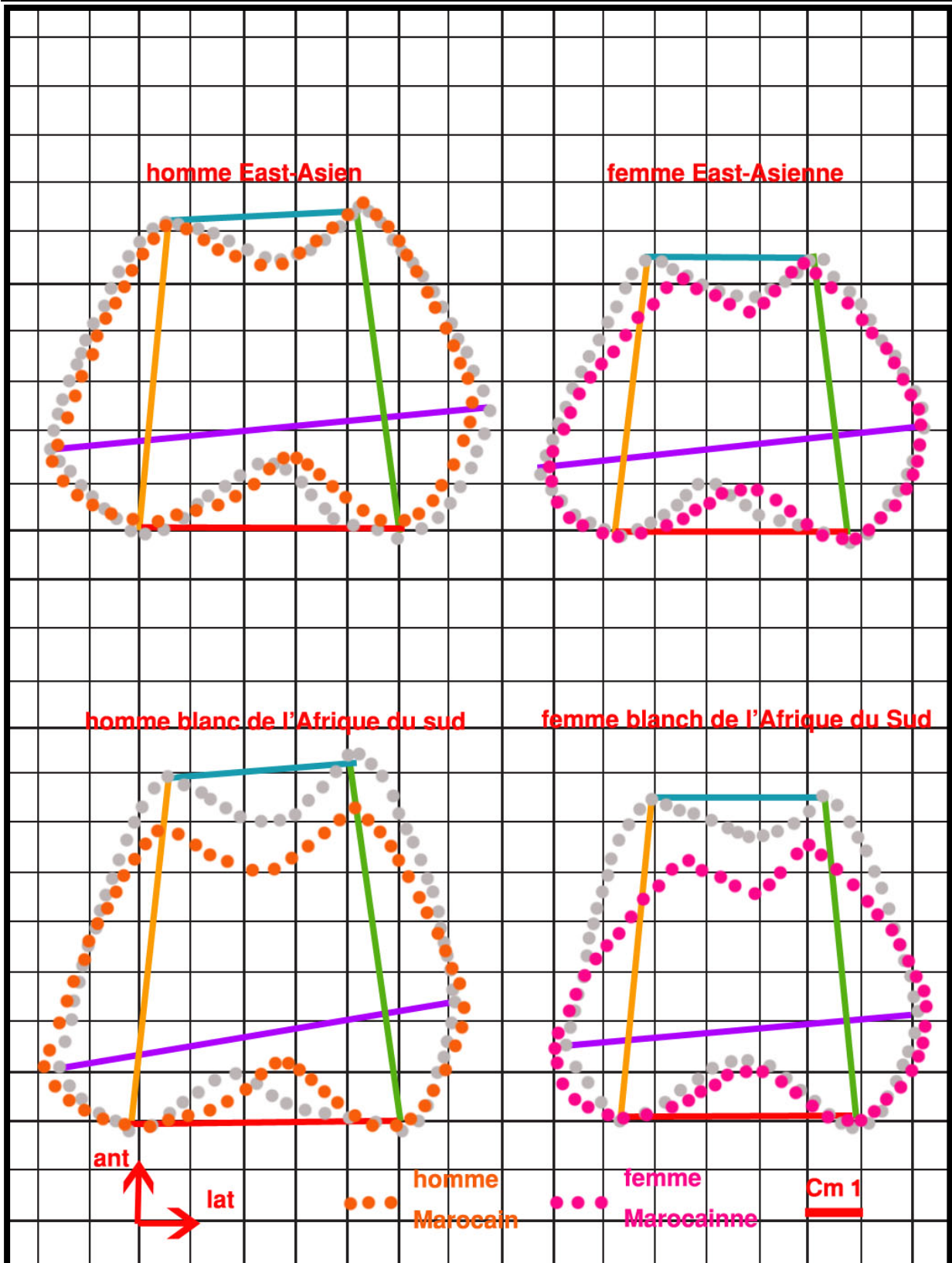


Figure 49 : comparaison de la forme globale de l'EIF entre notre série et les East-asiens [8] et la population blanche de l'Afrique du sud [9]

## B. Les différences observées de la taille des condyles :

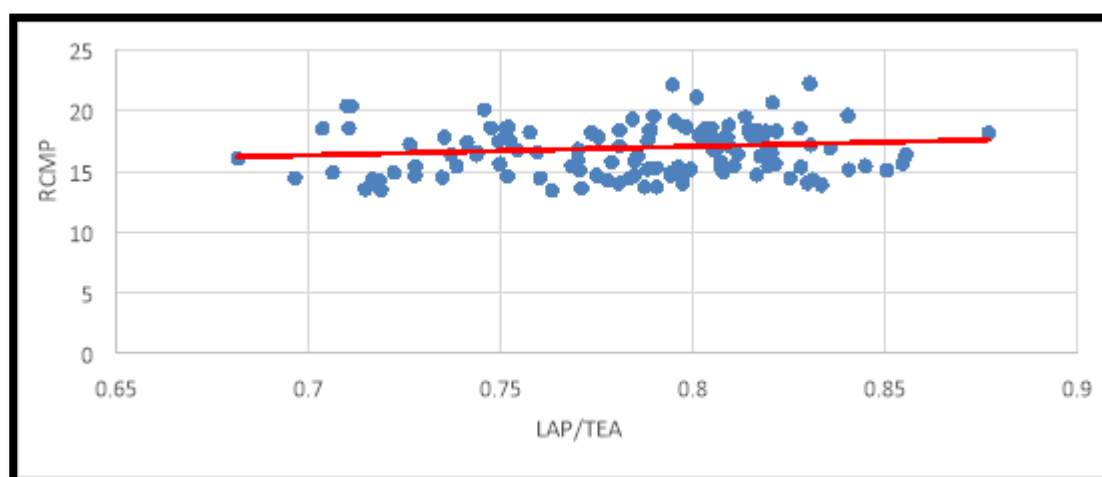
Le rayon de courbure (RC) est un paramètre utilisé pour décrire la géométrie de la surface des condyles fémoraux [50–53] aussi il est utilisé dans la pratique chirurgicale pour étudier la compatibilité morphologique (taille et forme) donneur–receveur lors des allogreffes de cartilage [50, 51, 54, 55].

Dans notre série nous avons calculé le rayon de courbure (RC) à partir du périmètre de courbure de chaque condyle par déduction mathématique selon la formule  $r=P/2\pi$ .

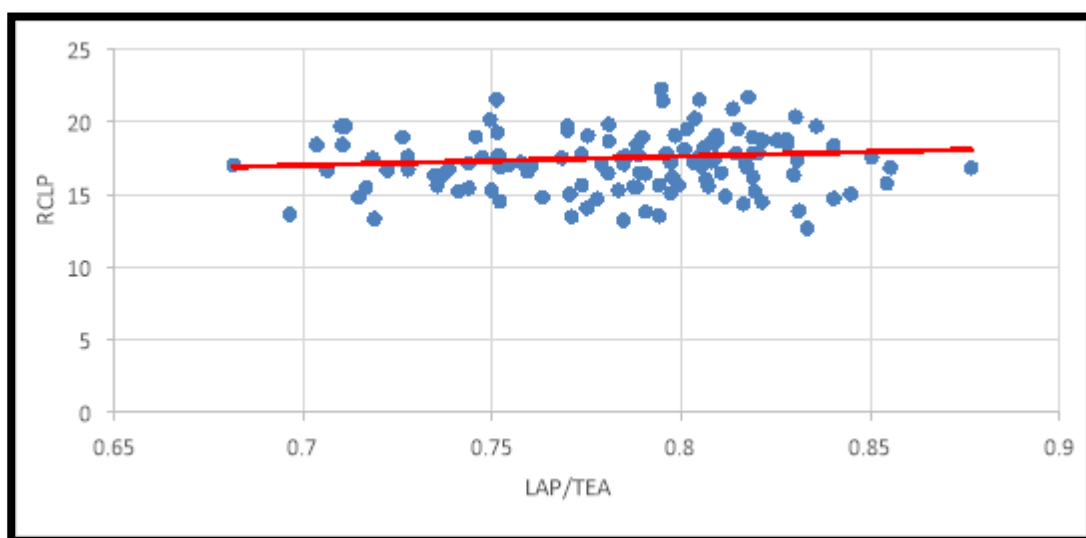
Les rayons de courbure étaient proportionnels à la taille de l'épiphyse « LAP/TEA » (figure 49 ; figure 50) et statistiquement plus petits chez la femme (tableau IV). Ce qui rejoint les données de la littérature [56, 57].

**Tableau IV : comparaison de la taille des condyles selon le sexe**

	sexe	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne	Valeur de p
RCMP	homme	90	17,6025	1,72952	,18231	<0,001
	femme	60	16,0089	2,02350	,26123	
RCMA	homme	90	24,1891	2,00940	,21181	<0,001
	femme	60	22,1504	2,97817	,38448	
RCLP	homme	90	18,4300	1,53954	,16228	<0,001
	femme	60	16,1977	2,04981	,26463	
RCLA	homme	90	25,6100	2,18728	,23056	<0,001
	femme	60	22,8849	2,78342	,35934	



**Figure 50 : corrélation entre le RCMP et le ratio LAP/TEA**



**Figure 51 : corrélation entre le RCLP et le ratio LAP/TEA**

### **C. Les différences observées des axes de rotation**

Lors de l'implantation d'une prothèse totale de genou, l'alignement en rotation de la pièce fémorale influence la stabilité fémoro-patellaire et la stabilité fémoro-tibiale en flexion et donc conditionne les résultats postopératoires et le bon fonctionnement de la prothèse. Ceci est confirmé par l'évaluation des résultats cliniques et fonctionnels [58-63],

En effet, l'instabilité en flexion due à un excès d'ouverture de l'espace fémoro-tibial médial en flexion a été rapporté, lui-même dû à un excès de rotation externe du composant fémoral [64]. Aussi l'anomalie de la course patellaire qui en résulte augmente les forces de cisaillement appliquées sur la patella [65]. la rotation fémorale externe excessive entraîne une désaxation en varus en flexion, ce qui aboutit à une surcharge mécanique du compartiment médial de l'articulation [66]

Dans la pratique, l'alignement en rotation est obtenu en per opératoire en essayant d'aligner les coupes fémorales distales l'axe de rotation de fémur, mais il n'existe pas de technique chirurgicale reconnue qui procure de meilleurs résultats, avec une grande variabilité au niveau de la terminologie et au niveau du choix des repères anatomiques de rotation.

