



Année 2022

Thèse N° 074/22

IRM DES SARCOMES DES TISSUS MOUS
CORRÉLATION DU GRADE TUMORAL ENTRE IMAGERIE ET HISTOLOGIE
(à propos de 33 cas)

THÈSE
PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 23/02/2022

PAR
Mme. EL BARDAI MERYEM
Née le 26 Août 1995 à Fès

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS :

IRM – Sarcomes des Tissus Mous – Grade Tumoral

JURY

M. EL MRINI ABDELMAJID..... PRÉSIDENT

Professeur de Traumatologie-orthopédie

M. MAAROUI MUSTAPHA..... RAPPORTEUR

Professeur de Radiologie

M. ALAMI BADREDDINE } JUGES

Professeur agrégé de Biophysique

Mme. CHBANI LAILA } JUGES

Professeur d'Anatomie pathologique

Mme. ARIFI SAMIA }

Professeur agrégé de Biologie cellulaire

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVEATIONS	5
LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES FIGURES	8
INTRODUCTION	11
MATERIEL ET METHODE	13
I. Population de l'étude.	14
II. Matériels	14
1. Critères d'inclusion	14
2. Critères d'exclusion	14
III. Données de l'étude	15
1. Données épidémiologiques.....	15
2. Données en imagerie.....	15
3. Données en histologie	16
IV. Analyse de données	17
RESULTATS	18
I. Données cliniques	19
1. Age.....	19
2. Sexe.....	19
3. Circonstances de découverte	20
4. Localisation de la lésion	21
II. Données de l'imagerie.....	21
1. Bilan locorégional.....	21
a. La radiographie standard.....	22
b. L'échographie	23
c. L'IRM.....	24
2. Bilan d'extension à distance	32
III. Données histologiques	33
1. Les sous-types histologiques	33
2. Corrélations radio-anatomopathologiques.....	34
a. Corrélation entre l'IRM et le grade Histologique	34
i. Données cliniques	34

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

ii. Données histologiques	34
iii. Données radio-histologiques	34
b. Grade histologique tumoral et risque de survenue de métastase	39
DISCUSSION.....	40
I. Généralités.....	41
II. Diagnostic positif des sarcomes des parties molles.....	43
1. L'étape clinique.....	43
2. Bilan radiologique	44
a. Rôle du radiologue	44
b. L'imagerie dans le diagnostic positif des sarcomes des parties molles.....	45
i. Apport de la Radiographie standard	45
ii. Apport de l'échographie	48
iii. Apport de l'IRM.....	49
iv. Apport de la tomodensitométrie.....	56
v. Pièges dans le bilan initial :	57
III. L'imagerie dans le diagnostic histologique	61
1. L'imagerie dans le diagnostic histologique pré-biopsie :.....	61
a. Approche du type histologique par l'IRM :.....	61
b. Approche du grade histologique par l'IRM	74
2. Rôle de l'imagerie dans les prélèvements biopsiques	86
IV. L'imagerie dans le bilan d'extension.....	89
1. Bilan loco-régional	89
i. Envahissement osseux	92
ii. Envahissement des structures neuro- vasculaire.....	96
iii. Envahissement articulaire.....	98
iv. Envahissement lymphatique	99
2. Bilan à distance	101
V. Armes thérapeutiques dans les sarcomes des parties molles :.....	103
1. La chirurgie.....	103
2. La radiothérapie	104
3. La chimiothérapie.....	104

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

4. Thérapie immune	105
VI. L'imagerie dans la surveillance post-thérapeutique.....	105
1. Rôle de l'IRM de perfusion dans l'évaluation de la réponse à la chimiothérapie	105
2. Autres moyens de surveillance	108
3. Intervalle de surveillance	109
4. Critères de récurrence et de réponse thérapeutique	110
5. Les complications post-thérapeutiques	111
VII. Facteurs pronostiques dans les sarcomes des tissus mous	113
1. Facteurs de rechutes locales	113
2. Facteurs pronostiques de rechutes métastatiques et de survie globale	114
3. Rôle de l'IRM dans l'évaluation du pronostic	114
CONCLUSION	116
RESUMES	118
RÉFÉRENCES	122

LISTE DES ABREVEATIONS

STM	: Sarcomes des Tissus Mous
IRM	: imagerie par résonance magnétique
TDM	: Tomodensitométrie
CT	: Scanner
RX	: Radiographie
PET	: Tomographie par émission de positrons
FS	: Fat Saturation (saturation de graisse)
MIP	: Projection d'intensité maximale
FNCLCC	: Fédération Nationale de Centres de Lutte Contre le Cancer
AJCC	: American Joint Committee on Cancer
TNM	: Tumor, Node, Metastasis
CHU	: Centre hospitalier universitaire

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Classification des grades histologiques des sarcomes des parties molles selon la FNCLCC	16
Tableau II: Répartition des examens radiologiques effectués dans le bilan locorégional.....	21
Tableau III: Résultats en imagerie radiographique.....	22
Tableau IV: Répartition des résultats trouvés en échographie.....	23
Tableau V: Tableau résumant les différents résultats du bilan locorégional en IRM...	31
Tableau VI: Répartition des patients métastatiques	32
Tableau VII: Tableau récapitulatifs des données d'IRM en fonction du grade histologique. P est en comparaison des tumeurs hauts grade et bas grade	36
Tableau VIII: Tableau présentant la sensibilité et la spécificité des éléments statistiquement significatifs dans la différenciation entre une tumeur de haut grade et de bas grade.....	38
Tableau IX: Répartition des patients métastatiques en fonction du grade histologique	39
Tableau X: Récapitulatif des seuils de sensibilité et de spécificité des techniques de diffusion, perfusion, spectroscopie et la combinaison de ces techniques dans le diagnostic des sarcomes des parties molles. Seuil d'ADC définit en dessous $1,9 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ pour les lésions malignes.....	53
Tableau XI: Aspect radio-clinique d'un hématome VS un sarcome des parties molles.	57
Tableau XII: Caractéristiques radiologiques habituelles des lipomes.....	62

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

Tableau XIII: Critères radiologiques en faveur du caractère malin d'une tumeur adipocytaire.....	63
Tableau XIV: Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre la taille tumorale et le grade histologique.....	75
Tableau XV Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre la localisation tumorale et le grade histologique	76
Tableau XVI Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre le rehaussement péri tumoral et le grade histologique	77
Tableau XVII: Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre les marges tumorales mal définies et le grade histologique.....	78
Tableau XVIII: Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre l'œdème péri-tumoral et le grade histologique	80
Tableau XIX: Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre l'hétérogénéité du signal tumoral en T2 et le grade histologique.....	81
Tableau XX: tableau récapitulatif de la comparaison des critères de haut grade entre la littérature et notre étude	82
Tableau XXI: Classification TNM et staging des sarcomes des parties molles [52]	90
Tableau XXII: Rythme de surveillance des sarcomes musculosquelettiques réséqués selon American collège of Radiology ACR.....	109
Tableau XXIII: Surveillance des tumeurs des parties molles selon l'European Society of Skeletal Radiology.	110
Tableau XXIV: Tableau récapitulatif des critères en imagerie de récurrence tumorale et de réponse thérapeutique des sarcomes des parties molles.....	110

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Répartition selon le sexe.	19
Figure 2: Répartition selon les circonstances de découverte.....	20
Figure 3: Répartition des localisations de nos patients selon le nombre et la fréquence.	21
Figure 4: Répartition selon la nature des lésions.....	24
Figure 5: répartition selon la taille.....	25
Figure 6: Répartition des lésions selon les limites.....	25
Figure 7: Répartition selon la localisation	26
Figure 8: Sarcome à cellules pléomorphe de la cuisse gauche présentant une localisation profonde	27
Figure 9: Léiomyosarcome de la cuisse gauche présentant une extension osseuse, ..	29
Figure 10: Répartition des lésions selon le contact vasculo-nerveux.....	30
Figure 11: Répartition des sous-groupes histologiques dans la série	33
Figure 12: Liposarcome de la face postérieure de la cuisse gauche grade 2 de la FNCLCC présentant un rehaussement péri-tumoral,	35
Figure 13: Sarcome de haut grade de la loge postérieure de la jambe droite présentant un oedème péri-tumoral,.....	36
Figure 14: répartition des métastases selon le grade.	39
Figure 15: radiographies standards montrant des calcifications dans le liposarcome bien différencié A et dans la myosite ossifiante B.....	46
Figure 16: Radiographies standards montrant des calcifications dans le synoviosarcome A et dans l'hémangiome B	47
Figure 17: image échographique doppler d'une masse hétérogène, vascularisée.	49

Figure 18: Diagramme montrant les intervalles de valeurs d'ADC en IRM des tumeurs des parties molles.....	51
Figure 19: Spectroscopie de deux masses des parties molles	52
Figure 20: IRM d'une tumeur des parties molles du genou, de siège sous-aponévrotique, hétérogène.	54
Figure 21: Liposarcome bien différencié du compartiment antérieur de la cuisse gauche	55
Figure 22: Liposarcome bien différencié au dépend du muscle petit rond.	55
Figure 23: Sarcome de la jambe avec des calcifications	56
Figure 24: IRM d'un hématome des parties molles	58
Figure 25: IRM d'un sarcome hémorragique.....	59
Figure 26: Images IRM et échographique d'une myosite ossifiante.....	60
Figure 27: Liposarcome bien différencié	66
Figure 28: Liposarcome dédifférencié de la cuisse	67
Figure 29: Liposarcome myxoïde simulant un kyste.....	69
Figure 30 : Léiomyosarcome de la jambe droite avec envahissement osseux.....	71
Figure 31: Synoviosarcome de l'avant-bras gauche avec des limites mal définies chez un patient âgé de 21 ans,	73
Figure 32: IRM d'un processus tumoral de la cuisse gauche chez une femme de 40 ans avec envahissement des fascias et du nerf sciatique.....	83
Figure 33: Images échographiques de la même patiente objectivant une récurrence tumorale.....	84
Figure 34: IRM d'un processus de haut grade chez une femme de 42 ans présentant une masse antérieure de la cuisse gauche	85

Figure 35: Tentative d'exérèse non consensuelle qui a induit une progression tumorale.....	88
Figure 36: Sarcome à cellule fusiforme de la jambe gauche présentant un contact osseux sans envahissement.	94
Figure 37: Léiomyosarcome pléomorphe de la cuisse droite présentant une extension osseuse,	95
Figure 38: Rhabdomyosarcome pléomorphe de la cuisse droite présentant une extension osseuse et vasculo-nerveuse,.....	97
Figure 39: Synoviosarcome avec envahissement articulaire	98
Figure 40: sarcome pléomorphe avec envahissement lymphatique.....	100
Figure 41: TDM thoracique en coupe coronale montrant une image de métastase d'un synoviosarcome en lâcher de ballon.	102
Figure 42 : Image IRM d'un liposarcome bien différencié métastatique au niveau pulmonaire et au niveau rétro péritonéal.	102
Figure 43: Évaluation par IRM multimodale d'un sarcome de haut grade localement avancé, exemple d'une excellente réponse.	107
Figure 44:Aspect échographique de lésion post-opératoire	112
Figure 45: Images échographique d'une tuméfaction douloureuse post radiothérapie	113

INTRODUCTION

Les sarcomes des tissus mous ou tumeurs mésoenchymateuses malignes regroupent des tumeurs développées à partir des tissus de soutien : tissus conjonctif, vasculaire, nerveux ou adipeux. Ces tumeurs se définissent par les tissus qu'elles reproduisent. Il en existe plus de 50 types de sarcomes des tissus mous. On les regroupe en fonction du type de tissu mou dans lequel ils ont pris naissance. Les sarcomes des tissus mous sont rares. Leur diagnostic est fondamental dans la prise en charge des tumeurs des parties molles dont la hantise est de méconnaître un sarcome.

A toutes les étapes de la prise en charge des sarcomes, l'imagerie représente un pilier central depuis la suspicion de malignité aux critères régissant la thérapeutique et la surveillance post-thérapeutique.

Notre étude entre dans le cadre du projet de mise en place d'un pôle de référence au CHU Hassan II pour la prise en charge médico-chirurgicale des sarcomes des parties molles.

Notre objectif est de dresser le profil épidémiologique des sarcomes pris en charge dans le centre, d'analyser les bilans radiologiques réalisés, d'étudier les profils histologiques, d'établir des corrélations anatomopathologiques et de faire une revue de la bibliographie sur les sarcomes des tissus mous.

MATERIEL ET METHODE

I. Population de l'étude.

Nous avons réalisé une étude rétrospective au sein du service de radiologie du CHU Hassan II portant sur les sarcomes des parties molles des membres. Cette étude rentre dans le cadre du projet de mise en place d'un pôle de référence au CHU pour la prise en charge médico-chirurgicale des sarcomes des parties molles.

Les données de l'étude ont été collectées par l'ensemble des référents des différents services de chirurgie traumatologique, d'onco-radiothérapie, d'anatomopathologie, et de radiologie.

Sur une période de trois années de 2017 à 2020, 117 patients ont été recrutés.

II. Matériels

1. Critères d'inclusion :

- La disponibilité de l'imagerie pré-thérapeutique comportant les séquences T1, T2, STIR, Fat SAT, et une séquence injectée.
- Disponibilité des résultats histologiques.

2. Critères d'exclusion :

- Absence d'une séquence d'IRM.
- Absence de preuve histologique.
- Dossier médical non exploitable.

III. Données de l'étude

1. Données épidémiologiques

Les données épidémiologiques concernent essentiellement l'âge des patients, le sexe, les symptômes principaux.

2. Données en imagerie

L'objectif principal de notre étude étant de démontrer le rôle de l'imagerie dans la prise en charge des sarcomes des parties molles notamment dans le bilan pré-thérapeutique, les données recueillies ont concerné la réalisation ou non, le timing de réalisation, ainsi que les résultats de l'imagerie diagnostique notamment de la radiographie standard, de l'échographie, la tomodensitométrie et l'IRM. L'analyse a été faite sur les données de l'IRM en ce qui concerne les résultats morphologiques de signal et de rehaussement tumoral d'une part et d'autre part sur les rapports anatomiques et d'extension compartimentale tumorale. Dans cette optique, le bilan en IRM incluait en termes des séquences de base en pondération T1 et T2, une séquence d'effacement FAT-SAT ou de saturation de la graisse STIR, et une séquence injectée, dans au moins deux plans orthogonaux.