La rotation du composant fémoral peut être déterminée selon des repères situés sur le fémur distal ou selon ses rapports avec le tibia. Les références fémorales distales (technique des coupes indépendantes) comprennent la ligne condylienne postérieure (LCP) [67, 68], l'axe Trans épi condylien anatomique (ATE) [7, 24], l'ATE chirurgical [28, 67, 69] l'axe trochléen antéropostérieur (AP) [23] et l'axe transversal du fémur [25] la ligne de Whiteside [27] , Les références selon la position relative du tibia (technique des coupes dépendantes) comprennent la symétrie de l'espace en flexion [70] et l'axe mécanique du tibia en flexion [66],

Cependant une analyses en peropératoire des axes de rotations a été rapporté dans la littérature ; ces axes peuvent être évalué et prédéfini soi par des coupes radiologiques [71] scannographiques [26, 72] , ou bien par des coupes d'IRM [13, 73] ce qui permettra une évaluation en préopératoire des genoux à opérer, et même de fournir des guides de coupes personnalisés à chaque genou [74, 75]. ceci est appliqué dans les PTG sur mesure adaptés à la particularité de chaque patient [76].

Nous avons mesuré chez notre population l'angle condylien postérieur (qui représente la relation entre l'axe épi condylien (ATE) et la ligne condylienne postérieure), l'angle trochléen antérieur (qui représente la relation entre l'axe épi condylien ATE et la tangente aux berges de la trochlée), l'angle trochléen (qui reflète la relation entre la tangente aux berges de la trochlée et la ligne condylienne postérieure) et finalement l'angle épiphysaire fémoral distal.

Dans notre population étudiée, Les tests de corrélation n'ont pas trouvé des différences statiquement significatives entre les deux sexes concernant les 4 angles étudiés.

**Tableau V : comparaison de la taille des condyles de notre série selon le sexe**

	sexe	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne	Valeur de p
ACP	homme	90	6,4810	2,49382	,26287	0.74
	femme	60	6,2518	2,83370	,36583	NS
AT	homme	90	3,8730	2,32096	,24465	0.19
	femme	60	4,3832	2,41912	,31231	NS
ACA	homme	90	10,3540	3,31374	,34930	0.14
	femme	60	10,6350	3,94884	,50979	NS
AEFD	homme	90	81,9534	3,60266	,37975	0.89
	femme	60	81,6465	3,96312	,51164	NS

**a. Angle condylien postérieur (ACP) :**

Aussi connu dans la littérature par L'angle de torsion condylienne(CTA) et La torsion épiphysaire fémorale distale (TEFD).

La valeur moyenne de l'angle condylien postérieur chez l'homme de notre population est de  $6,5^{\circ} \pm 2,66^{\circ}$  qui est une valeur proche de celle de la femme  $6,48^{\circ} \pm 2,72^{\circ}$ , la moyenne chez les deux sexes combinés est de  $6,49^{\circ} \pm 2,67^{\circ}$ ; sans différence statistiquement significative entre les deux sexes.

Dans la littérature l'ACP est identique des deux côtés ; gauche et droite sur les genoux cadavériques [77] et parallèlement identique sur les coupes tomodensitométriques sur les deux genoux arthrosiques du même patient [78].

Les auteurs n'ont pas trouvés de différence significative entre les sexes au sein de la même population ce qui rejoint notre résultats, mais L'ACP reste variable selon les ethnies [13, 15-17, 20, 72]

**Tableau VI : valeur moyenne de l'ACP selon l'ethnie**

Etude		ACP
Notre étude	marocains	6,49° ± 2,67°
Murgier et al [17]	asiatique	6,4° ± 2,5°
	caucasiens	5,5° ± 2,5°
K. Kumar et al [16]	Indiens	5,4° ± 1,88°
Raju et al [13]		5,92° ± 2,32°
Jabalamehli et al [15]	iraniens	5,9° ± 1,6°
Won YY et al [20]	Coréens	3,38° ± 1,128°
Matsuda et al [72]	Japonais	6,03° ± 3,60°

L'utilisation d'un angle de coupe systématique à 3° de rotation externe préconisé par certaines sociétés de PTG nous semble inadaptée à notre population dans les limites de notre travail.

**b. Angle condylien antérieur (ACA) :**

L'angle trochlée - axe bi épi condylien et aussi connue dans la littérature par « Anterior condylar angle » [19] et par « Trochlear line angle » [16, 20]. Il est obtenu par la mesure de l'angle entre la tangente des berges de la trochlée et l'axe bi épi condylien, dans notre étude on a optée pour déduire cet angle selon la loi géométrique des angles opposés par la tête à partir de L'angle trochlée - condyles postérieur et l'angle de torsion condylienne.

Dans notre série, il n'y a de différence statistiquement significative entre la valeur de cet angle chez l'homme (10,35° ± 3,32°) et chez la femme (10,63° ± 3,95°). La moyenne de cette angle chez les deux sexes combinés est de 10,46° ± 3,57° (intervalle : min=2,89° ; max=22,7°).

Nos résultats rejoignent ceux de la littérature, les auteurs n'ont pas trouvé de différence statistiquement significative entre les deux sexes [16, 20]. L'utilité de cet angle reste descriptive car son utilisation dans la pratique chirurgicale est confrontée à des problèmes techniques et donc son utilisation comme repère pendant la chirurgie n'est pas recommandée [16].

**Tableau VII : Valeur moyenne de l'ACA selon l'ethnie**

Etude			ACA
Notre étude	Marocains	H	10,35°±3,32°
		F	10,63°±3,95°
Kumar et al [16]	Indiens	H	9.96° ± 3.79°
		F	10.44° ± 3.43°
Won YY et al [20]	Coréens	H	8.8°±1.36°
		F	7.3°±1.82°

**c. Angle trochléen (AT) :**

L'angle trochléo - condylien postérieur, aussi connue dans la littérature par Trochlear angle « TA » [79], il est obtenu par la mesure de l'angle entre la tangente des condyles postérieurs et la tangente des berges de la trochlée.

La moyenne de cet angle chez notre population est de  $4,07^{\circ} \pm 2,36^{\circ}$  (intervalle : min=0,21 ; max=10,73) avec  $3,87^{\circ} \pm 2,32^{\circ}$  chez les hommes et  $4,83^{\circ} \pm 2,41$  chez les femmes, sans différence statistiquement significative entre les deux sexes. Cet angle est utilisé dans la pratique pour étudier la relation fémoro-patellaire essentiellement dans le syndrome fémoro-patellaire [80, 81]

**d. Angle épiphysaire fémoral distale (AEFD) :**

L'angle épiphysaire fémoral ,aussi appelé dans la littérature par « distal condylar angle »,est l'angle d'ouverture latérale formé par l'axe du fémur et la ligne tangente aux condyles médial et latéral, il est utilisé pour mesurer l'alignement frontal du fémur distal [82] lors de la préparation de la pose des condyles prothétiques afin d'être perpendiculaire à l'axe mécanique du membre inférieur.

Cependant certains auteurs ont rapporté qu'il existe une différence entre l'angle mesuré à partir de l'axe anatomique de toute la longueur du fémur et l'angle mesuré à partir de l'axe de l'épiphyse distale fémoral avec une différence statistiquement significative entre les deux angles ce qui peut retentir sur les résultats fonctionnels après une pose de PTG [83].

Nous avons opté pour la mesure de l'AEFD à partir de l'axe de l'épiphyse distale fémorale. La moyenne de cet angle était de  $81.82^{\circ} \pm 3.96^{\circ}$  (intervalle : min= $74^{\circ}$  ; Max= $100,75^{\circ}$ ) avec  $81,95^{\circ} \pm 3,6^{\circ}$  chez les hommes et  $81,64^{\circ} \pm 3,96^{\circ}$  chez les femmes. Les tests de corrélation n'ont pas trouvé une différence statistiquement significative entre les deux sexes. Nos résultats rejoignent ceux de la littérature, les auteurs n'ont pas trouvé de différence entre les deux sexes [19, 82].

**Tableau VIII: valeur moyenne de l'AEFD selon les autres études**

Etude	AEFD
Notre étude	$81.82^{\circ} \pm 3.96^{\circ}$
Gillespie et al [19]	$81.4^{\circ}$
H.Yazdi et al [83]	$87.54^{\circ} \pm 0.86^{\circ}$
C.luo et al [82]	$81^{\circ}$

#### **D. Les différences observées en fonction de la pathologie :**

##### **1. Relation entre la morphologie de l'épiphyse fémorale distale et la rupture du LCA**

###### **❖ Corrélation entre l'atteinte du LCA et la forme de l'échancrure :**

Nous avons réparti nos patients en deux groupes, selon l'atteinte du LCA ou non (groupe A atteint et group B non atteint), puis nous avons comparé, la profondeur de l'échancrure, la largeur de l'échancrure, la largeur bi épi condylienne et l'index NWI, chez les deux groupes :

- **Groupe A** : comportait 39 patients avec une rupture du LCA ; partielle ou totale ; avec une moyenne d'âge de 39 ans. 7,7 % des patients du groupe A présentaient une atteinte du LCA isolée ; 87,17% présentaient une rupture du LCA en association avec une atteinte méniscale.

- **Groupe B** : comportait 111 patients sans rupture du LCA avec ; avec une moyenne d'âge de 39 ans. 16,21% des patients du groupe B présentaient un genou normal ; 17,11% présentaient une atteinte méniscale isolée. 38,73 % présentaient une atteinte méniscale en association avec une autre affection associée.

En terme de valeur absolue, la largeur de l'échancrure ne constituait pas un facteur lié à la rupture du LCA. Cependant le rapport LE/LBC ou NWI permettait de rapporter la largeur de l'échancrure à la largeur de l'épiphyse [84, 85].

Dans notre série, un NWI bas était lié à un risque statistiquement plus élevé de la rupture du LCA de même que LE.

**Tableau IX: comparaison de la forme de l'échancrure de notre série selon l'atteinte du LCA**

	Rupture du LCA	N	Moyenne	Ecart-type	Valeur de p
profondeur de l'échancrure	Atteinte du LCA	39	25,1103	4,33400	0,012 S
	pas d'atteinte lu LCA	111	23,2236	4,44381	
largeur de l'échancrure	Atteinte du LCA	39	18,6379	1,68968	0,41 NS
	pas d'atteinte lu LCA	111	19,3404	2,15620	
largeur bi épi condylienne	Atteinte du LCA	39	73,9846	6,14640	0,031 S
	pas d'atteinte lu LCA	111	73,7586	5,57787	
NWI	Atteinte du LCA	39	0,2528	0,02319	0,001 S
	pas d'atteinte lu LCA	111	0,2625	0,02517	

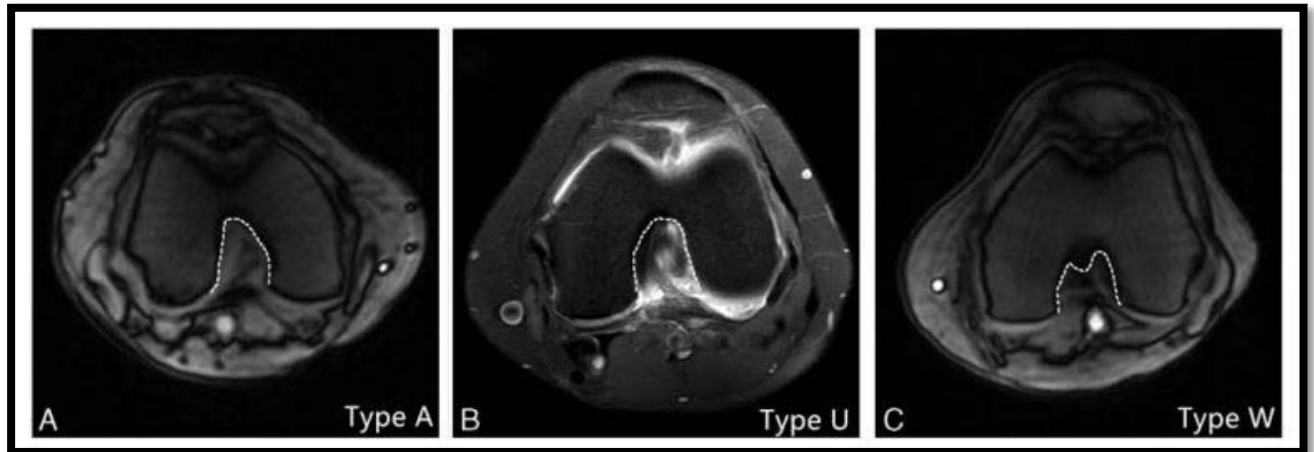
Nombreuses études anatomiques et biomécaniques de l'articulation du genou dans la littérature ont mis en évidence des facteurs intrinsèques principaux nuisibles au ligament croisé antérieur (LCA) :

- une échancrure inter-condylienne étroite, [86–90]
- un notch Width Index (NWI) plus bas [91], le NWI est le ratio entre la largeur de l'échancrure/ largeur bi épi condylienne (LE/LBC), décrit par **Souryal et al.**[21].
- une pente tibiale élevée [86–90]

Plusieurs mécanismes par lesquels une échancrure étroite augmentait le risque de rupture du LCA ont été démontrés [86–90], et la plupart des auteurs estiment qu'une échancrure étroite présente un risque d'impact avec le LCA, en particulier lorsque le genou est en hyper-extension[92, 93]. D'autres considèrent que la largeur de l'échancrure correspond à la taille et donc à la force du LCA [94, 95]

**Tanzer et al.** [96] à partir de dissections de genoux de cadavres Insistaient, sur le rôle de l'étroitesse de l'échancrure dans la rupture du LCA. Ils préconisent une plastie des échancrures étroites au cours de la reconstruction du LCA. Rappelons surtout qu'une échancrure large ne pouvait garantir l'absence de conflit et/ou de rupture d'un LCA trop épais. Ce dernier constitue dans ce cas une autre indication à l'échancruoplastie.

D'autres auteurs ont eu recours à la TDM pour mesurer la surface de l'échancrure [97–99] ils ont surtout insisté sur la grande variabilité des formes de l'échancrure (forme en A, U et en W) [105–107] et ils ont démontré que l'étranglement postérieur représentait un facteur prédisposant significatif aux ruptures du LCA.



**Figure 52 : les différentes formes de l'échancrure [105]**

**Ben Hamida et al** [100] dans leur étude comparait aussi deux groupes de patients portant sur 60 jeunes hommes, 30 patients ayant une rupture du LCA et 30 patients avec un autre problème associé (victimes d'accidents sportifs). Les résultats étaient comparables aux nôtres quoique la série rapporté dans cette étude et plus homogène que la nôtre.

**Görmeli et al** [22] a comparé dans son étude le NWI chez trois groupes de patients, le premier groupe avec des genoux normaux, le deuxième avec une rupture unilatérale du LCA et le dernier groupe avec une rupture bilatérale du LCA, et il a conclu que le NWI était plus bas chez les patients avec une rupture bilatérale que chez les deux autres groupes.

**Au total** : Il paraît que la forme anatomique de l'échancrure, essentiellement le ratio entre la largeur de l'échancrure et la largeur bi condylienne (NWI) sont étroitement corrélé à la rupture du LCA.

❖ **Corrélation entre la rupture LCA et la forme d'EIF :**

La comparaison des moyennes des valeurs étudiées (forme globale, taille des condyles, axes de rotation) a mis en évidence des différences statistiquement significatives entre les deux groupes concernant les distances AML et LBC, le ratio LAP/LBC et les axes ACP et ACA (tableau XI)

**Tableau X : comparaison de l'AML, LBC LAP et le ratio LAP/LBC selon l'atteinte du LCA**

	LCA	N	Moyenn e	Ecart- type	Erreur standard moyenne	Valeur de p
AML	atteinte du LCA	39	38,5103	4,91993	0,78782	0.014
	pas d'atteinte du LCA	111	36,6468	3,63945	0,34544	S
LBC	atteinte du LCA	39	76,8795	6,28654	1,00665	0.023
	pas d'atteinte du LCA	111	74,3450	5,82234	0,55263	S
LAP	atteinte du LCA	39	63,0487	5,34435	0,85578	0.71
	pas d'atteinte du LCA	111	61,2997	5,10781	0,48481	NS
LAP/LB C	atteinte du LCA	39	0,8394	0,04560	0,00730	0.024
	pas d'atteinte du LCA	111	0,8198	0,04675	0,00444	S

Les sujets ayant un LCA lésé (groupe A) présentent des valeurs statistiquement plus grands concernant L'AML, et LBC. Ainsi que le ratio LAP/LBC était plus grand. Nous n'avons pas trouvé de différence statistiquement significative concernant la taille des condyles entre les deux groupes, notamment pour le RCLP, RCLA, RCMP et RCMA.

Cependant la revue de la littérature rapporte une relation entre la forme du condyle latéral (LAP et RCLP) et la rupture du LCA [101]. Nous n'avons pas trouvé cette relation au niveau de notre étude (la différence était non significative). Ceci pourrait être à la taille de notre échantillon.

**Tableau XI: comparaison du RCLP, LAP, ratio LAP/MAP et le ratio RCMP/RCLP selon la rupture du LCA**

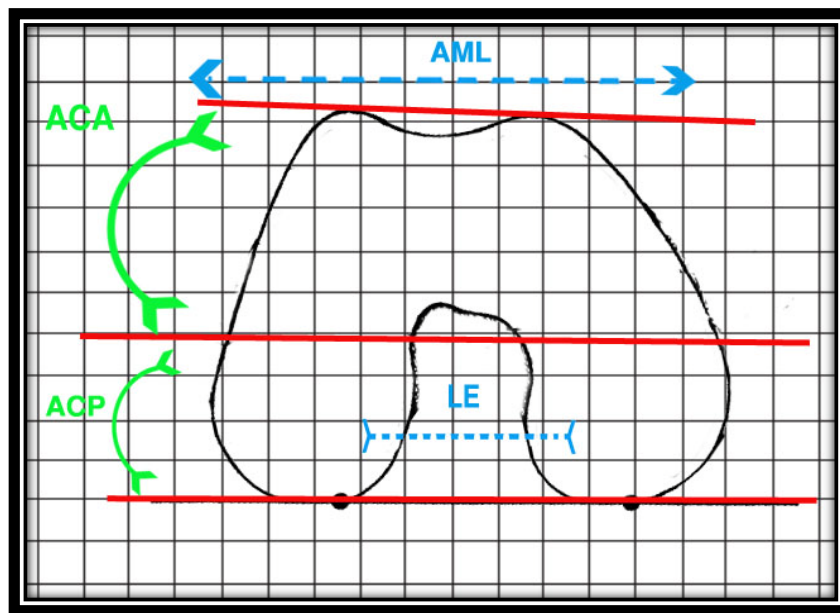
	LCA	N	Moyenne	Ecart-type	Valeur de P
RCLP	atteinte du LCA	39	17,8919	2,16323	0,231
	pas d'atteinte du LCA	111	17,4124	2,03106	NS
LAP	atteinte du LCA	39	63,0487	5,34435	0,71
	pas d'atteinte du LCA	111	61,2997	5,10781	NS
LAP/MAP	atteinte du LCA	39	1,0349	0,03711	0,88
	pas d'atteinte du LCA	111	1,0339	0,03539	NS
RCMP/RCLP	atteinte du LCA	39	0,9748	0,08921	0,82
	pas d'atteinte du LCA	111	0,9710	0,09594	NS

❖ **Corrélation entre LCA et axes de rotation :**

Les angles ACP et ACA étaient statistiquement plus grands chez le groupe A par rapport au groupe B, nous pouvons en déduire que le genou est exposé à la rupture du LCA d'autant plus que l'EIF tourne en rotation externe (plan axial).

**Tableau XII : comparaison de l'ACP et l'ACA selon l'atteinte du LCA**

	LCA	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne	Valeur de p
ACP	atteinte du LCA	39	7,1344	2,29665	,36776	0.039
	pas d'atteinte du LCA	111	6,1276	2,69590	,25588	S
ACA	atteinte du LCA	39	11,5097	3,39295	,54331	0.033
	pas d'atteinte du LCA	111	10,0998	3,57430	,33926	S



**Figure 53: morphologie du genou avec LCA atteint**

Nous n'avons pas trouvé de travaux dans la littérature pouvant nous aider à confirmer ou infirmer nos résultats.

## **2. Relation entre la morphologie de l'épiphyse fémorale distale et l'arthrose fémoro-tibiale :**

Nous avons essayé de trouver une relation statistique entre la morphologie de l'épiphyse distale fémorale et la gonarthrose fémoro-tibiale.