Dans l'objectif de rechercher des critères diagnostiques en IRM de bas ou haut grade histologique, une analyse statistique portant sur la corrélation entre l'anatomopathologie et l'IRM a été réalisée sur les cas de 2017 et 2018.

Les critères recueillis sont listés ci-dessous :

- ✓ La profondeur de la tumeur : superficiel-intramusculaire-intermusculaire-mixte,
- ✓ La taille tumorale <5cm ou > 5cm,
- ✓ Le signal en T1 et T2,

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

- ✓ Les contours bien définis (>90%), mal défini (<90%) en T1.
- ✓ L'hétérogénéité en T2 <25%, 25-75% et > 75%,
- ✓ La présence de septas épais (épaisseur supérieure à 3mm en T2),
- ✓ Le rehaussement <25%, 25-50%, 50-75% et >75%,
- ✓ La présence d'un hypersignal liquidien en péri-lésionnel sur la séquence STIR,
- ✓ Le rehaussement péri-tumoral après injection de gadolinium.

3. Données en histologie

Les données en histologie recueillies concernent les différents sous-types anatomopathologiques des sarcomes des parties molles mais aussi du grade histologique selon le grading de la FNCLCC (Fédération Nationale des Centres de Lutte Contre le Cancer) Tableau I.

Tableau I: Classification des grades histologiques des sarcomes des parties molles selon la FNCLCC

	Différenciation	Mitose par 1,7mm ²	Nécrose
Score 1	Ressemblant au tissu sain	0-9	Absence de nécrose <i>Score 0</i>
Score 2	Type histologique déterminé	10-19	< 50%
Score 3	Embryologique ou indifférencié	>19	≥ 50%
Grades histologiques	Grade 1 : score 2,3 Grade 2 : score 4,5 Grade 3 : score 6, 7, 8.		

IV. Analyse de données

L'analyse des données a été d'ordre statistique descriptif dans un premier temps. Les variables catégorielles ont été rapportées sous forme de nombres et de pourcentages. Les variables continues ont été rapportées sous forme de moyennes.

La version 25 du SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) a été utilisée pour l'analyse des données notamment dans l'étude de la corrélation anatomopathologique. Les comparaisons ont été effectuées par le test du chi carré ou exact de Fisher pour les variables catégorielles, et par le test de Student pour la comparaison de 2 moyennes.

RESULTATS

I. Données cliniques

1. Age

L'âge moyen des patients étaient de 50.67 ans avec un intervalle d'âge de 18 à 85ans et un écart-type de 18,83.

2. Sexe

La population de la série est faite de 68 hommes et 49 femmes, traduisant une prédominance masculine avec un ratio « homme/femme » de 1.38.

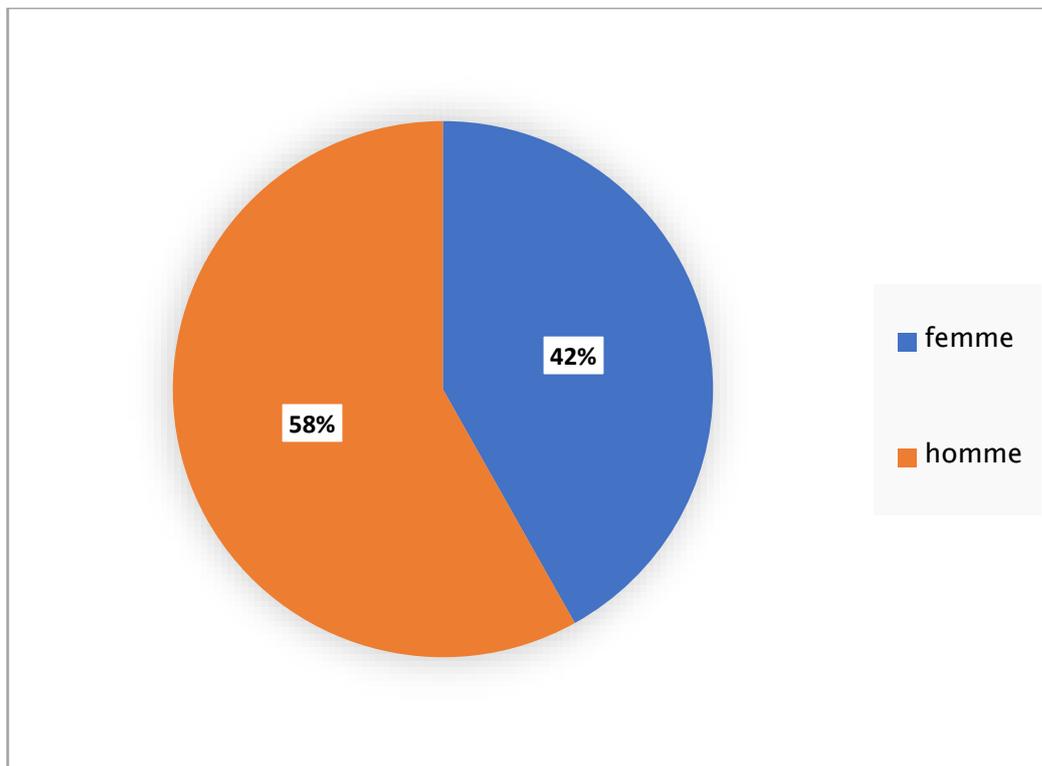


Figure 1: Répartition selon le sexe.

3. Circonstances de découverte

La manifestation clinique la plus fréquente est celui d'un syndrome de masse représenté par une tuméfaction des parties molles. Ceci était le cas de 106 patients soit 90.6%. Les douleurs ont révélé la maladie dans 8 cas, l'impotence fonctionnelle dans 2 cas et des signes inflammatoires chez 1 patient.

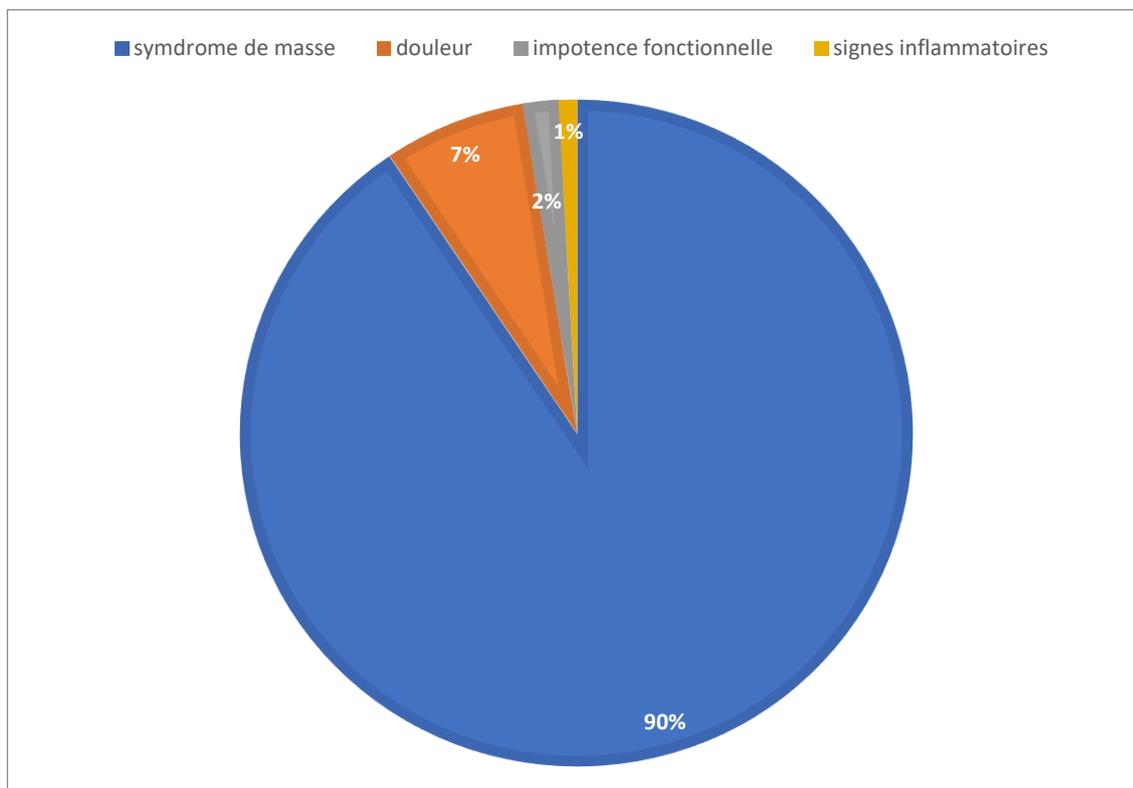


Figure 2: Répartition selon les circonstances de découverte

4. Localisation de la lésion

La localisation la plus représentée est la cuisse, elle concerne 65 cas.

L'ensemble des localisations est reporté sur le diagramme suivant :

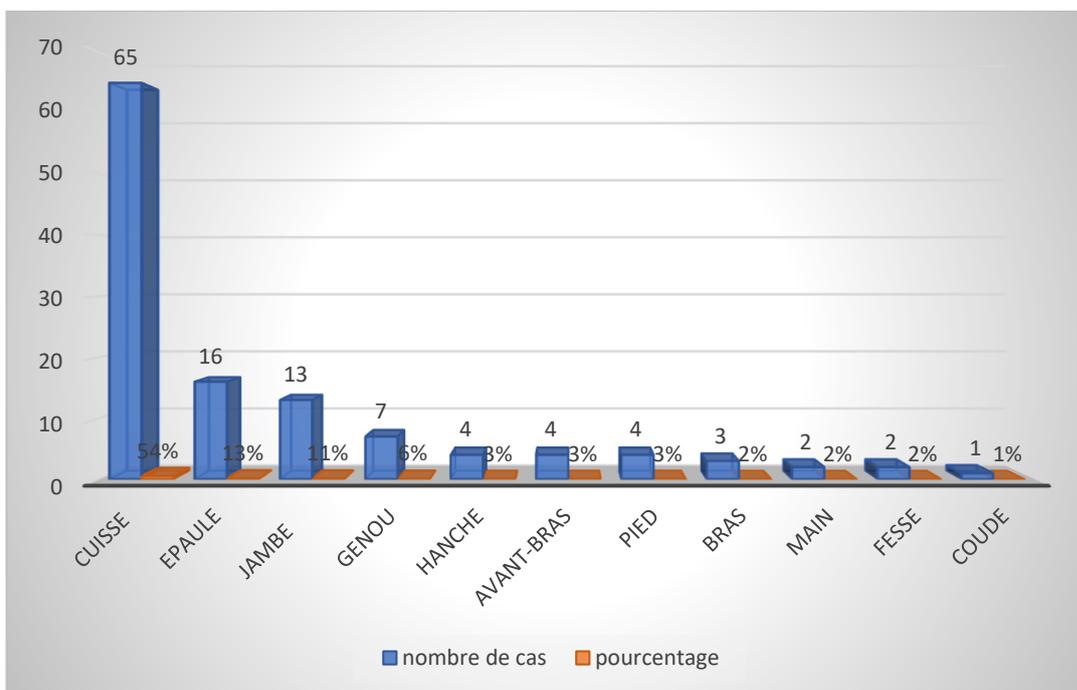


Figure 3: Répartition des localisations de nos patients selon le nombre et la fréquence.

II. Données de l'imagerie

1. Bilan locorégional

Tableau II: Répartition des examens radiologiques effectués dans le bilan locorégional.

Examen	Radiographie standard	Echographie	IRM
Nombre de cas	12	4	77

a. La radiographie standard

La radiographie standard a été réalisée chez 12 patients. Les résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III: Résultats en imagerie radiographique

Eléments sémiologiques	Nombre de cas
Opacité	10
Clarté (graisse)	1
Calcifications	0
Réaction du périoste	3
Lyse de l'os adjacent	2
Condensation de l'os adjacent	3

b. L'échographie

Les données de l'échographie sont recueillies chez 4 patients. Les lésions sont évaluées selon : la nature (kystique, tissulaire, grasseuse), la taille, la localisation par rapport au fascia, les limites et la vascularisation au Doppler. Les résultats trouvés sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV: Répartition des résultats trouvés en échographie

Eléments sémiologiques	Résultats	Nombre de cas
Nature de la lésion	Tissulaire	3
	Kystique	0
	Graisseuse	1
Taille de la lésion	Supérieure à 3cm	4
	Inférieure à 3cm	0
	Nette	4
Limites de la lésion	Floue	0
Localisation par rapport à l'aponévrose	Superficielle	1
	Profonde	3
Vascularisation au doppler couleur	Hyper vasculaire	1
	Hypo vasculaire /Avasculaire	3

c. L'IRM

Les données de l'IRM sont disponibles chez 77 patients. 40 de ces IRM ont été réalisées avant la biopsie de la masse.

Les résultats sont les suivants :

i. La nature de la lésion :

Chez 56 patients, on a trouvé une composante tissulaire avec une fréquence de 72%, représentant ainsi la composante la plus commune.

Les autres natures de lésions identifiées sont : kystique chez 13 patients, graisseuse chez 18 et myxoïde chez 10.

Le diagramme suivant résume la fréquence de la nature des lésions :

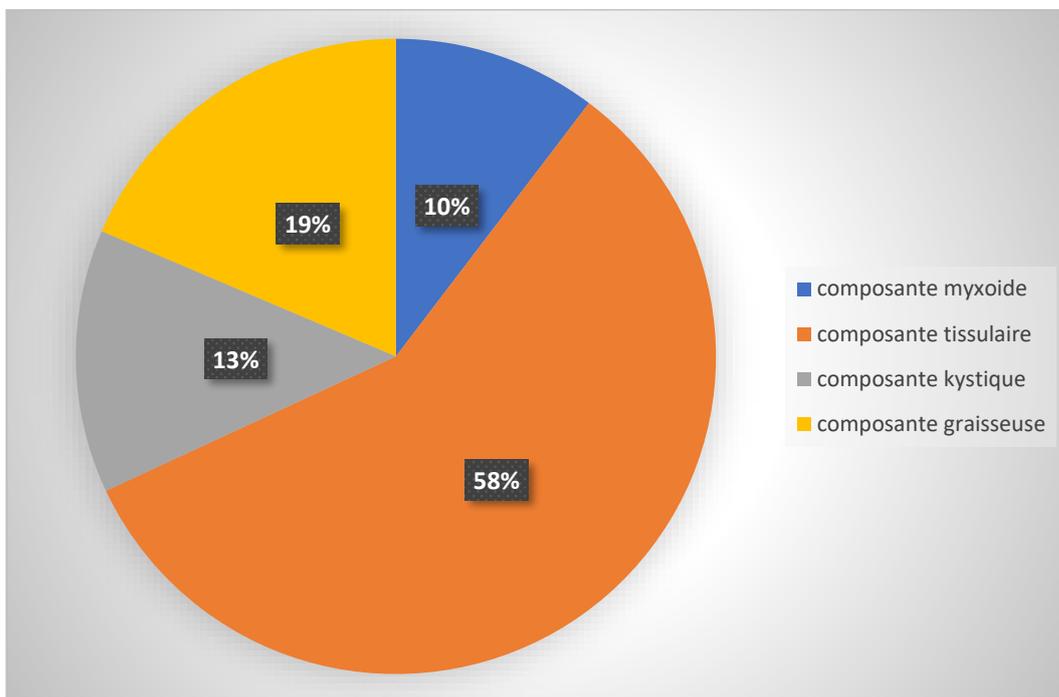


Figure 4: Répartition selon la nature des lésions

ii. La taille :

La taille des tumeurs était supérieure à 5cm chez 73 patients, et moins de 5 cm chez 4 patients.