Nous avons réparti notre série en 4 groupes, selon la présence de l'arthrose fémoro-tibiale (AFT) ou non : Groupe 1 non atteint (n=110) ; Groupe 2 avec AFT bicompartimental (n=27) ; Groupe 3 avec AFT médiale isolée (n=12) et Groupe 4 avec AFT latérale isolée (n=1). Puis nous avons comparé les valeurs de la forme globale d'EIF, la taille des condyles et les axes de rotation du groupe 1 avec les autres groupes : G1 avec G2, G1 avec G3, puis G1 avec G4.

### **❖ AFT bicompartimentale :**

La moyenne d'âge du groupe 2 (AFTB) est de 55 ans, celle du groupe 1 (non atteint) est de 34 ans avec une différence statistiquement significative. Cette différence d'âge peut expliquer la gonarthrose du groupe 2 (sujets vieux) sans qu'il existe une influence de la morphologie des

Analyse anthropomorphologique de l'extrémité inférieure du fémur chez la population marocaine  
genoux dans la genèse de l'arthrose. Une étude ultérieure avec des groupes ayant le même âge  
aurait un apport certain dans ce sens.

Les sujets qui présentent une AFT bicompartimentale ont une extrémité distale de fémur plus petite que celle des sujets non atteints. Le LAP, le MAP et le TEA étaient statistiquement plus petits chez les genoux arthrosiques (tableau XIII).

Le ratio LAP/TEA et le ratio LAP/MAP étaient plus grands chez les genoux arthrosiques avec une différence statistiquement significative entre les deux groupes G1 et G4 (tableau XIV). Les EIF semble plus allongées dans le sens antéro-postérieur chez les sujets atteints d'arthrose bicompartimentale.

Nous n'avons pas trouvé de relation entre l'AFT bicompartimentale et les rayons de courbure des condyles, et la différence était statistiquement non significative concernant le RCLP/RCLA et RCMP/RCMA.

Nous n'avons pas trouvé de travaux dans la littérature pouvant nous aider à confirmer ou infirmer nos résultats.

**Tableau XIII : comparaison de TEA, LAP, MAP selon la présence de l'AFT L et M**

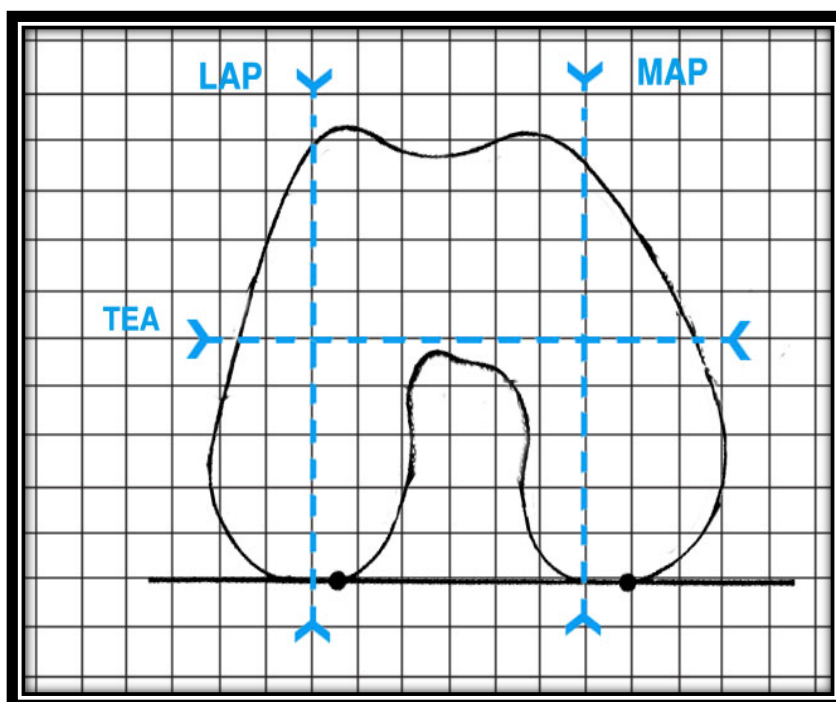
	arthrose	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne	Valeur de p
TEA	pas d'arthrose	110	79,3391	6,00750	,57279	0.005 S
	AFTB	27	75,6370	6,23761	1,20043	
LAP	pas d'arthrose	110	62,5543	4,97062	,47393	0.003 S
	AFTB	27	59,2889	5,45078	1,04900	
MAP	pas d'arthrose	110	60,4864	5,20288	,49608	0.005 S
	AFTB	27	57,3037	5,17193	,99534	

**Tableau XIV : comparaison des ratios LAP/TEA et LAP/MAP selon la présence de l'AFTB**

	arthrose	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne	Valeur de p
LAP/TEA	pas d'arthrose	110	,7838	,03876	,00370	0.041 S
	AFTB	27	,8003	,03018	,00581	
LAP/MAP	pas d'arthrose	110	1,0313	,03509	,00335	0.034 S
	AFTB	27	1,0475	,03472	,00668	

❖ **AFTL et AFTM :**

Les sujets qui présentent l'AFTL et l'AFTM ont des valeurs de la forme globale d'EIF, la taille des condyles, et les axes de rotations proches de celles des genoux non arthrosiques et la différence était statistiquement non significative entre les groupes comparés ; cette absence de différence peut être due à la petite taille de l'échantillon de la population atteinte par l'AFTL (n=3) et la population atteinte par AFTM (n=10).



**Figure 54: morphologie du genou arthrosique**

Nous n'avons pas trouvé de travaux dans la littérature pouvant nous aider à confirmer ou infirmer nos résultats.

**3. Relation entre la morphologie de l'épiphyse distale et l'atteinte du ménisque :**

Nous avons exclus les patients qui présentent une rupture du LCA et du LCP de cette comparaison.

Nous avons réparti notre population en 4 groupes, selon l'atteinte méniscale ou non, groupe 1' avec ménisque intacte (n=43), groupe 2' avec ménisque interne atteint (n=37), groupe 3' avec ménisque externe atteint (n=19), et groupe 4' avec atteinte latérale et médiale (n=8).

Nous avons essayé de trouver une relation de causalité entre la morphologie de la épiphyse fémorale et l'atteinte du ménisque en essayant de comparer toutes les valeurs de la forme globale d'EIF, la taille des condyles, et les axes de rotation entre le groupe 1' et les autres groupes, G1' avec G2', G1' avec G3' et G1' avec G4'.

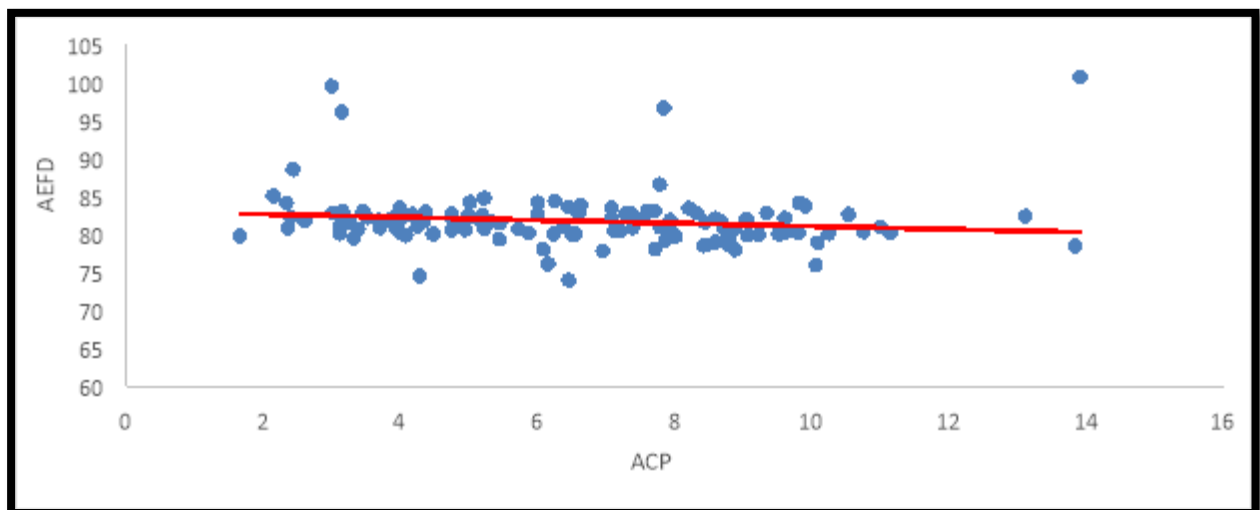
Cependant nous n'avons pas trouvé de différence statistiquement significative entre les différents groupes comparés concernant la forme globale de l'EIF, la taille des condyles et les axes de rotations.

#### 4. La forme de l'EIF et genu valgum :

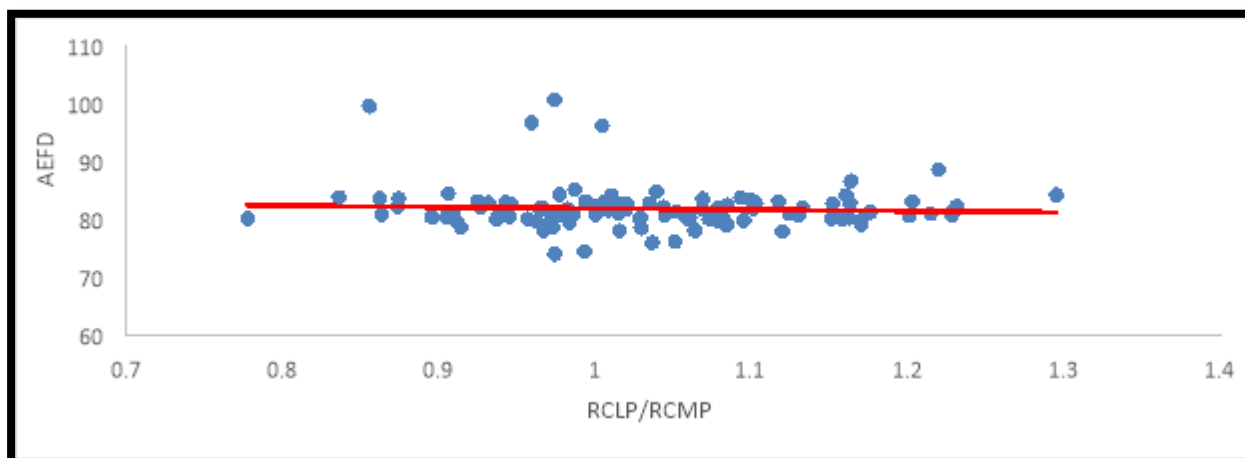
Partant de l'hypothèse que le genu valgum serait secondaire à une hypoplasie du condyle latéral, nous avons étudié l'interrelation entre l'AEFD, l'ACP et le ratio RCLP/RCMP.

En effet, certains auteurs suggèrent que l'angle condylien postérieur change de manière significative en cas du genou valgus [83, 102, 103]. Cependant d'autres auteurs ne retrouvent pas ce constat [104].

Dans notre série, la limitation de l'angle condylien postérieur (valgum) n'est pas rapportée à cette hypoplasie du condyle latéral. La corrélation est négative entre l'AEFD et l'ACP ( $r=-0,139$ ) et négative entre l'AEFD et le ratio RCLP/RCMP ( $r=-0.0608$ ).



**Figure 55 : corrélation entre l'AEFD et l'ACP**



**Figure 56: Corrélation entre l'AEFD et le ratio RCLP/RCMP**

### **III. Les limites de l'étude :**

Notre étude est rétrospective avec tous les biais que cela impliquent :

- ❖ Biais de sélection.
- ❖ Biais de mesure.
- ❖ Biais d'échantillonnage.

Nous avons rencontré au cours de l'exploitation et la mesure des variables radiologiques les problèmes suivants :

- ❖ problème de détermination de la technique la plus reproductible et les coupes de référence.
- ❖ La difficulté à discerner de manière précise les contours osseux.

Nous avons rencontré au cours de l'analyse des données les problèmes suivants :

- ❖ La population marocaine est un mélange des populations.
- ❖ Problème de l'homogénéité des populations étudiées.
- ❖ Les patients ne sont pas tout à fait sains mais ils ont un problème sous-jacent.
- ❖ Association de plusieurs pathologies sur le même genou.
- ❖ Le nombre insuffisant de genoux porteurs de certaines affections associées.
- ❖ Manque de données de la taille et le poids des patients.



**Conclusion**

L'analyse anthropo-morphologique de l'extrémité inférieure du fémur chez la population marocaine permet de mettre en évidence les différences de forme, et de taille qui existent entre l'homme et la femme de cette population, aussi de comparer la morphologie de cette extrémité entre notre série et les autres ethnies.

A notre connaissance, notre travail est le premier au Maroc et au Maghreb.

Certaines conclusions émanent de notre travail :

- ✓ La forme de l'extrémité inférieure du fémur est différente entre l'homme et la femme.
- ✓ Cette différence de forme de l'extrémité inférieure du fémur entre l'homme et la femme n'est pas structurale et elle est liée à la taille des individus.
- ✓ L'angle condylien postérieur dans la population marocaine est de 6°, L'utilisation d'un angle de coupe systématique à 3° de rotation externe préconisé par certaines sociétés de prothèse totale de genou nous semble inadaptée à notre population.
- ✓ La rupture du ligament croisé antérieur serait liée à la forme de l'échancrure inter condylienne (échancrure moins profonde et NWI bas).
- ✓ Le genu valgum n'est pas lié à une hypoplasie du condyle latéral.

La présente étude a identifié les propriétés anatomiques et morphologiques de l'extrémité inférieure du fémur de la population marocaine, ce qui peut aider à affiner la conception des implants utilisé en Maroc. Des investigations supplémentaires sont nécessaires pour évaluer l'impact clinique apporté par ces changements de conception dans le futur.



**RESUMEES**

The image shows a decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at the top and bottom. Inside the frame, the word "RESUMEES" is written in a bold, black, sans-serif font, centered horizontally and vertically.

## Résumé

**Titre** : Analyse anthropo-morphologique de l'extrémité distale du fémur chez la population marocaine

**Rapporteur** : Professeur MOHAMED AMINE BENHIMA

**Auteur** : ABDERRAHMANE JOUIRA

**Mots-clés** : Genou-morphologie- Fémur distal -Rupture du LCA-arthrose-ménisque.

**Objectif** : Le but de ce travail est de décrire l'extrémité distale du fémur chez la population marocaine.

**Matériel et méthodes** : Notre travail est une étude rétrospective descriptive qui porte sur une série de 150 IRM de genoux colligées au service de radiologie de l'hôpital ARRAZI du CHU Mohammed VI de Marrakech en collaboration avec le service de traumatologie orthopédie B de l'hôpital ARRAZI du CHU Mohammed VI de Marrakech. L'âge de nos patients varie entre 16 et 75 ans avec une moyenne de 39 ans. Il existe une prédominance masculine (60 %). Le côté droit était étudié dans 63,3% des cas. L'affection associée la plus retrouvée était l'atteinte méniscale (96 cas). La rupture de LCA était trouvée chez 39 cas, l'atteinte du LCP était retrouvée chez 7 cas, et l'arthrose fémoro-tibiale était retrouvée chez 40 cas (3 cas AFTL, 10 cas AFTM et 23 cas d'arthrose latérale et médiale).

**Résultats** :

- Les hommes ont une extrémité inférieure de fémur plus large et plus haute que celle de la femme.
- Cette différence de forme de l'extrémité inférieure du fémur entre l'homme et la femme n'est pas structurale et elle est liée à la taille des individus.
- La morphologie de l'extrémité distale du fémur de notre série est différente des autres ethnies.

-

- L'angle condylien postérieur dans la population marocaine est de 6°, L'utilisation d'un angle de coupe systématique à 3° de rotation externe préconisé par certaines sociétés de prothèse totale de genou nous semble inadaptée à notre population.
- La rupture du ligament croisé antérieur serait liée à L'étroitesse de l'échancrure inter-condylienne (échancrure moins profonde et NWI bas).
- Le genu valgum n'est pas lié à une hypoplasie du condyle latéral.

**Conclusion :** La forme de l'extrémité inférieure du fémur chez la population marocaine est différente en fonction du genre, de l'ethnie et en fonction de l'affection associée.

## **Abstract**

**Title:** Anthropomorphological analysis of the distal extremity of the femur in the Moroccan population

**Rapporteur:** Professor MOHAMED AMINE BENHIMA

**Author:** ABDERRAHMANE JOUIRA

**Keywords:** Knee-morphology- Distal femur -Rupture of ACL-osteoarthritis-meniscus.

**Objective:** The purpose of this work is to describe the distal extremity of the femur in the Moroccan population.

**Material and methods:** Our work is a descriptive retrospective study on a series of 150 MRI knees collected at the radiology department of the hospital ARRAZI Mohammed VI of the University Hospital of Marrakech in collaboration with the orthopedic trauma B department of the hospital ARRAZI of the Mohammed VI CHU of Marrakech. The age of our patients ranges from 16 to 75 years with an average age of 39 years. We noted a male predominance (60%). The right side was studied in 63.3% of the cases. The most common associated condition was meniscal involvement (96 case) .ACL rupture was found in 39 cases, LCP involvement was found in 7 cases, and femoro-tibial osteoarthritis was found in 40 cases (3 cases of AFTL, 10 cases of AFTM). In addition, 23 cases of lateral and medial osteoarthritis).

**Results:**

- ✓ Men have a lower extremity of femur wider and higher than that of the woman.
- ✓ This difference in shape of the lower extremity of the femur between the man and the woman is not structural and it is related to the size.
- ✓ The morphology of the distal extremity of the femur of our series is different from other ethnic groups.

- ✓ The posterior condylar angle in the Moroccan population is 6 °. The use of a systematic cutting angle at 3 ° of external rotation recommended by some companies of total knee prosthesis seems to us unsuited to our population.
- ✓ The rupture of the anterior cruciate ligament would be related to the narrowness of the inter-condylar notch (deep month notch and NWI low).
- ✓ The genu valgum is not related to lateral condylar hypoplasia.

**Conclusion:** The shape of the lower extremity of the femur in the Moroccan population differs according to gender, ethnicity and the associated condition.

## ملخص

**العنوان:** التحليل الأنثروبومرفولوجي للنهاية السفلى لعظم الفخذ لدى الساكنة المغربية

**المقرر:** الأستاذ محمد أمين بنهيمية

**المؤلف:** عبد الرحمن اجويرة

**الكلمات الأساسية:** الركبة-التشكل-عظم الفخذ السفلي-تمزق الرباط الصليبي الأمامي-تآكل الغروف-الغضروف المفصلي

**الهدف:** الهدف من هذا العمل هو وصف النهاية السفلى لعظم الفخذ لدى الساكنة المغربية

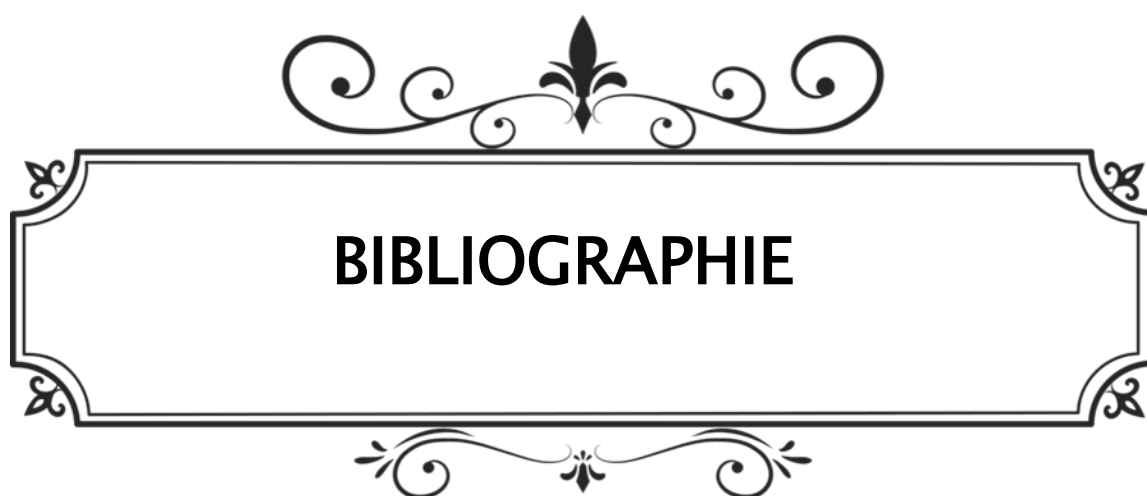
### المواد والأساليب:

عملنا هو عبارة عن دراسة وصفية بأثر رجعي لسلسلة من 150 صورة بالرنين المغناطيسي للركبة والتي تم تجميعها في قسم الأشعة بمستشفى الرازي - المستشفى الجامعي بمراكش-بالشراكة مع قسم جراحة العظام والصدمات ب-ب- بالمستشفى الجامعي بمراكش. يتراوح عمر مرضانا بين 16 و 75 سنة بمتوسط 39 سنة. (60 %) من المرضى كانوا ذكورا. تمت دراسة الجانب الأيمن في 63.3 % من الحالات. كانت الإصابة المصاحبة الأكثر شيوعاً هي إصابة الغضروف المفصلي (96 حالة). تم العثور على تمزق الرباط الصليبي الأمامي لدى 39 حالة، تم العثور على تمزق الرباط الصليبي الخلفي لدى 7 حالات، تم العثور على تآكل الغضروف لعظم الفخذ والساق للجانب الإنسي والجانب الجنبى لدى 23 حالة، تم العثور على تآكل الغضروف لعظم الفخذ والساق للجانب الإنسي لدى 10 حالات وتم العثور على تآكل الغضروف لعظم الفخذ والساق للجانب الجنبى لدى 3 حالات.