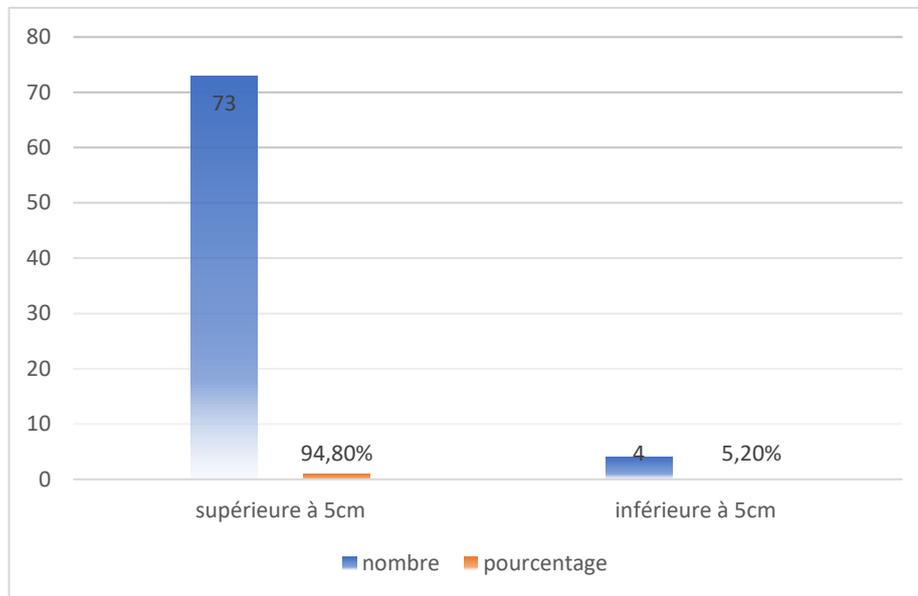


Figure 5: répartition selon la taille.

iii. Les limites :

Les lésions étaient bien limitées dans 45.45% des cas, et avaient des limites floues dans 54.54% des cas.

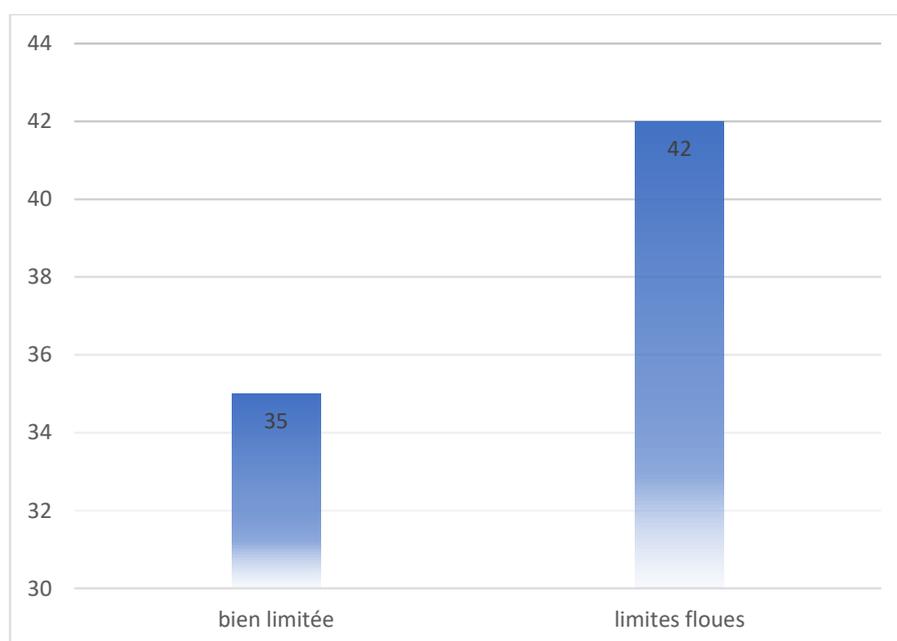


Figure 6: Répartition des lésions selon les limites.

iv. La localisation par rapport à l'aponévrose :

La localisation profonde par rapport à l'aponévrose est trouvée chez 60 patients, alors que la localisation superficielle n'est identifiée que chez 17 cas.

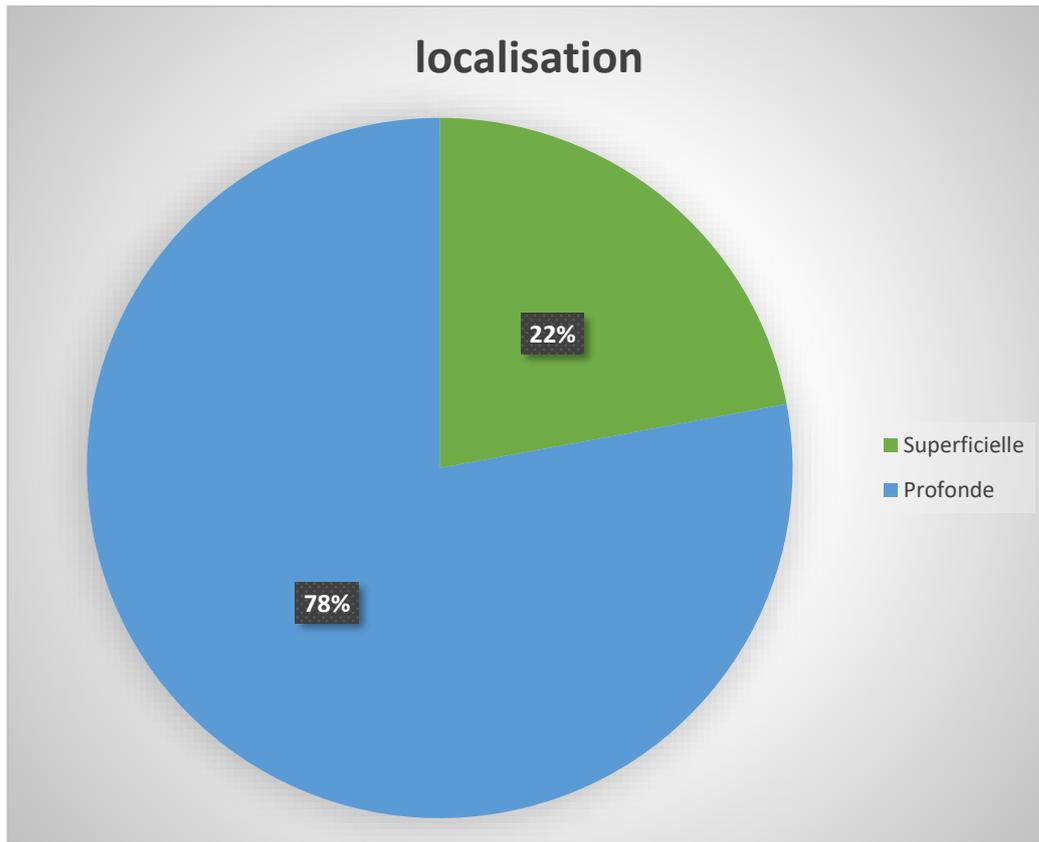


Figure 7: Répartition selon la localisation

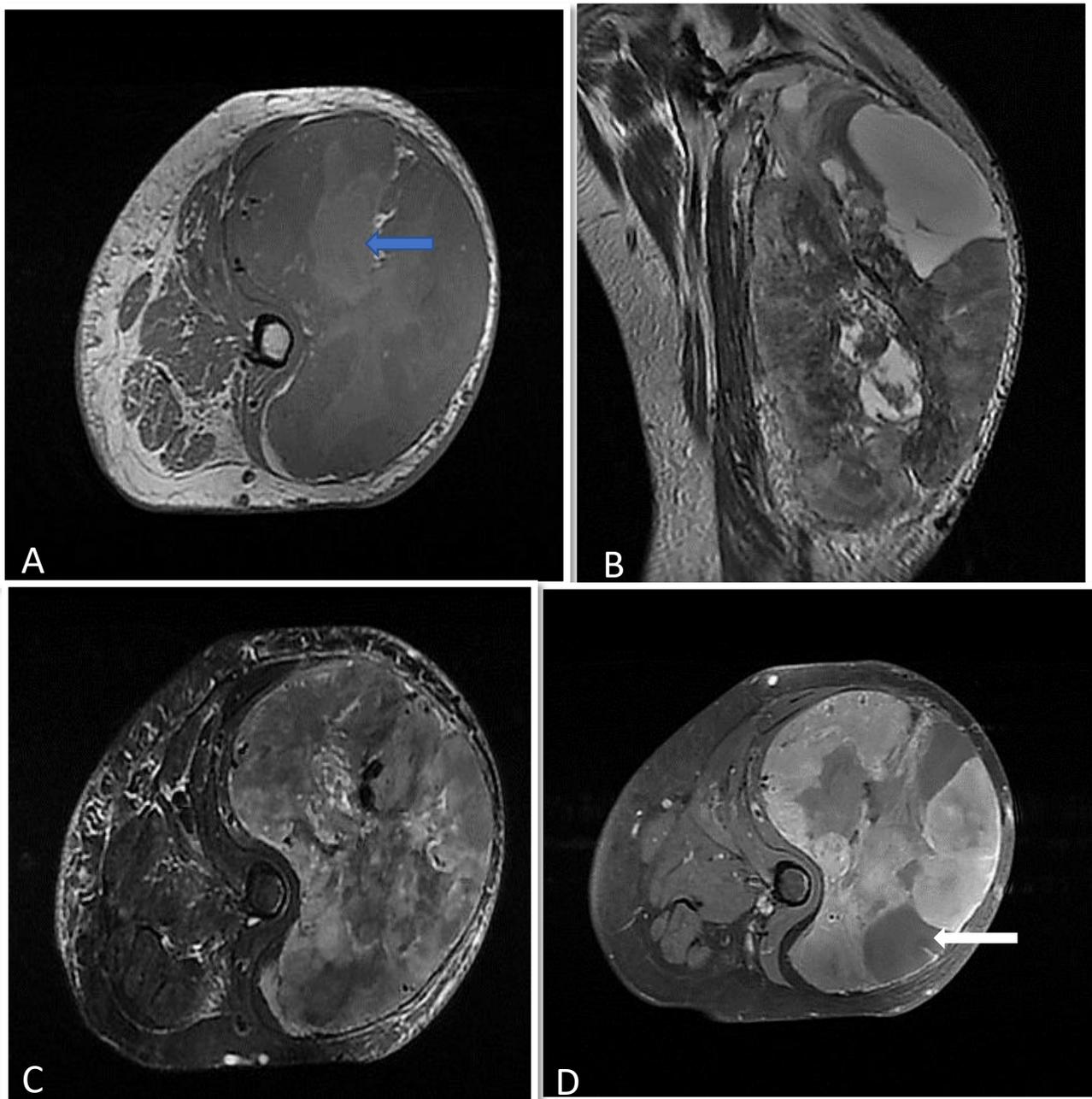


Figure 8: Sarcome à cellules pléomorphe de la cuisse gauche présentant une localisation profonde

A: image axiale T1, **B:** image coronale T2,

C: image axiale T2 Fat-Sat, **D:** image axiale T1 Fat-Sat, injectée.

Les images IRM montrent un processus tumoral du muscle vaste latéral de la cuisse gauche, **bien limité**, intramusculaire, **très hétérogène** avec une composante kystique, une composante hémorragique (*flèche bleue*) et une composante nécrotique (*flèche blanche*).

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

v. Extension à l'os :

Quant à l'extension osseuse, on a trouvé :

- ✓ Un contact avec la corticale chez 23 des cas,
- ✓ Une lyse osseuse chez 6 cas.
- ✓ Une anomalie du signal chez 6 cas.