### النتائج:

- الجزء السفلي لعظم الفخذ لدى الرجال أوسع وأعلى من قرينه لدى النساء.
- هذا الاختلاف في شكل الطرف السفلي لعظم الفخذ بين الرجل والمرأة ليس هيكلياً وإنما يرتبط بحجم الأفراد.
- يختلف شكل النهاية السفلى لعظم الفخذ لدى الساكنة المغربية عن شكل قرينتها عند المجموعات العرقية الأخرى.
- الزاوية اللولبية الخلفية لدى السكان المغاربة هي 6 °، ويبدو أن استخدام زاوية القطع المنهجية عند 3 درجات من الدوران الخارجي الموصى بها من قبل بعض شركات الأطراف الصناعية الكلية للركبة غير ملائم لسكاننا.
- يرتبط تمزق الرباط الصليبي الأمامي بضيق الشق البطيني (درجة عمق الشق و NWI منخفضة).

**الخلاصة:** يختلف شكل الجزء السفلي لعظم الفخذ لدى الساكنة المغربية باختلاف الجنس والعرق والحالة المرضية المرافقة له،



**BIBLIOGRAPHIE**

1. **Yuichi Hoshino, Joon Ho Wang, Stephan Lorenz, Freddie H. Fu, et Scott Tashman.**  
*The effect of distal femur bony morphology on in vivo knee translational and rotational kinematics.*  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, **2012**: p. 1331–1338.
2. **Barton L. Wise, Felix Liub, Lisa Kritikosa, John A. Lynch, Neeta Parimi, Yuqing Zhang et al.**  
*The association of distal femur and proximal tibia shape with sex: The Osteoarthritis Initiative.*  
Seminars in Arthritis and Rheumatism, **2016**.
3. **Jess H. Lonner, Jeff G. Jasko MS, Beverly S. Thomas.**  
*Anthropomorphic Differences Between the Distal Femora of Men and Women.* Clin Orthop Relat Res, **2008**: p. 2724–2729.
4. **Bo Yang. J, Jia-Kuo Yu, Zhuo-Zhao Zheng, Zhi-Hua Lu, Ji-Ying Zhang.**  
*Comparative Study of Sex Differences in Distal Femur Morphology in Osteoarthritic Knees in a Chinese Population.*  
PLoS ONE, **2014**.
5. **Qian-Li Ma, Joseph D. Lipman, Cheng-Kung Cheng, Xiao-Nan Wang, Yi-Yuan Zhang, Bin You.**  
*A Comparison Between Chinese and Caucasian 3-Dimensional Bony Morphometry in Presimulated and Postsimulated Osteotomy for Total Knee Arthroplasty.*  
The Journal of Arthroplasty **2017**.
6. **Tord Riistlund, Lars Carlsson, Björn Albrektsson, Tomas Albrektsson.**  
*studies of human femoral condyles.*  
J Biomed Eng, **1989**: p. 442–448.
7. **Y. Yoshioka, D Siu and TD Cooke.**  
*The anatomy and functional axes of the femur.*  
J Bone Joint Surg Am, **1987. 69**: p. 873–80.
8. **Mohamed Mahfouz, Emam ElHak Abdel Fatah, Lyndsay Smith Bowers, Giles Scuderi .**  
*Three-dimensional Morphology of the Knee Reveals Ethnic Differences.*  
Clin Orthop Relat Res, **2011**: p. 172–185.

9. **David J. van den Heever, Cornie Scheffer, Pieter Erasmus, et Edwin Dillon.**  
*Classification of gender and race in the distal femur using self organising maps.*  
The Knee, 2011.
10. **Yue B, Varadarajan, Ai S, Tang T, Rubash HE, Li.**  
*Differences of Knee Anthropometry Between Chinese and White Men and Women.*  
The Journal of Arthroplasty, 2011. 26: p. 124–30.
11. **Hong–Chul Lim a, Ji–Hoon Bae b, Ji–Yeol Yoon a, Seung–Ju Kim a, Jae–Gyoon Kim a, Jae–Moon Lee.**  
*Gender differences of the morphology of the distal femur and proximal tibia in a Korean population.*  
The Knee, 2013: p. 26–30.
12. **Rahadyan Magetsari, Suyitno, Rini Dharmastiti, Urip A. Salim, Luthfi Hidayat, Twody Yudiman et al.**  
*Three Dimensional Morphometry of Distal Femur to Design Knee Prosthesis for Indonesian Population.*  
Int. J. Morpho, 2015: p. 1255–1260.
13. **Sivashanmugam Raju, Karthikeyan Chinnak kannu, Ramanivas Sunderayan and Mohan K. Puttaswamy**  
*Rotational landmarks of the distal femur in Indian population: A MRI–based study.*  
Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 2015. 10: p. 186.
14. **Mahmoud A. Hafez, Sharafeldin M. Sheikhedrees, Emad S.B. Saweeres.**  
*Anthropometry of Arabian Arthritic Knees: Comparison to Other Ethnic Groups and Implant Dimensions.*  
The Journal of Arthroplasty, 2016: p. 1–8.
15. **Mahmoud Jabalameli, Amin Moradi, Abolfazl Bagherifard, Mehran Radi, Tahmineh Mokhtari.**  
*Evaluation of Distal Femoral Rotational Alignment with Spiral CT Scan before Total Knee Arthroplasty (A Study in Iranian Population).*  
Arch Bone Jt Surg, 2016. 4: p. 122–127.

16. **K. Kumar et D. Sharma.**  
*A study of anatomy of distal femur pertaining to total knee replacement: an analysis, conclusions and recommendations.*  
Musculoskelet Surg 2017.
17. **Jérôme Murgier et al.**  
*Distal femoral torsion: Differences between caucasians and asians. A multicentre computed tomography study of 515 distal femurs.*  
Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, 2018.
18. **M. R. FARRALLY, et W. J. MOORE.**  
*Anatomical differences in the femur and tibia between negroids and caucasoids and their effects upon locomotion.*  
American Journal of Physical Anthropology, 1975. 5: p. 63-69.
19. **Dominic Gillespie, Daniel Mandziak et Colin Howie.**  
*Influence of posterior lateral femoral condyle geometry on patellar dislocation.*  
Arch Orthop Trauma Surg 2015.p. 1503–1509.
20. **Ye–Yeon Won, Wen–Quan Cui, Myong–Hyun Baek, Tae–Bong Yun, et Seung–Ho Han.**  
*An Additional Reference Axis for Determining Rotational Alignment of the Femoral Component in Total Knee Arthroplasty.*  
The Journal of Arthroplasty, 2007. 22: p. 1049–1053.
21. **Souryal TO, Moore HA, et Evans JP.**  
*Bilaterality in anterior cruciate ligament injuries. Associated inter–condylar notch stenosis.*  
Am J Sports Med, 1988. 16: p. 449–454.
22. **Cemile Ayşe GÖRMELİ, Gökay GÖRMELİ, Burak Yağmur ÖZTÜRK, Zeynep ÖZDEMİR, Ayşegül Sağır KAHRAMAN, Okan YILDIRIM, et al.**  
*The effect of the intercondylar notch width index on anterior cruciate ligament injuries : A study on groups with unilateral and bilateral ACL injury.*  
Acta Orthopædica Belgica, 2015. 81(2).

**23. Arima, J. et al**

*Femoral rotational alignment, based on the anteroposterior axis, in total knee arthroplasty in a valgus knee. A technical note.*

Bone Joint Surg Am, 1995. 77: p. 1331–1334.

**24. Poilvache, P et al.**

*Rotational landmarks and sizing of the distal femur in total knee arthroplasty.*

Clin Orthop Relat Res, 1996. 331: p. 35–46.

**25. Victor J, Van Doninck D, Labey L, Van Glabbeek F, Parizel P, Bellemans J.**

*A common reference frame for describing rotation of the distal femur : a ct-based kinematic study using cadavers.*

J Bone Joint Surg Br, 2009. 91(3): p. 683–690.

**26. Berger RA, Crossett LS, Jacobs JJ, et Rubash HE.**

*Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty.*

Clin Orthop Relat Res, 1998. 356: p. 144–153.

**27. Whiteside, L.A. et J. Arima.**

*The anteroposterior axis for femoral rotational alignment in valgus total knee arthroplasty.*

Clin Orthop Relat Res, 1995. 321: p. 168–172.

**28. T.Asano, M. Akagi, et T. Nakamura.**

*The functional flexion–extension axis of the knee corresponds to the surgical epicondylar axis: in vivo analysis using a biplanar image–matching technique.*

J Arthroplasty, 2005. 20(8): p. 1060–1067.

**29. S.Elias, M.Freeman, et F.Gokcay,**

*A correlative study of the geometry and anatomy of the distal femur.*

Clin Orthop Relat Res, 1990: p. 260.

**30. Stiehl JB, Anouchi Y, Dennis DA, Greenwald AS, Krackow KA, Rosenberg AG, Stulberg SD,  
et Whiteside LA.**

*Symposium: revision total knee replacement.*

Contemp Orthop, 1995. 30(3): p. 249.