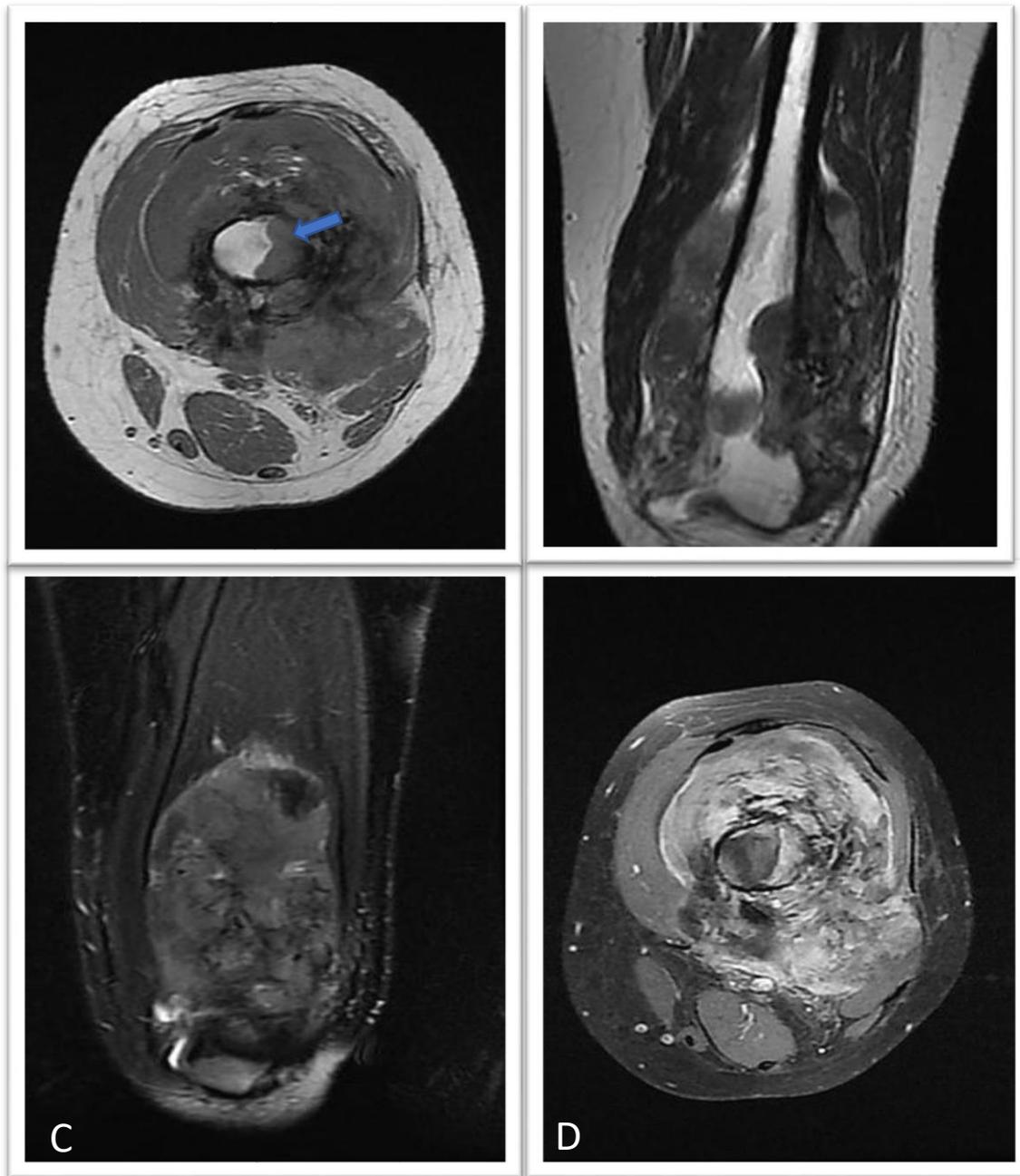


Figure 9: Léiomyosarcome de la cuisse gauche présentant une extension osseuse,

A: image axiale en T1, B: image coronale en T2,

C: image coronale en T2 Fat-Sat, D: image axiale en T1 Fat-Sat, injectée,

Les images IRM montrent un processus tumoral du tiers inférieur de la cuisse gauche, hypo intense en T1, hyper intense en T2 avec **rehaussement hétérogène**, circonférentiel, engainant le fémur avec **lyse corticale et envahissement médullaire** (flèches bleues).

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

vi. L'extension au pédicule vasculo-nerveux :

Pour l'extension vasculo-nerveuse, les lésions avaient :

- ✓ Une absence de contact chez 50 cas.
- ✓ Un contact moins 50% de la circonférence chez 15 cas.
- ✓ Un contact supérieur à 50% de la circonférence chez 12 cas.

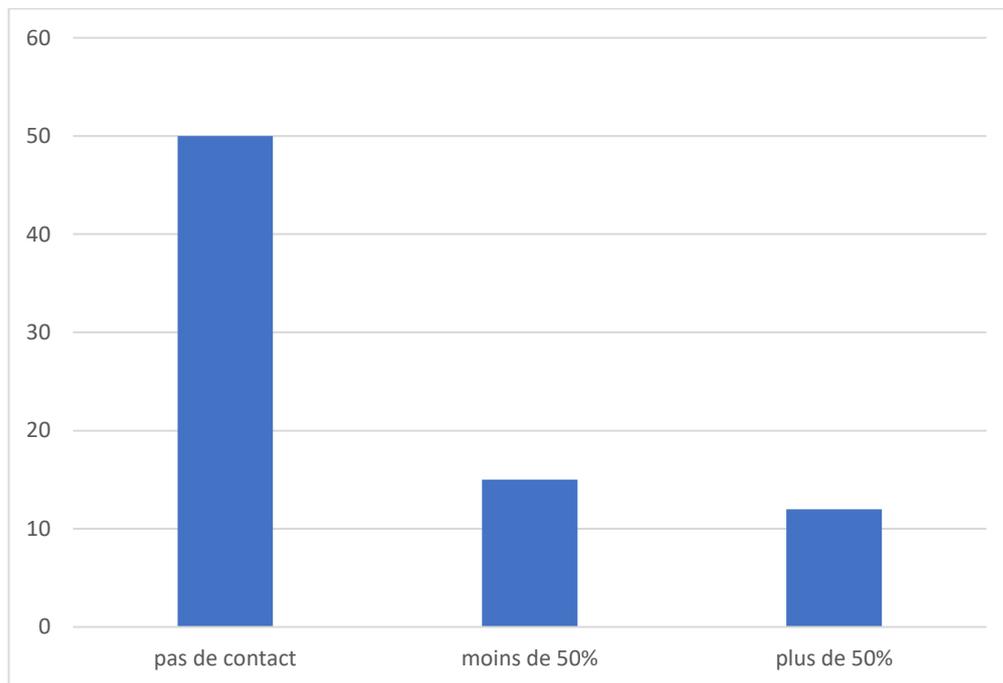


Figure 10: Répartition des lésions selon le contact vasculo-nerveux

vii. L'extension articulaire :

On a trouvé une extension articulaire dans 7 cas.

→ Le tableau suivant résume les différents résultats trouvés en IRM dans le bilan loco-régional.

Tableau V: Tableau résumant les différents résultats du bilan locorégional en IRM

Éléments sémiologiques		Nombre	Pourcentage
Nature de la lésion	Composante myxoïde	10	13%
	Composante tissulaire	56	72,70%
	Composante kystique	13	16,88%
	Composante graisseuse	18	23,37%
Taille de la lésion	Supérieure à 5cm	73	94.8%
	Inférieure à 5cm	4	5.2%
Limites de la lésion	Nette	35	45.45%
	Floue	42	54.54
Localisation par rapport à l'aponévrose	Superficielle	17	22%
	Profonde	60	78%
Extension à l'os	Contact avec la corticale	23	29.8%
	Lyse	6	9%
	Anomalie de signal	6	7.8%
Extension au pédicule vasculo-nerveux	Pas de contact	50	64.9%
	Contact de moins de 50%	15	19.5%
	Contact de plus de 50%	12	15.58%
Extension articulaire		7	9%

2. Bilan d'extension à distance

Le bilan d'extension initiale a été réalisé par une TDM thoraco-abdomino pelvienne. Les données de l'imagerie sont disponibles pour 88 cas soit 75,52% des patients. La localisation métastatique la plus fréquente est le poumon représentant 15,9%. *Tableau VI.*

Tableau VI: Répartition des patients métastatiques

	Nombre	Pourcentage
Métastase pulmonaire	14	15,9%
Métastase osseuse	06	6,81%
Métastase rétro-péritonéale	01	1,13%
Métastase pleurale	01	1,13%

III. Données histologiques

1. Les sous-types histologiques

16 sous-groupes histologiques ont été retrouvés dans notre étude. Le sous type histologique prédominant est le liposarcome myxoïde, constituant 24% des tumeurs.

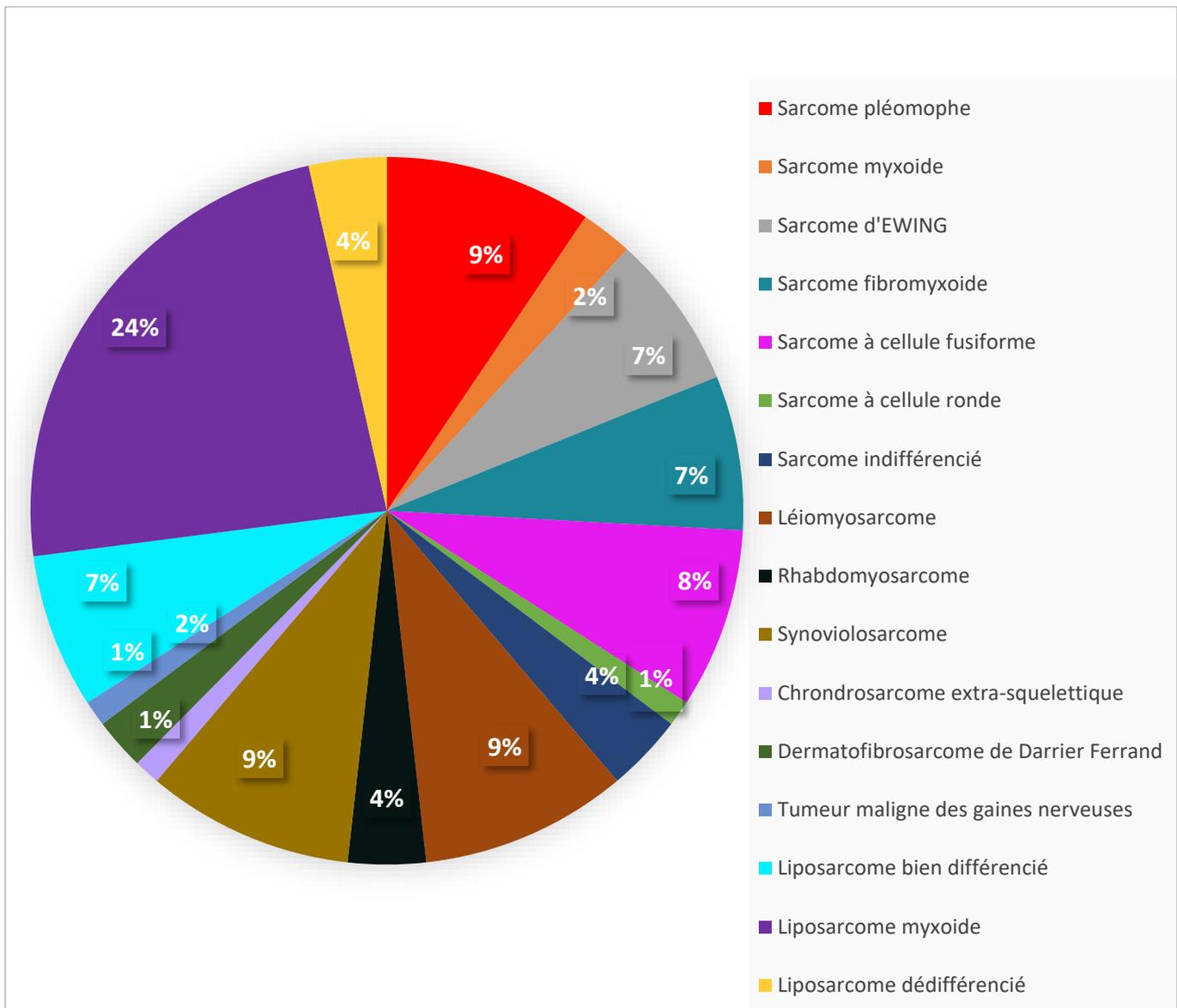


Figure 11: Répartition des sous-groupes histologiques dans la série

2. Corrélations radio-anatomopathologiques

a. Corrélation entre l'IRM et le grade Histologique

L'étude de la corrélation radio-anatomopathologique a été réalisée sur 33 cas.

i. Données cliniques :

Il s'agissait de 12 femmes et 21 hommes. L'âge moyen des patients variait entre 17 et 82 ans avec une moyenne de 49 ans.

ii. Données histologiques :

Le groupe était varié en ce qui concerne le type histologique : 08 liposarcomes myxoïde, 05 léiomyosarcomes, 04 liposarcomes bien différenciés, 04 sarcomes pléomorphiques, 02 liposarcomes sclérosants, 02 sarcomes à cellules fusiformes, 01 synovialosarcome, 01 rhabdomyosarcome, 01 sarcome d'Ewing, 01 sarcome du groupe PNET, 01 dermato-sarcome de Darrier and Ferrand.

iii. Données radio-histologiques :

L'étude a révélé une corrélation entre le grade histologique et des caractéristiques morphologiques en IRM.

Trois caractéristiques sont statistiquement liées aux tumeurs de hauts gradés :

- ✓ Les limites lésionnelles ($p=0.03$),
- ✓ Le rehaussement péri-tumoral ($p=0.03$),
- ✓ L'œdème péri-tumoral ($p=0.009$).

En effet, les tumeurs de haut grade présentent des contours mal définis, un œdème péri-tumoral et un rehaussement péri-tumoral, *Tableau VII*.

En analysant la spécificité et la sensibilité de diagnostic de ces trois caractéristiques, on retrouve que l'œdème péri-tumoral a la combinaison sensibilité/spécificité la plus élevée, *Tableau VIII*.

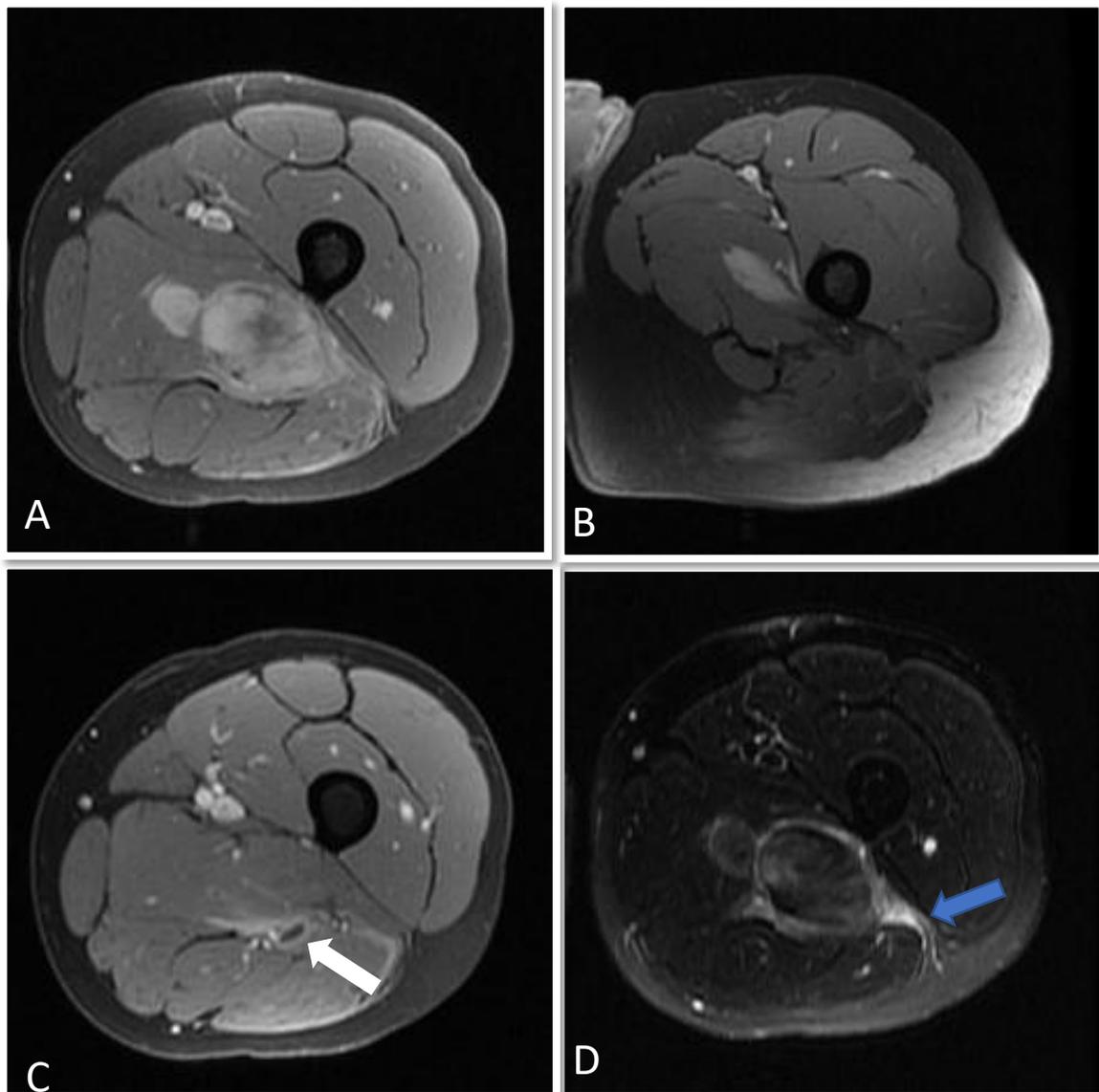


Figure 12: Liposarcome de la face postérieure de la cuisse gauche grade 2 de la FNCLCC présentant un rehaussement péri-tumoral,

A,B,C: images axiales en T1 injectée, **D:** image axiale en T2 Fat-Sat, injectée,

Les images IRM montrent une masse tumorale de la loge postérieure de la cuisse gauche centrée sur le muscle grand adducteur, **multifocale**, de **contours irréguliers** et **hétérogène**, présentant un épaissement avec un **hyper signal T2** et **rehaussement des fascias musculaires** de voisinage (fascia du muscle grand glutéal) (*flèche bleue*),

Noter : un **rehaussement autour du pédicule fémoral profond** et **autour du nerf sciatique** (*flèche blanche*) au contact de la masse,

→ Processus centré sur le muscle grand adducteur avec **envahissement du fascia** du grand glutéal.

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie



Figure 13: Sarcome de haut grade de la loge postérieure de la jambe droite présentant un oedème péri-tumoral,

A: image sagittale en T1, B: image sagittale en T2,
 C: image sagittale en STIR, D: image axiale T1 Fat-Sat, injectée,
 E: image axiale en T2 Fat-Sat,

Les images IRM montrent un processus tumoral de la loge postérieure de la jambe droite avec **extension en interosseux** au muscle tibial antérieur, extension dans un plan transversal au fascia profond et **extension le long des faisceaux musculaires** dans un sens longitudinal.

A noter : un rehaussement type alvéolaire, avec un **engainement hémi circonférentiel du tibia** témoignant de son envahissement.

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

histologique. P est en comparaison des tumeurs hauts grade et bas grade

	Grade 1 n=12	Grade 2 n=12	Grade 3 n=9	Bas- Grade n=12	Haut-grade n=21	P value
Localisation						
Superficiel	30.8	46.2	23.1	30.8	69.2	0.709
Intramusculaire	60	40	0	60	40	
Intermusculaire	28.6	28.6	42.9	28.6	71.4	
Mixte	37.5	25	37.5	37.5	62.5	
Taille						
<5cm	100	0	0	100	0	0.364
≥5cm	34.4	37.5	28.1	34.4	65.6	
Marges						
Bien-définies	48	40	12	48	52	0.03
Mal limitées	0	25	75	0	100	
Signal en T1						
Hypo intense	60	40	0	60	40	0.127
Iso intense	21.21	47.4	31.6	21.1	78.8	
Hyper intense	55.6	11.1	33.3	55.6	44.4	
Signal en T2						
Hypo intense	0	0	0	0	0	-
Iso intense	0	0	0	0	0	
Hyper intense	36.4	36.4	27.3	36.4	63.6	
Hétérogénéité T2						

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

<25%	63.6	18.2	18.2	63.6	36.4	0.053
25-75%	27.8	44.4	27.8	27.8	72.2	
>75%	0	50	50	0	100	
Présence de septas épais	31.6	31.8	31.6	31.6	68.4	0.716
Rehaussement tumoral						
<25%	80	20	0	80	20	0.188
25-50%	23.1	53.8	23.1	23.1	76.9	
50-75%	37.5	25	37.5	37.5	62.5	
>75%	28.6	28.6	42.9	28.6	71.4	
Présence d'œdème tumoral	7.7	46.2	46.2	7.7	92.3	0.009
Présence de rehaussement péri-tumoral	0	50	50	0	100	0.03

Tableau VIII: Tableau présentant la sensibilité et la spécificité des éléments statistiquement significatifs dans la différenciation entre une tumeur de haut grade et de bas grade.

	Sensibilité	Spécificité
Marges mal définies	38	100
Œdème péri-tumoral	52.3	91.66
Rehaussement péri-tumoral	33.33	100

b. Grade histologique tumoral et risque de survenue de métastase

En comparant les patients selon le grade histologique tumoral et la survenue de métastase au cours de l'histoire clinique en date, on objective que le pourcentage de patients métastatiques est proportionnel au grade histologique. Les patients ayant des tumeurs de grade 3 ont ainsi plus de métastase comme le montrent le tableau et le diagramme suivants.

Tableau IX: Répartition des patients métastatiques en fonction du grade histologique

	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Nombre	15	28	9
Métastase pulmonaire	N= 3 20 %	N= 3 10,71%	N= 3 33, 33%
Métastase osseuse	N= 1 6,67%	N=0 0%	N= 2 22,22%

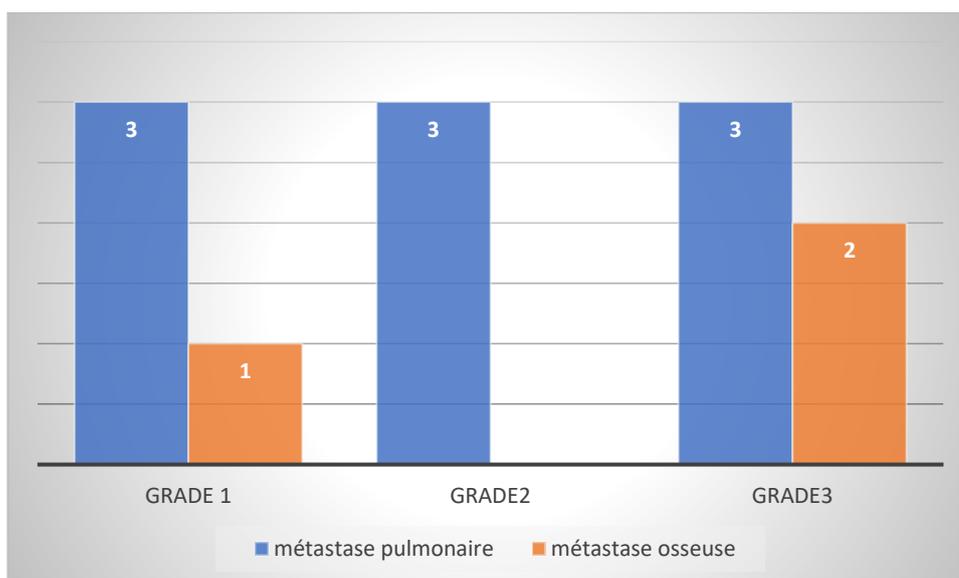


Figure 14: répartition des métastases selon le grade.

DISCUSSION

I. Généralités

Les sarcomes des tissus mous constituent un groupe très hétérogène tant sur leur histologie que sur leur pronostic. Les STS surviennent dans 40% au niveau des extrémités. L'atteinte est prédominante au niveau des membres inférieurs (28%) versus membres supérieurs (12%). La cuisse est le site le plus commun dans le corps, représentant 44% de tous les STS des extrémités.[1]

Les deux sous types histologiques les plus fréquents sont le léiomyosarcome et le liposarcome.[1]

Cliniquement, ils se présentent souvent comme une masse indolore à un stade précoce. D'autres symptômes peuvent survenir en fonction de la localisation et de l'extension aux éléments anatomiques adjacents.[2]

La prise en charge thérapeutique de ces tumeurs est pluridisciplinaire incluant les équipes d'imagerie médicale, de chirurgie oncologique et de reconstruction, d'onco-radiothérapie et d'histologie. [3]

La plupart des STS localisés aux extrémités sont mieux traités chirurgicalement avec ou sans radiothérapie. La chimiothérapie est généralement réservée à la prise en charge des patients atteints d'une maladie métastatique soit lors de la présentation ou après la résection de la tumeur primitive, ou plus rarement pour tenter de faciliter la réduction du stade tumoral local pour les lésions très étendues qui pourraient autrement ne pas se prêter à une chirurgie de préservation des membres [4]. L'objectif global du traitement est d'obtenir un contrôle oncologique maximal et de réduire au minimum la déficience fonctionnelle [4]. Le projet thérapeutique dépend de la classification TNM et du staging tumoral selon la classification de l'American Joint Committee on Cancer AJCC / UICC (Union for International Cancer Control).[5]

L'un des facteurs déterminants dans la prise en charge est le grade histopathologique selon la FNCLCC (Fédération Nationale des Centres de Lutte Contre le Cancer), basé sur la différenciation tumorale, le nombre de mitose et le pourcentage de nécrose. Les tumeurs de haut grade présentent le risque métastatique le plus élevé et un mauvais pronostic [3], [6].

A chaque étape de la prise en charge des sarcomes des parties molles, l'imagerie joue un rôle crucial depuis la détection jusqu'à la planification thérapeutique et le suivi thérapeutique. L'échographie est généralement la première ligne du diagnostic. Il joue un rôle important en différenciant les masses solides des lésions kystiques et en portant la suspicion d'une pathologie maligne. Dans les cas suspects de sarcome, l'IRM représente la meilleure modalité d'imagerie pour l'évaluation lésionnelle, grâce à son excellent contraste des tissus.[1]

Le rôle majeur de l'IRM est l'évaluation de l'extension locale en précisant la localisation, la taille, l'étendue compartimentale de la masse, l'atteinte neuro-vasculaire et l'envahissement osseux ou articulaire. Ses différents éléments constituent le bilan de résécabilité chirurgicale. Outre, l'IRM peut approcher le type histologique des tumeurs principalement dans les sarcomes à composante adipeuse et myxoïde. Il est cependant important de noter que les sarcomes agressifs sont généralement non spécifiques en imagerie. Un rôle supplémentaire de l'IRM qui doit être pris en compte est sa capacité à prédire le grade tumoral en se basant sur l'analyse des limites tumorales, de l'environnement péri-tumoral, le rehaussement tumoral traduisant le degré de vascularisation tumorale et de nécrose tumorale. Au-delà, de ces atouts diagnostiques l'IRM est également l'outil de surveillance locale [7],[8].

La tomodensitométrie quant à elle intervient dans le bilan d'extension à distance définissant le caractère métastatique ou non. Le site métastatique le plus fréquent étant le poumon, la TDM thoracique est obligatoire[9]. Un scanner abdominal doit être envisagé dans certains types histologiques notamment les liposarcomes à cellules rondes et myxoïdes d'une part; d'autre part une imagerie cérébrale est convenable chez les patients ayant des sous-types à fort risque de métastase cérébrale tel que l'angiosarcome ou le sarcome alvéolaire des parties molles[10].

II. Diagnostic positif des sarcomes des parties molles

1. L'étape clinique

Les circonstances de découverte clinique des tumeurs des parties molles sont non spécifiques et reposent essentiellement sur la tuméfaction des parties molles[2].

Les signes cliniques orientant vers une tumeur maligne des parties molles sont en rapport avec la tumeur elle-même ou son extension. Ces signes cliniques incluent : augmentation de la taille, une taille >5 cm, siège profond ou la douleur[1]. Plus le nombre de ces caractéristiques cliniques, plus le risque de malignité de la masse des tissus mous est élevé.[1]

Occasionnellement, il s'agira d'une découverte fortuite lors d'un bilan pour un autre motif.

Dans notre étude, le mode de découverte le plus fréquent est le syndrome de masse, représentant ainsi 90% des modes de révélation, suivi de la douleur dans 9% des cas.

2. Bilan radiologique

a. Rôle du radiologue

Devant une tuméfaction des parties molles, et en dehors d'un centre de référence de prise en charge des tumeurs des parties molles, le radiologue est confronté à trois situations et la hiérarchisation des examens doit répondre à ces questions :

- Déterminer la bénignité d'une lésion ne nécessitant pas un suivi non spécialisé.
- Déterminer la bénignité d'une lésion nécessitant un suivi spécialisé et adresser à un centre spécialisé.
- Déterminer des critères d'agressivité ou suspects de tumeurs malignes et adresser à un centre de référence.

Dans un centre de référence, le radiologue reçoit le patient soit en bilan initial, soit en complément de bilan d'une lésion découverte dans un centre non expert. La démarche consistera donc à un bilan radiologique exhaustif, suivi d'une réunion de concertation pluridisciplinaire où les décisions de surveillance programmée, de biopsie radioguidée ou chirurgicale, de protocole de traitement, seront prises.

iv. Critères de suspicion d'une lésion sarcomateuse en imagerie :

Quel que soit le moyen d'imagerie utilisé en première intention, les critères suivants sont les signes d'alarmes qui doivent déboucher sur une conduite à tenir codifiée[11] :

- La taille de la lésion de 5cm et au-delà.
- Le caractère profond de la lésion : sous-aponévrotique, intramusculaire, intermusculaire.
- Vascularisation anarchique.