31. **Churchill DL, Incavo SJ, Johnson CC, et Beynnon BD.**  
*The transepicondylar axis approximates the optimal flexion axis of the knee.* Clin Orthop Relat Res., 1998. 356: p. 111–118.
32. **Hollister, Anne, M.; Jatana, Sanjay; Singh, Anoop, K. Sullivan, William, W.; Lupichuk, et al.**  
*The axes of rotation of the knee.*  
Clin Orthop Relat Res, 1993. 290: p. 259–268.
33. **Eckhoff DG, Bach JM, Spitzer VM, Reinig KD, Bagur MM, Baldini TH, et al.**  
*Three-dimensional mechanics, kinematics, and morphology of the knee viewed in virtual reality.*  
J Bone Joint Surg Am, 2005. 87: p. 71–80.
34. **Bellemans J, Vandenuecker H, Vanlauwe J, and Victor J**  
*The John Insall Award. Both morphotype and gender influence the shape of the knee in patients undergoing TKA.*  
Clin Orthop Relat Res. 2010 p. 29–36.
35. **Jens Dargel, Joern W.P. Michael, Janna Feiser, Roland Ivo, et Juergen Koebke.**  
*Human knee joint anatomy revisited: morphometry in the light of sex-specific total knee arthroplasty.*  
J Arthroplasty 2011: p. 346–353.
36. **Chin KR, Dalury DF, Zurakowski D, et Scott RD.**  
*Intra-operative measurements of male and female distal femurs during primary total knee arthroplasty.*  
J Knee Surg, 2002: p. 213–217.
37. **Guy SP, Farndon MA, Sidhom S, Al-Lami M, Bennett C, et London NJ.**  
*Gender differences in distal femoral morphology and the role of gender specific implants in total knee replacement: a prospective clinical study.*  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2012: p. 28–31.
38. **Malte Asseln, Christoph Hänisch, Fabian Schick, et Klaus Radermacher.**  
*Gender differences in knee morphology and the prospects for implant design in total knee replacement.*  
the knee, 2018. 25: p. 545–558.

39. **GLARD Y, JOUVE JL, PANUEL M, ADALIAN P, TARDIEU C, et BOLLINI G**  
*An anatomical and biometrical study of the femoral trochlear groove in the human fetus.*  
J. Anat, 2005: p. 411–413.
40. **C. Tardieu, et J.-Y. Dupont.**  
*Origine des dysplasies de la trochlée fémorale. Anatomie comparée évolution et croissance de l'articulation fémoro-patellaire.* Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique, 2001. 87: p. 373–383.
41. **Jens Dargel, Joern W.P. Michael, Janna Feiser, Roland Ivo, et Juergen Koebke.**  
*Human Knee Joint Anatomy Revisited: Morphometry in the Light of Sex-Specific Total Knee Arthroplasty.*  
The Journal of Arthroplasty 2011. 26
42. **Kim YH, Choi Y, Kim JS.**  
*Comparison of a standard and a gender-specific posterior cruciate-substituting high-flexion knee prosthesis: a prospective, randomized.*  
J Bone Joint Surg Am, 2010. 92: p. 1911–1920.
43. **Kim YH, Choi Y, Kim JS.**  
*Comparison of standard and genderspecific posterior-cruciate-retaining high-flexion total knee replacements: a prospective, randomised study.*  
J Bone Joint Surg Br, 2010. 92: p. 639–645
44. **Aaron J. Johnson MD, Christopher R. Costa MD, Michael A. Mont MD**  
*Do We Need Gender-specific Total Joint Arthroplasty?*  
Clin Orthop Relat Res 2011: p. 1852–1858.
45. **T. K. Kim, Mark Phillips, Mohit Bhandari, John Watson, et Rajesh Malhotra .**  
*What Differences in Morphologic Features of the Knee Exist Among Patients of Various Races? A Systematic Review.*  
Clin Orthop Relat Res, 2017. 475: p. 170–182.
46. **Incavo SJ, Ronchetti PJ, Howe JG, Tranowski JP.**  
*Tibial plateau coverage in total knee arthroplasty.*  
Clin Orthop Relat Res, 1994: p. 81–85.

**47. Westrich GH, Haas SB, Insall JN, et Frachie A.**

*Resection specimen analysis of proximal tibial anatomy based on 100 total knee arthroplasty specimens.*

J Arthroplasty, 1995: p. 47–51.

**48. Uehara K, Kadoya Y, Kobayashi A, Ohashi H, et Yamano Y.**

*Anthropometry of the proximal tibia to design a total knee prosthesis for the Japanese population.*

J Arthroplasty, 2002: p. 1028–1032.

**49. Darshan S. Shah, Rupesh Ghyar, Bhallamudi Ravi, Chintan Hegde, et Vijay Shetty.**

*Morphological Measurements of Knee Joints in Indian Population: Comparison to Current Knee Prostheses.*

Open Journal of Rheumatology and Autoimmune Diseases, 2014: p. 75–85.

**50. Derek T. Bernstein, Craig A. O'Neill, Ryan S. Kim, Hugh L. Jones, Philip C. Noble, Joshua D. Harris et al.**

*Osteochondral Allograft Donor–Host Matching by the Femoral Condyle Radius of Curvature.*

Am J Sports Med, 2017: p. 403–9.

**51. Stephen Howell et Maury Hull.**

*Assessment of the Radii of the Medial and Lateral Femoral Condyles in Varus and Valgus Knees with Osteoarthritis.*

J Bone Joint Surg Am, 2010: p. 98–104.

**52. Monk AP, Choji K, O'Connor JJ, Goodfellow JW, et Murray DW.**

*The shape of the distal femur: a geometrical study using MRI.*

Bone Joint J, 2014: p. 1623–1630.

**53. Tord Riistlund, Björn Albrektsson, et Tomas Albrektsson.**

*Morphometrical studies of human femoral condyles.*

J Biomech Eng, 1989: p. 351–361.

**54. Demirci S, Jubel A, Andermahr J, et Koebeke J.**

*Chondral thickness and radii of curvature of the femoral condyles and talar trochlea.*

Int J Sports Med, 2008: p. 327–330.

55. **Bartz RL, Kamaric E, Noble PC, Lintner D, et Bocell J.**  
*Topographic matching of selected donor and recipient sites for osteochondral autografting of the articular surface of the femoral condyles.*  
Am J Sports Med, 2001 p. 207–12.
56. **V. Pinskerova , K. Nemeč, et I. Landor.**  
*Gender differences in the morphology of the trochlea and the distal femur.*  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014.
57. **Peter Z. Du, Keith L. Markolf, Benjamin D. Levine, David R. McAllister, et Kristofer J. Jones.**  
*Differences in the Radius of Curvature Between Femoral Condyles : Implications for Osteochondral Allograft Matching.*  
THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY, 2018: p. 1326–31.
58. **Mochizuki RM, et Schurman MD.**  
*patellar complications following total knee arthroplasty.*  
J Bone Joint Surg Am, 1979. 61: p. 879–83.
59. **Parratte S, Pagnano MW, Trousdale RT, et Berry DJ.**  
*Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements.*  
J Bone Joint Surg Am, 2010. 92: p. 2143–9.
60. **Anouchi YS, Whiteside LA, Kaiser AD, et Milliano MT.**  
*The effects of axial rotational alignment of the femoral component on knee stability and patellar tracking in total knee arthroplasty demonstrated on autopsy specimens.*  
Clin Orthop Relat Res, 1993. 287: p. 170–177.
61. **Rhoads DD, Noble PC, Reuben JD, Mahoney OM, et Tullos HS.**  
*The effect of femoral component position on patellar tracking after total knee arthroplasty.*  
Clin Orthop Relat Res, 1990: p. 43–51.
62. **Akagi M, Matsusue Y, Mata T, Asada Y, Horiguchi M, et Iida H.**  
*Effect of Rotational Alignment On Patellar Tracking in Total Knee Arthroplasty*  
Clin Nucl Med, 1999. 366: p. 155–163.

63. **Matsuda S, Miura H, Nagamine R, Urabe K, et Hirate G, Iwamoto.**  
*Effect of femoral and tibial component position on patellar tracking following total knee arthroplasty: 10-year follow-up of Miller-Galante I knees.*  
Am J Knee Surg, 2001. 14: p. 152-6.
64. **Olcott CW, et al.**  
*Femoral component rotation during total knee arthroplasty.*  
Clin Orthop Relat Res, 1999. 367: p. 39-44.
65. **Miller MC et Scott RD.**  
*Optimizing femoral component rotation in total knee arthroplasty.*  
Clin Orthop Relat Res, 2001. 392: p. 38-45.
66. **Hanada H, Whiteside LA, Steiger J, Dyer P, et Masatoshi N.**  
*Bone landmarks are more reliable than tensioned gaps in TKA component alignment.*  
Clin Orthop Relat Res, 2007. 462: p. 137-42.
67. **Hungerford DS, Kenna RV.**  
*Preliminary experience with a total knee prosthesis with porous coating used without cement.*  
Clin Orthop, 1983: p. 95.
68. **Laskin RS.**  
*Flexion space configuration in total knee arthroplasty.*  
J Arthroplasty, 1995. 10: p. 657-60.
69. **Berger RA, Rubash HE, Seel MJ, Warren HT, Crosset LS.**  
*Determining the rotational alignment of the femoral component in total knee arthroplasty using the epicondylar axis.*  
Clin Orthop, 1993. 286: p. 40-7.
70. **Dorr LD, Boiardo RA.**  
*Technical considerations in total knee arthroplasty.*  
Clin Orthop, 1986. 205: p. 5-11.
71. **T. Viel, N. Bigorre, C. Casin, F. Ducellier, V. Steiger, et P. Bizot.**  
*La mesure radiographique de la torsion fémorale distale est-elle fiable ?*  
Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, 2013.