- Hétérogénéité de la lésion avec des zones nécrotiques.
- Lésion mal limitée avec infiltration des parties molles adjacentes ou signe évident d'envahissement.

b. L'imagerie dans le diagnostic positif des sarcomes des parties molles

i. Apport de la Radiographie standard

Devant toute masse des parties molles, la radiographie standard n'est pas obligatoire mais peut être utile. Elle est réalisée en deux plans orthogonaux.[12] Elle permet dans un premier temps de faire le diagnostic différentiel entre une déformation osseuse et une véritable anomalie des parties molles. Elle permettra également de définir les masses graisseuses en raison de leur tonalité caractéristique[13]. La radiographie renseigne sur les calcifications dont certains patterns sont caractéristiques d'un diagnostic[14],[1]:

- Les phlébolithes suggèrent le diagnostic d'hémangiome ou de malformation veineuse[14].
- Les calcifications à début périphérique et évoluant vers une minéralisation totale au sein d'un muscle suggèrent une myosite ossifiante[1].
- Les calcifications chondromateuses (annulaires, curvilignes ou multilobulaires en popcorn) sont vues dans les chondrosarcomes[15].

Les sarcomes des parties molles contiennent de manière variable des calcifications. On peut citer les liposarcomes [16] (calcifications grossières), le synoviosarcome[17] (calcifications grossières, granulées ou spiculées), le sarcome épithélioïde et le sarcome alvéolaire[1].

Enfin, la radiographie permet de déterminer l'atteinte osseuse[18] :

- Il s'agit soit des remaniements osseux liés à l'agressivité de la tumeur des parties molles à type de réaction périostée, de lyse corticale.
- Soit d'une lésion à point de départ osseux avec extension aux parties molles.

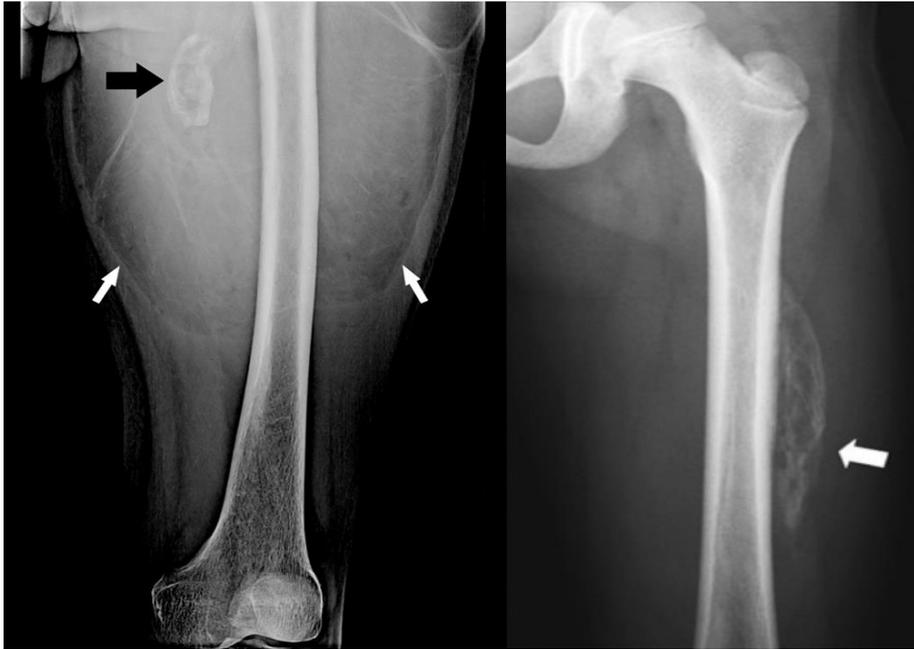


Figure 15: Radiographies standards montrant des calcifications dans le liposarcome bien différencié A[19] et dans la myosite ossifiante B[20]

A : La radiographie de surface montrant une grande masse de tissu mou avec une densité de graisse (flèches blanches) et une zone de minéralisation (flèche noire), l'histopathologie a montré qu'il s'agissait d'une zone d'os métaplasique dans un liposarcome bien différencié.

B : radiographie standard montrant des ossifications disposées le long de l'axe des fibres musculaires (grandes flèches) et situées autour d'une zone centrale non calcifiée, en rapport avec une myosite ossifiante.



Figure 16:Radiographies standards montrant des calcifications dans le synoviosarcome A[17] et dans l'hémangiome B[14].

A : La radiographie latérale d'un sarcome synovial du creux poplité montrant une calcification grossière avec un aspect décrit comme moucheté et spiculé.

B : Radiographie du coude montrant un gonflement important des tissus mous dû à une large malformation vasculaire, contenant des calcifications arrondies dont certaines sont à centre clair en rapport avec des phlébolithes.

ii. Apport de l'échographie

L'échographie–doppler par son accessibilité représente la première imagerie réalisée devant une masse des parties molles. Les éléments sémiologiques de l'interprétation des données ultrasonographiques sont [16],[11]:

- L'échogénicité de la lésion : kystique, grasseuse au tissulaire.
- L'échostructure de la lésion : homogène ou hétérogène avec des zones de nécrose ou d'hémorragie.
- Les limites : nettes ou infiltrantes.
- Le caractère superficiel ou profond par rapport au fascia superficiel.
- La vascularisation intra-lésionnelle.

L'objectif de cette analyse sera d'identifier les lésions bénignes typiques ne nécessitant pas un autre moyen d'exploration en imagerie d'une part et les lésions suspectes présentant des « drapeaux rouges ».

Les lésions bénignes des parties molles musculosquelettiques ayant des caractéristiques sémiologiques typiques en échographie sont :

- Les lésions kystiques : kyste arthro-synovial, hygrome, le kyste épidermoïde.
- Les tumeurs grasseuses : lipome simple sans signes d'atypie.
- Les malformations vasculaires à flux lent ou rapide.

Les « drapeaux rouges » en échographie obligeant une prise en charge en imagerie et thérapeutiques codifiées sont [1],[11]:

- Les lésions profondes : sous-aponévrotique, intermusculaire, intramusculaire.
- Les lésions de taille supérieure à 5 cm.
- Les lésions nécrotiques.

- Les lésions à vascularisation anarchique.
- Les lésions infiltrantes.

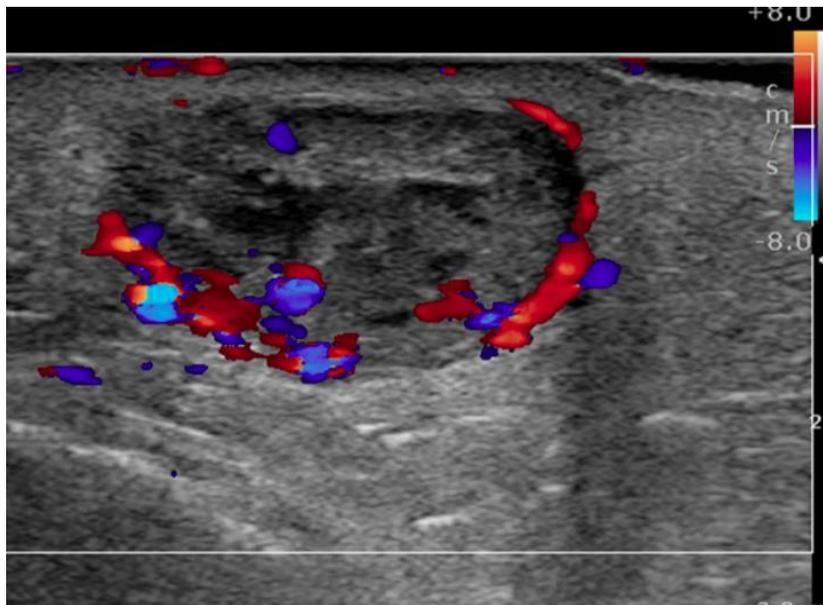


Figure 17: image échographique doppler d'une masse hétérogène, vascularisée.[19]

Image échographique doppler, montrant une masse tissulaire superficielle, hypo-échogène, hétérogène, bien limitée, avec une vascularisation intra-lésionnelle dont l'histologie a révélé un synoviosarcome.

iii. Apport de l'IRM

L'IRM représente de nos jours le gold standard de l'imagerie des sarcomes des parties molles. Il est obligatoire devant toute lésion suspecte des parties molles et intervient aussi bien dans le diagnostic positif, histologique, le bilan de résecabilité dans la surveillance post-thérapeutique. L'IRM devra être réalisée avant la réalisation de la biopsie pour s'affranchir aux erreurs diagnostiques liées aux remaniements inflammatoires post-biopsiques[21].

⇒ Protocole :

Le protocole de l'IRM pour l'exploration des sarcomes musculosquelettiques doit répondre à certains impératifs[22] :

- Acquisition centrée sur la lésion
- Au moins deux plans orthogonaux dont l'un est un plan axial
- Les séquences morphologiques T1, T2, T2 Fat-Sat.
- Les séquences injectées T1 Fat Sat.
- En cas de diagnostic différentiel entre hématome et sarcome : le protocole inclut un procédé de soustraction d'image entre une séquence T1 et la même séquence après injection de Gadolinium afin de déceler une prise de contraste et de la caractériser afin de différencier entre les deux entités.

Des séquences fonctionnelles peuvent être rajoutées au protocole pour un diagnostic poussé lorsque les séquences conventionnelles sont équivoques :

- Séquences de perfusion sur des images 3D écho de gradient avec lecture qualitative visuelle ou semi-quantitative par rapport à des courbes de référence. Elles ont une faible valeur comme unique critère de caractérisation. Cependant, leur intérêt se trouve dans le bilan pré-biopsie, l'évaluation de la réponse thérapeutique, la différenciation entre la fibrose ou une récurrence en post-opératoire[23],[24],[11].
- Séquence de diffusion pour l'évaluation de l'ADC (coefficient de diffusion apparent) : La séquence de diffusion est d'interprétation difficile en raison de distorsion des images. L'analyse de l'ADC peut se faire sur les tumeurs non graisseuses, non vasculaires, non-myxoïde, et hyperintenses en T2. Une étude publiée en 2016 dans Skeletal Radiology par Teixeira et al, définit des Cut-off d'interprétation de l'ADC[25] (*figure suivante*). En Analysant la figure

ci-dessous, on remarque qu'il y a des superpositions entre les différentes entités.

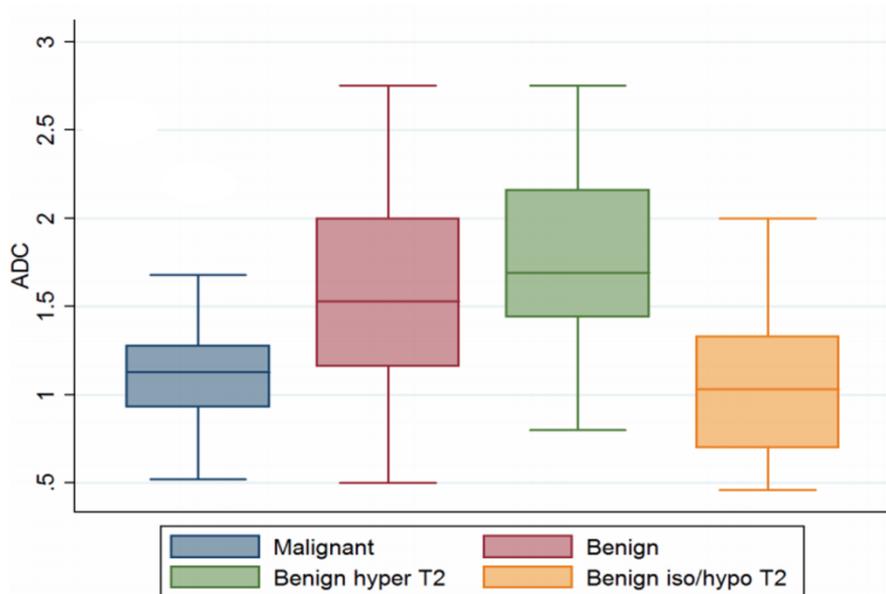


Figure 18: Diagramme montrant les intervalles de valeurs d'ADC en IRM des tumeurs des parties molles.[25]

- La spectroscopie : rarement pratiquée, elle peut être utile dans les lésions non graisseuses et non calcifiées. Elle recherche essentiellement le pic de choline [26],[11].

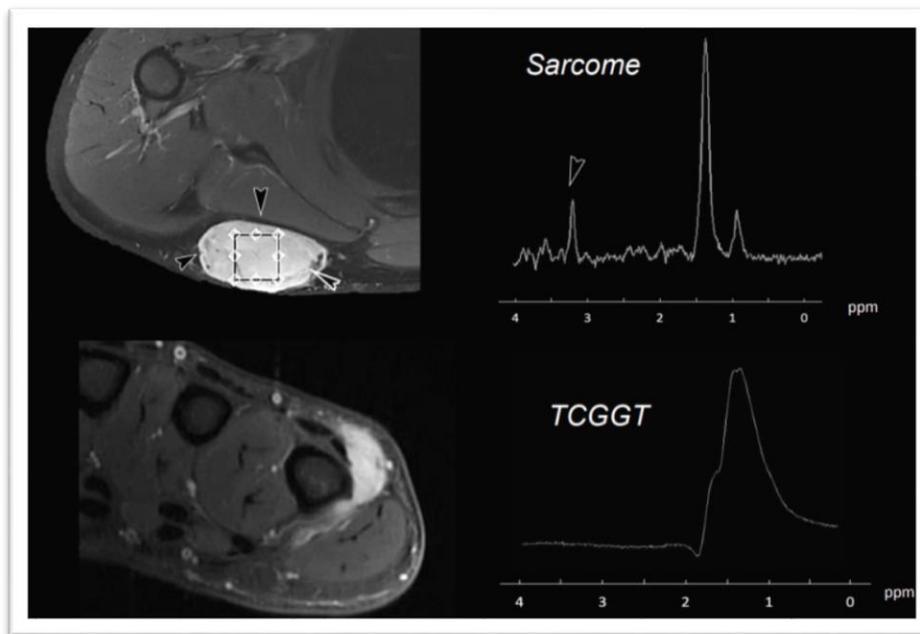


Figure 19: Spectroscopie de deux masses des parties molles

L'image montre un pic de choline dans le sarcome et une absence de pic de choline dans la tumeur à cellules géantes (Teixeira et al, AJR 2017).

Au total, l'IRM fonctionnelle dans l'imagerie des sarcomes des parties molles doit être utilisée devant des lésions indéterminées après les séquences morphologiques, des lésions impossibles à classer bénigne ou maligne. Une étude réalisée dans un centre de référence de prise en charge des sarcomes Guilloz (Nancy-France) sur l'apport de ces séquences dans le diagnostic des tumeurs des parties molles a permis de trouver les résultats suivants : la combinaison des trois séquences sus-décrites permettent de reclasser les lésions indéterminées en séquences morphologiques avec une spécificité de 100%.

Tableau X: Récapitulatif des seuils de sensibilité et de spécificité des techniques de diffusion, perfusion, spectroscopie et la combinaison de ces techniques dans le diagnostic des sarcomes des parties molles. Seuil d'ADC défini en dessous $1,9 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ pour les lésions malignes.

	SENSIBILITE (%)	SPECIFICITE (%)	ACCURACY (%)
Techniques individuelles			
Perfusion	50	70.9	65.3
Diffusion (seuil ADC = $1.9 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	91.8	30.6	48.2
Spectroscopie	58.7	77.7	71.4
Techniques combinées (seuil ADC = $1.3 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)			
Perfusion + Spectroscopie	29.6	93.1	71.8
Diffusion + Perfusion	34.0	94.8	77.3
Diffusion + Spectroscopie	40.9	95.5	77.4
3 techniques	25.6	100	75.0

⇒ Résultats

L'IRM grâce à sa résolution en contraste permet de préciser certaines caractéristiques tumorales morphologiques et de rehaussement[11] :

- La matrice tumorale : kystique, myxoïde, hémorragique, grasseuse, fibreuse, tissulaire hétérogène.
- Le rehaussement tumoral.
Le rehaussement péri-tumoral qui peut se retrouver dans les pseudotumeurs également.
- Le degré d'envahissement loco-régional.

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

Les éléments sémiologiques évoquant le caractère malin « drapeaux rouges »[19],[11] sont les suivants :

- Lésion profonde
- Rehaussement hétérogène
- Zone d'hémorragie
- Franchissement des fascias
- Envahissement des organes adjacents.

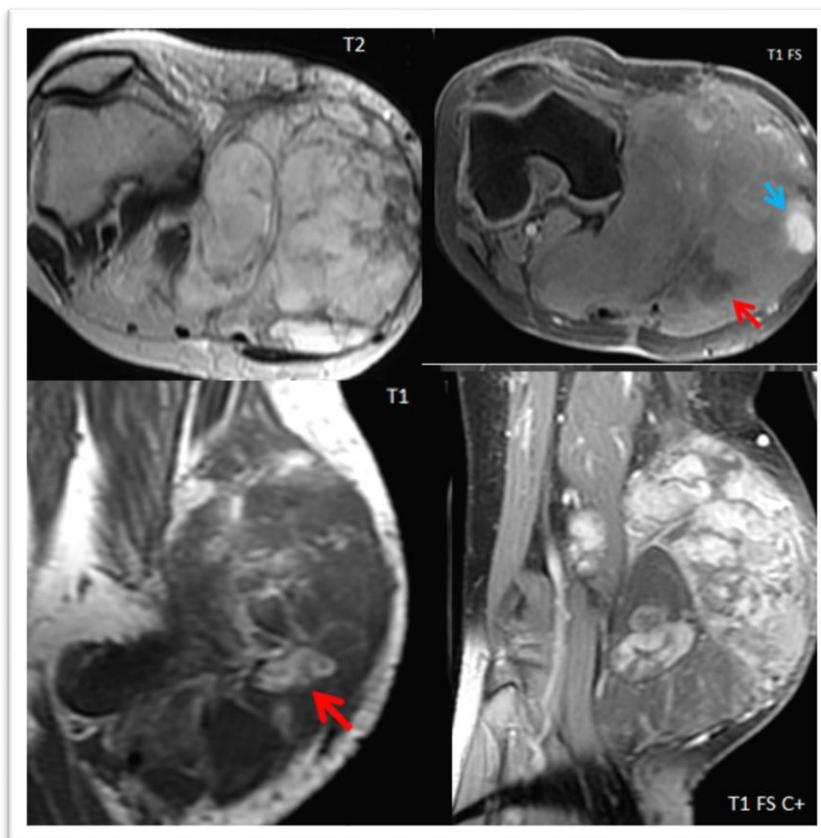


Figure 20: IRM d'une tumeur des parties molles du genou, de siège sous-aponévrotique, hétérogène.

IRM d'une tumeur des parties molles du genou, de siège sous-aponévrotique hétérogène avec des zones grasses en hypersignal T1 effacé après saturation de la graisse (flèche rouge) et des zones hémorragiques (flèche bleue) en rapport avec un Liposarcome myxoïde.

→ Iconographie du service de radiologie CHU Hassan II Fès.

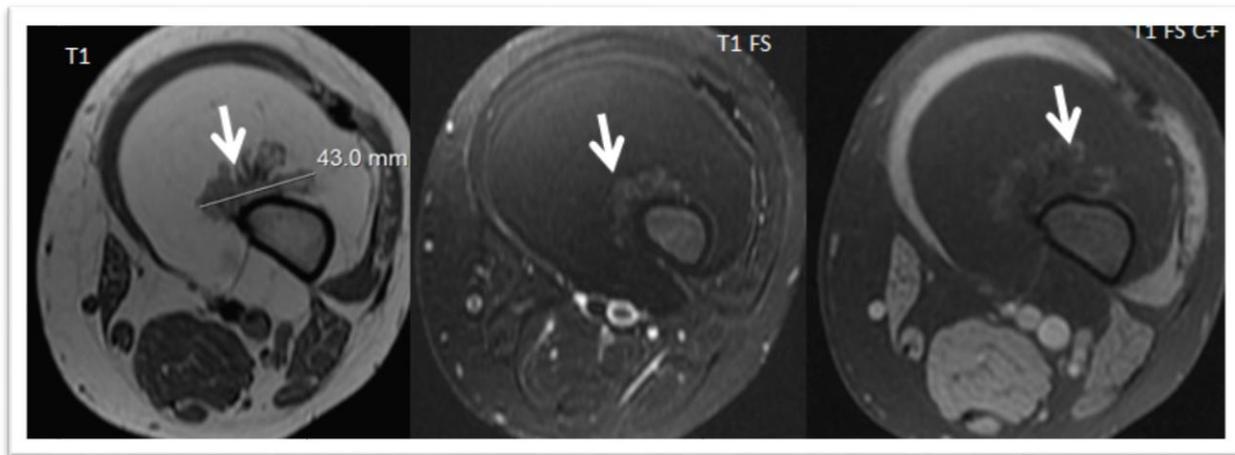


Figure 21:Liposarcome bien différencié du compartiment antérieur de la cuisse gauche

IRM d'un processus tumoral du compartiment antérieur de la cuisse gauche, de siège inter-musculaire, bien limité, à composante grasseuse majoritaire avec une composante charnue (flèche) peu modifiée après contraste, en rapport avec un liposarcome bien différencié.

→ Iconographie du service de radiologie CHU Hassan II Fès.

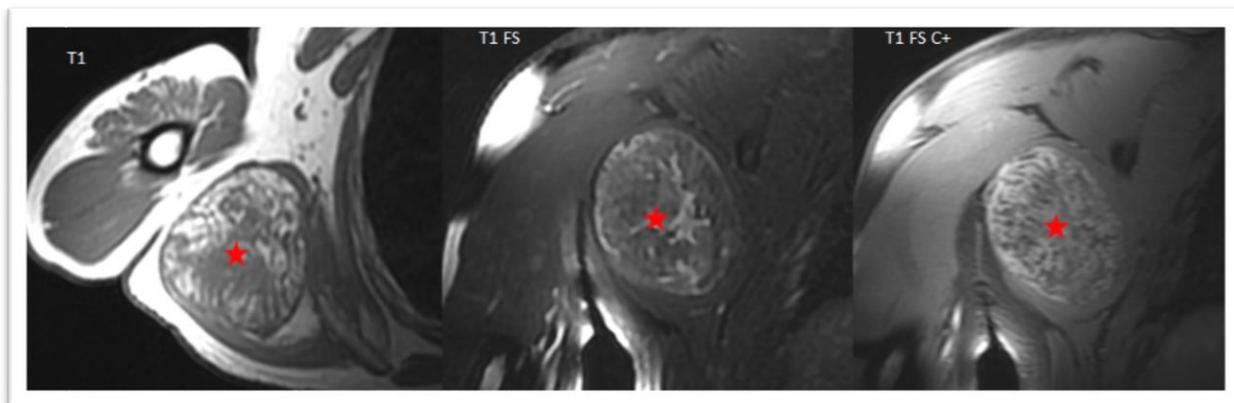


Figure 22:Liposarcome bien différencié au dépend du muscle petit rond.

IRM d'une masse ovale au dépend du muscle petit rond, bien limitée, hétérogène, avec des zones grasseuses, rehaussée de façon hétérogène après contrastée en rapport avec un liposarcome dédifférencié.

→ Iconographie du service de radiologie CHU Hassan II Fès.

iv. Apport de la tomodensitométrie

L'imagerie tomodensitométrique a une utilité limitée en raison de son contraste moindre comparé à l'IRM. Elle est réalisée sans et avec injection de produit de contraste iodé intra-veineux et permet de définir le type de contingent soit graisseux, liquidien, tissulaire, calcification ou ossification. L'une des particularités de la TDM est de permettre de définir un pattern particulier de minéralisation que l'on retrouvera par exemple dans la myosite ossifiante et non dans les sarcomes des parties molles. Par ailleurs, la TDM permet de mieux évaluer l'invasion corticale. Cependant l'atteinte intra-médullaire reste mieux évaluée en IRM. Au-delà de la caractérisation lésionnelle, la TDM est un outil de guidage biopsique commun après l'échographie[13],[19].

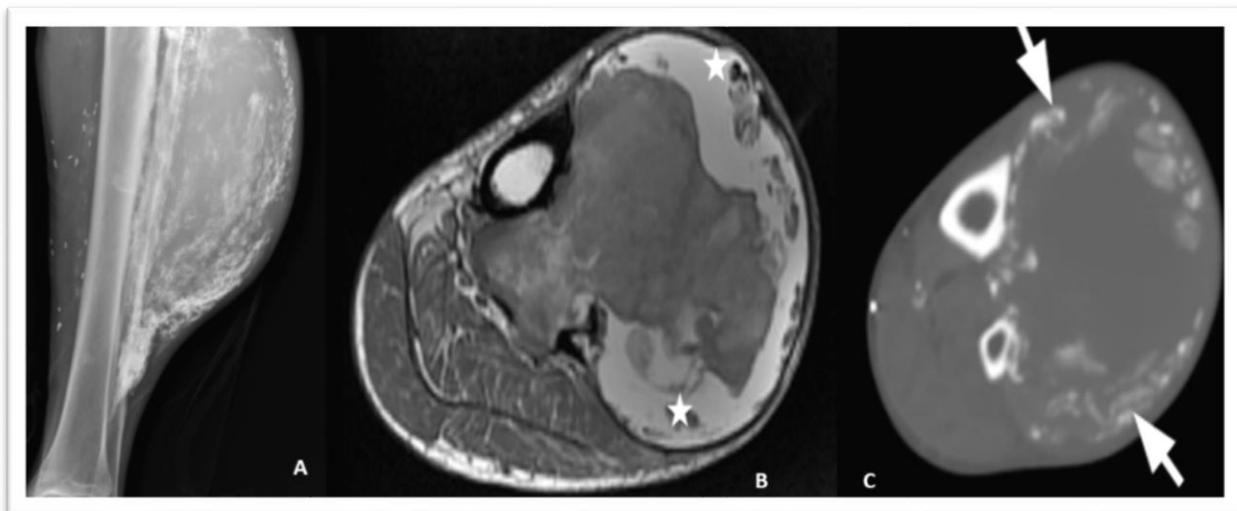


Figure 23: Sarcome de la jambe avec des calcifications[27]

Bilan d'un sarcome de la jambe montrant des calcifications sur la radiographie (A) avec un épaissement cortical adjacent à la masse. L'IRM montre la masse nécrotique avec des zones en hyposignal restant difficile à déterminer comme des calcifications (B). La TDM (C) montre des calcifications de sièges périphériques, irrégulières au sein de la masse ainsi que l'envahissement périoste de la fibula.

v. Pièges dans le bilan initial :

Des erreurs diagnostiques peuvent subvenir dans le bilan initial. Ils sont de deux ordres [22],[28]:

- Sous-estimer une lésion maligne.
- Pousser le bilan pour une lésion bénigne.

⇒ **Hématome VS Sarcome**[28],[22],[29] :

C'est une situation fréquente et qu'il est facile de comprendre considérant les facteurs suivants :

- L'hématome vieilli peut être très hétérogène et présenter une organisation périphérique vascularisée.
- Il existe des sarcomes massivement nécrotiques et hémorragiques ne laissant qu'une couche tissulaire périphérique vascularisée.

Les éléments clinico--radiologiques pouvant aider au diagnostic sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XI: Aspect radio-clinique d'un hématome VS un sarcome des parties molles.

Hématome	Sarcome hémorragique
<ul style="list-style-type: none"> - Contexte traumatique ou d'anticoagulation - Sujet âgé - Douleur - Evolution rapide 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de contexte de traumatisme ou d'anticoagulation - Enfant et adolescent - Absence de douleur - Siège inhabituel - Développement lent.
<ul style="list-style-type: none"> - Absence de flux intra-lésionnel - Rehaussement fin, régulier périphérique 	<ul style="list-style-type: none"> - Flux vasculaire intra-lésionnelle - Rehaussement périphérique irrégulier

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

La démarche consiste dans le doute, à réaliser un contrôle échographique à un mois d'évolution. En cas de persistance ou d'évolution de la lésion, une IRM et une biopsie sont réalisées[29].