72. **Shuichi Matsuda, MD; Hiromasa Miura, MD; Ryuji Nagamine, MD; Ken Urabe, MD; Taro Mawatari, MD; et Yukihielwamoto, MD**  
*A Comparison of Rotational Landmarks in the Distal Femur and the Tibial Shaft.*  
clinical orthopaedics and related research, **2003. 414:** p. 183–188.
73. **Carl Jones, Zuhair Nawaz, Abdel Hassan; Simon White; et Arshad Khaleel.**  
*The variability in the external rotation axis of the distal femur: an MRI-based anatomical study.*  
Eur J Orthop Surg Traumatol, **2015.**
74. **Peter Philipp Koch, Daniel A. Müller, Sandro F. Fucentese.**  
*Guide de coupe sur mesure pour PTG : présentation de la technique opératoire et résultats radiologiques préliminaires.*  
Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique, **2011. 97(7):** p. s325–s326.
75. **C Rivière, M Ollivier.**  
*Techniques modernes de coupe dans les PTG ? : Bases espaces en extension–flexion, intra–extramédullaire, chirurgie assistée par ordinateur, « patient–specific instrumentation », accéléromètres ?*  
Prothèses Totales de Genou. **2016.**
76. **Vaillant, T; Steelandt, J; Cordonnier, A–L; Haghghat, S; Anract, P; Paubel, P; et al.**  
*Revue des guides personnalisés à usage unique dans les prothèses totales de genou Review of patient–specific instrumentation for total knee prosthesis.*  
Annales Pharmaceutiques Françaises, **2018. 76:** p. 228–234.
77. **Mantas JP, Bloebaum RD, Skedros JG, Hofmann AA.**  
*Implications of reference axes used for rotational alignment of the femoral component in primary and revision knee arthroplasty.*  
J Arthroplasty, **1992. 7:** p. 531–5.
78. **Beranger, D Dujardin, J Taburet, P Boisrenoult, C Steltzlen, P Beaufiles et al.**  
*La Torsion épiphysaire distale du fémur est–elle identique sur les deux genoux d’un même patient ? Étude morphométrique scannographique.*  
revue de chirurgie orthopédique et traumatologique, **2018. 133:** p. 333–337.

79. **Jatin Prakash, Jong–Keun Seon, Seong–Hwan Woo, Cheng Jin, et Eun–Kyo Song**  
*Comparison of Radiological Parameters between Normal and Patellar Dislocation Groups in Korean Population: A Rotational Profile CT–Based Study.*  
Knee Surgery & Related Research, **2016. 28**: p. 302–311.
80. **Harbaugh Calista M, Nicole A. Wilson, Frances T. Sheehan.**  
*Correlating Femoral Shape with Patellar Kinematics in Patients with Patellofemoral Pain.*  
journal of orthopaedic research july, **2010**: p. 865–872.
81. **Haim Amir, Moshe Yaniv, Samuel Dekel, Hagay Amir.**  
*Patellofemoral Pain Syndrome Validity of Clinical and Radiological Features.*  
clinical orthopaedics and related research, **2006. 453**: p. 223–228.
82. **Luo, C.–F.**  
Reference axes for reconstruction of the knee.  
The Knee **2004. 11** p. 251– 257.
83. **Hamidreza Yazdi, MD; Ara Nazarian, DrSc; Jim S Wu, MD; Arash Amiri, MD; Poopak Hafezi, MD; Margaret Babikian, et al.**  
*Different References for Valgus Cut Angle in Total Knee Arthroplasty.*  
Arch Bone Jt Surg, **2018. 6**: p. 289–293.
84. **Mark. Schichendantz .**  
*The predictive value of radiographs in the evaluation of unilateral and bilateral anterior cruciate ligament injuries.*  
Am J Sports Med **1993** 21(1):110–3.
85. **Stephen Lombardo, MD, Paul M. Sethi, MD, et Chad Starkey.**  
*Intercondylar Notch Stenosis is not a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Tears in Professional Male Basketball Players: An 11–Year Prospective Study.*  
Am J Sports Med, **2005**: p. 29–34.
86. **F. Ben Hamida, S. Mourali, Z. Ben Lakhdar, et M. Hadjsalah.**  
*Influence des facteurs intrinsèques anatomiques dans la rupture du ligament croisé antérieur : étude anatomoradiologique comparative.*  
Journal de Traumatologie du Sport, **2008. 25**: p. 144–147.

87. **Toma´s Ferna´ ndez-Jae´ n, Juan Manuel Lo´ pez-Alcorocho, Elena Rodriguez-In´ igo, Fabia´ n Castella´ n, Juan Carlos Herna´ ndez, et Pedro Guille´ n-Garc´ ia,**  
*The Importance of the Intercondylar Notch in Anterior Cruciate Ligament Tears.*  
The Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 2015.
88. **Daniel R. Sturnick, Pamela M. Vacek, Michael J. DeSarno, Mack G. Gardner-Morse, Timothy W. Tourville, James R et al.**  
*Combined anatomic factors predicting risk of anterior cruciate ligament injury for males and females.*  
Am J Sports Med, 2015. 43: p. 839-847.
89. **Tanzer M et Lenczner E.**  
*The relationship of intercondylar notch size and content to notchplasty requirement in anterior cruciate ligament surgery.*  
Arthroscopy, 1990. 6: p. 89-93.
90. **Lazennec JY, Loniewski X, Roger B, Lazennec A, Saillant G, Bouvat E, et al.**  
*Morphologie de l'échancre inter- condylienne du fémur et rupture du ligament croisé antérieur.*  
J Traumatol Sport 1991. 8: p. 60-64.
91. **Hui Li, Chao Zeng, Yilun Wang, Jie Wei, Tuo Yang, Yang Cui, et al.**  
*Association Between Magnetic Resonance Imaging Measured Intercondylar Notch Dimensions and Anterior Cruciate Ligament Injury: A Meta-analysis.*  
Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2018.
92. **Fung DT, Hendrix RW, Koh JL, Zhang LQ.**  
*ACL impingement prediction based on MRI scans of individual knees.*  
Clin Orthop Relat Res, 2007: p. 210-8.
93. **K. D. Shelbourne, William A. FacibeneJeremy et J. Hunt.**  
*Radiographic and intraoperative intercondylar notch width measurements in men and women with unilateral and bilateral anterior cruciate ligament tears.* Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 1997: p. 229-233.

**94. LazarStijak, et Richard F. HerzogPascalSchai.**

*Is there an influence of the tibial slope of the lateral condyle on the ACL lesion?*  
Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2008. 16(2): p. 112–117.

**95. Takeshi Muneta.**

*Intercondylar Notch Width and Its Relation to the Configuration and Cross-Sectional Area of the Anterior Cruciate Ligament: A Cadaveric Knee Study.*  
Am j knee med, 1997. 25 (1): p. 69–72

**96. Tanzer M, et Lenczner E.**

*The relationship of intercondylar notch size and content to notch plasty requirement in anterior cruciate ligament surgery.*  
Arthroscopy 1990. 6: p. 89–93

**97. Kovalchouk J-F, Hassan E, Saddier P.**

*Plastie de l'échancre intercondylienne.*  
J Traumatol Sport, 1995. 12: p. 162–6.

**98. Houseworth SW, Mauro VJ, Mellon BA, Kieffer DA.**

*The intercondylar notch in acute tears of the anterior cruciate ligament: a computer graphic study.*  
Am J sports Med, 1987. 15: p. 221–4.

**99. Hernigou P, et Garabedian JM.**

*Intercondylar notch width and the risk for anterior cruciate ligament rupture in the osteoarthritic knee: evaluation by plain radiography and CT scan.*  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2002. 9: p. 313–6.

**100. F. Ben Hamida , S. Murali, Z. Ben Lakhdar, M. Hadjsalah**

*Influence des facteurs intrinsèques anatomiques dans la rupture du ligament croisé antérieur : étude anatomoradiologique comparative.*  
Journal de Traumatologie du Sport, 2008. 25: p. 144–147.

**101. Vasta S, Andrade R, Pereira R, Bastos R, Battaglia AG, Papalia R, et al.**

*Bone morphology and morphometry of the lateral femoral condyle is a risk factor for ACL injury.*  
Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2017.

**102. Bai B, Baez J, Testa N, Kummer FJ.**

*Effect of posterior cut angle on tibial component loading.*  
J Arthroplasty 2000: p. 916–20.

**103. Terauchi M, Shirakura K, Katayama M, Higuchi H, Takagi S, Kimura M**

*Varus inclination of the distal femur and high tibial osteotomy.*  
J Bone Joint Surg B, 2002.

**104. J. Brilhault , P. Preyssas, L. Favard , et P. Burdin**

*Dimensions du condyle fémoral latéral dans les genu valgum non-arthrosiques*  
revue de chirurgie orthopédique et traumatologique, 2002, Vol 88 – N° 7,P. 686–690

**105. Chen C, Ma Y, Geng B, Tan X, Zhang B, Jayswal CK, et al.**

*Intercondylar Notch Stenosis of Knee Osteoarthritis and Relationship between Stenosis and Osteoarthritis Complicated with Anterior Cruciate Ligament Injury.*  
Medicine, 2016, 95(17):e3439.

**106. Al-Saeed O, Brown M, Athyal R, et Sheikh M**

*Association of femoral intercondylar notch morphology, width index and the risk of anterior cruciate ligament injury.*  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013, 21:678–682.

**107. van Eck CF, Martins CA, Vyas SM, Celentano U, van Dijk CN.**

*Femoral intercondylar notch shape and dimensions in ACL-injured patients.*  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2010, 18:1257–1262



## قسم الطبيب

أقسم بالله العظيم

أن أراقب الله في مهنتي.

وأن أصون حياة الإنسان في كافة أطوارها في كل الظروف

والأحوال باذلاً وسعي في إنقاذها من الهلاك والمرض

والألم والقلق.

وأن أحفظ للناس كراماتهم، وأستر عورتهم، وأكتم سرهم.

وأن أكون على الدوام من وسائل رحمة الله، باذلاً رعايتي الطبية للقريب والبعيد،  
للصالح والطلّاح، والصديق والعدو.

وأن أثابر على طلب العلم، وأسخره لنفع الإنسان لا لأذاه.

وأن أوقّر من علمني، وأعلم من يصغرنني، وأكون أخاً لكل زميل في المهنة الطبيّة  
متعاونين على البر والتقوى.

وأن تكون حياتي مصداق إيماني في سرّي وعلانيّتي، نقيّة مما يشينها تجاه  
الله ورسوله والمؤمنين.

والله على ما أقول شهيدا

أطروحة رقم 173

سنة 2019

## التحليل الأنثروبومرفولوجي للنهاية السفلية لعظم الفخذ لدى الساكنة المغربية

الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 2019/11/05

من طرف

**السيد عبد الرحمان اجويرة**

المزاد في 1990/07/06 بورزازات

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

**الكلمات الأساسية:**

الركبة-التشكل-عظم الفخذ السفلي-تمزق الرباط الصليبي الأمامي-تآكل الغضروف-الغضروف المفصلي

**اللجنة**

الرئيس	السيد	ح. السعيد
المشرف	السيد	أستاذ في جراحة لعظام والمفاصل م.أ. بنهيمه
الحكام	السيدة	أستاذ في جراحة العظام والمفاصل م. الوالي الإدريسي
	السيد	أستاذة في الفحص بالأشعة ع. عبكري
	السيد	أستاذ في جراحة العظام والمفاصل م. د. العمراني
		أستاذ في التشريح