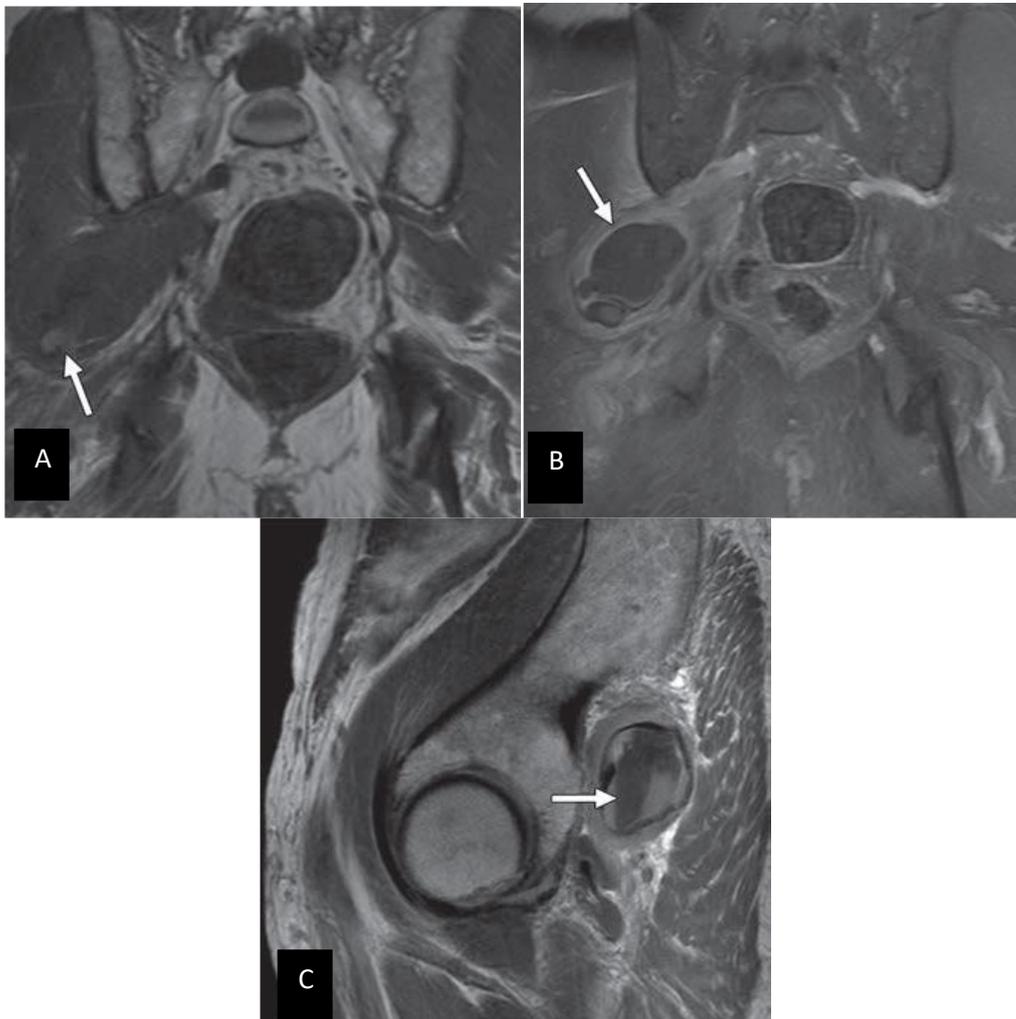


Figure 24: IRM d'un hématome des parties molles[29]

A : Image coronale pondérée en T1 montre une masse dans le muscle piriforme qui contient une intensité de signal élevée (flèche).

B : Image sagittale pondérée en T2 montre des niveaux de liquide sans composante solide (flèche).

C : Image coronale pondérée en T1 saturée en graisses et améliorée par contraste confirme une faible intensité de signal au centre et un fin rehaussement périphérique (flèche) avec un œdème

➔ Ces résultats sont évocateurs d'un hématome qui sera confirmé sur une imagerie de contrôle.

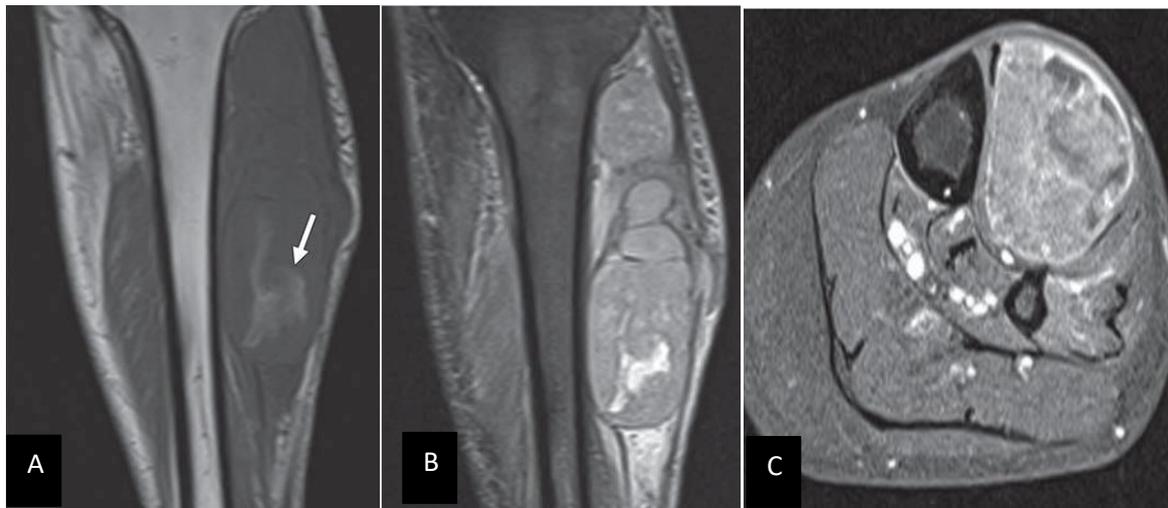


Figure 25: IRM d'un sarcome hémorragique[29]

A : Image coronale pondérée en T1 montre une hyper intensité au sein de la masse, suggérant la présence de sang dans la lésion(flèche).

B : Image coronale STIR montre une très grande lésion hétérogène hyper intense.

C : l'image axiale pondérée en T1 saturée en graisse avec contraste montre un rehaussement hétérogène.

En raison de ce schéma de rehaussement, qui diffère de celui d'un hématome typique, ce dernier diagnostic doit être rejeté. Cette lésion s'est avérée être un sarcome pléomorphe indifférencié.

⇒ Myosite ossifiante VS Sarcome :

La myosite ossifiante est un exemple typique de lésion pseudo-tumorale musculaire facilement prise pour une lésion maligne notamment en IRM. En IRM, elle présente un hypersignal tissulaire T2 avec de l'œdème périphérique et elle se rehausse. Son évolution marquée par la minéralisation est caractéristique [29],[28],[22],[19],[11]:

- 2 à 8 semaines : calcifications floues, lamellaires puis ossification centripète.
- 6 à 8 semaines : Masse osseuse bien limitée.
- 5 à 6 mois : Diminution en taille de la masse calcifiée.

En imagerie, la myosite ossifiante se présente comme suit[22],[30]:

- Radiographie : les calcifications sont visibles 2 à 8 semaines et à 2 mois, la lésion est calcifiée en périphérie.
- La TDM : détermine précocement les calcifications avec leur pattern périphérique puis centripète.
- L'IRM : le signal est trompeur dans la phase aigüe montrant une masse inflammatoire avec un signal osseux à la phase tardive.

Pour s'affranchir de ces erreurs, il faut considérer :

- L'évolution dans le temps de la lésion : regarder les examens antérieurs récents.
- L'utilisation d'autres modalités diagnostiques
- La surveillance à court terme avant un geste invasif.

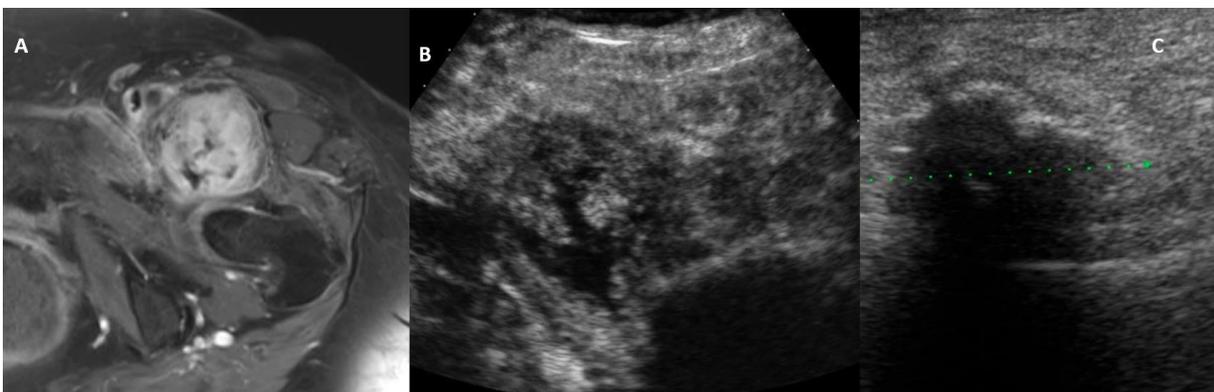


Figure 26: Images IRM et échographique d'une myosite ossifiante.[20]

(A) Image IRM et échographique

(B) d'une myosite ossifiante à la phase aigüe.

(C) image échographique de la même masse à trois semaines d'intervalle montrant une masse calcifiée en périphérie.

III. L'imagerie dans le diagnostic histologique

Les sarcomes des parties molles regroupent plus d'une cinquantaine de sous-groupes histologiques ayant leurs caractéristiques histologiques et moléculaires. Le diagnostic histologique a un fort impact sur le pronostic et donc conditionne la prise en charge thérapeutique des patients.

L'imagerie notamment l'IRM intervient dans ce diagnostic aussi bien dans la détermination de certains sous-groupes histologiques, que dans l'approche du grading tumoral, critère fondamental de l'agressivité de la tumeur.

1. L'imagerie dans le diagnostic histologique pré-biopsie :

a. Approche du type histologique par l'IRM :

Les tumeurs graisseuses sont celles les mieux diagnostiquées en imagerie en raison de la présentation caractéristique de la composante graisseuse aussi bien en échographie qu'en tomodensitométrie ou en IRM[16].

L'imagerie permet de définir les caractéristiques radiologiques habituelles du lipome ainsi que des critères de malignité comme le montrent les deux tableaux suivants[31]:

Tableau XII: Caractéristiques radiologiques habituelles des lipomes[31]**Caractéristiques radiologiques habituelles des lipomes**

1. Une **taille** tumorale < 10 cm²,
2. Une **topographie superficielle**, sous-cutanée,
3. Un contenu **purement graisseux**, sans septa internes,
4. Dans le cas des lipomes **profonds**, caractère infiltrant ou mal limité des contours d'une masse graisseuse à développement intramusculaire, avec respect de l'architecture du muscle, lui donnant **un aspect dit « peigné »**
5. si de **fins septa internes** sont visibles, l'**absence de rehaussement** est en faveur d'un lipome,
6. le caractère **uni-nodulaire**

Tableau XIII: Critères radiologiques en faveur du caractère malin d'une tumeur adipocytaire[31].

Critères majeurs :	Critères intermédiaires :	Critères mineurs :
1. La taille > 10 cm : pour les tumeurs de contenu purement graisseux des membres et des parois du tronc.	1. La présence de septas internes épais (> 2 mm) et/ou irréguliers et/ou nodulaires, nombreux présentant un rehaussement marqué après injection de gadolinium;	1. La présence de calcifications intra tumorales
2. La localisation tronculaire profonde particulière : rétro-péritoine, médiastin, région para testiculaire ou le long du cordon spermatique.	2. L'évolutivité tumorale : croissance clinique objective de la tumeur ou augmentation de taille sur 2 examens.	2. Une tumeur multi nodulaire
3. La présence d'un ou plusieurs contingents tissulaires non adipeux au sein de la tumeur : nodule ou masse tissulaires et/ou plage de graisse de signal atypique (différent de celui de la graisse sous-cutanée).	3. Le caractère récidivant d'une tumeur après résection chirurgicale	3. L'envahissement des structures adjacentes et/ou érosions osseuses (critère mineur car rarement observé).

Il est donc facile devant une tumeur ayant une composante graisseuse avec des critères de malignité d'évoquer le liposarcome. L'un des challenges en imagerie est de suggérer le diagnostic de liposarcome bien différencié.

La composante myxoïde diagnostiquée en IRM par son hyposignal intermédiaire en T1, son hypersignal quasi-liquidien en T2 et le rehaussement après contraste, permet de diagnostiquer des sarcomes myxoïdes. L'exemple caricatural est celui des liposarcomes myxoïdes où la double présence d'une composante myxoïde et graisseuse permet d'évoquer avec aisance le diagnostic.

Le synoviosarcome fait partie des sarcomes sur lesquels le radiologue peut se prononcer. Il présente un signal triple caractéristique en séquence T2. Ce signal est observé dans 37 à 57% des tumeurs et est due aux composantes tissulaire, hémorragique, nécrotique, calcique et fibreuse donnant un mélange d'hyposignal, de signal intermédiaire et d'hypersignal T2.

Le triple signal, cependant n'est pas hautement spécifique des synoviosarcomes et peut se trouver dans d'autres néoplasmes.

En définitive, l'imagerie reste peu contributive et peu spécifiques en dehors de certains sous-groupes histologiques dans le diagnostic de certaines tumeurs sur des critères morphologiques.

vi. Le Liposarcome :

Le terme « liposarcome » n'implique pas que ce type de tumeur dérive de la graisse, mais qu'elle possède une différenciation lipomateuse.

Les liposarcomes sont classés selon la classification de l'OMS en 5 sous-groupes : liposarcomes bien différenciés, dédifférenciés, myxoïdes, pléomorphes et mixtes [32], [33].

⇒ **Liposarcome bien différencié** : [32], [33], [34]

En IRM le LPS bien différencié est caractérisé par une masse bien limitée, à prédominance grasseuse : la composante grasseuse représente plus de 75 % de la tumeur et la composante non grasseuse se présente sous forme de septa épais (> 2 mm) et irréguliers ou parfois de zones nodulaires. Les zones non grasseuses peuvent être plus volumineuses mais ne dépassant pas habituellement 2 cm. Cette composante non adipeuse est recherchée en IRM essentiellement sur les séquences pondérées en T1. Après injection de gadolinium sur les séquences T1 avec saturation du signal de la graisse, ces zones se rehaussent de façon variable. Cet aspect peut prêter à confusion avec le lipome classique qui apparaît entièrement grasseux et homogène dans 48 à 71 % des cas et présente parfois des septas qui sont cependant fines (< 2 mm) avec un rehaussement habituellement moins intense qu'en cas de LPS bien différencié.

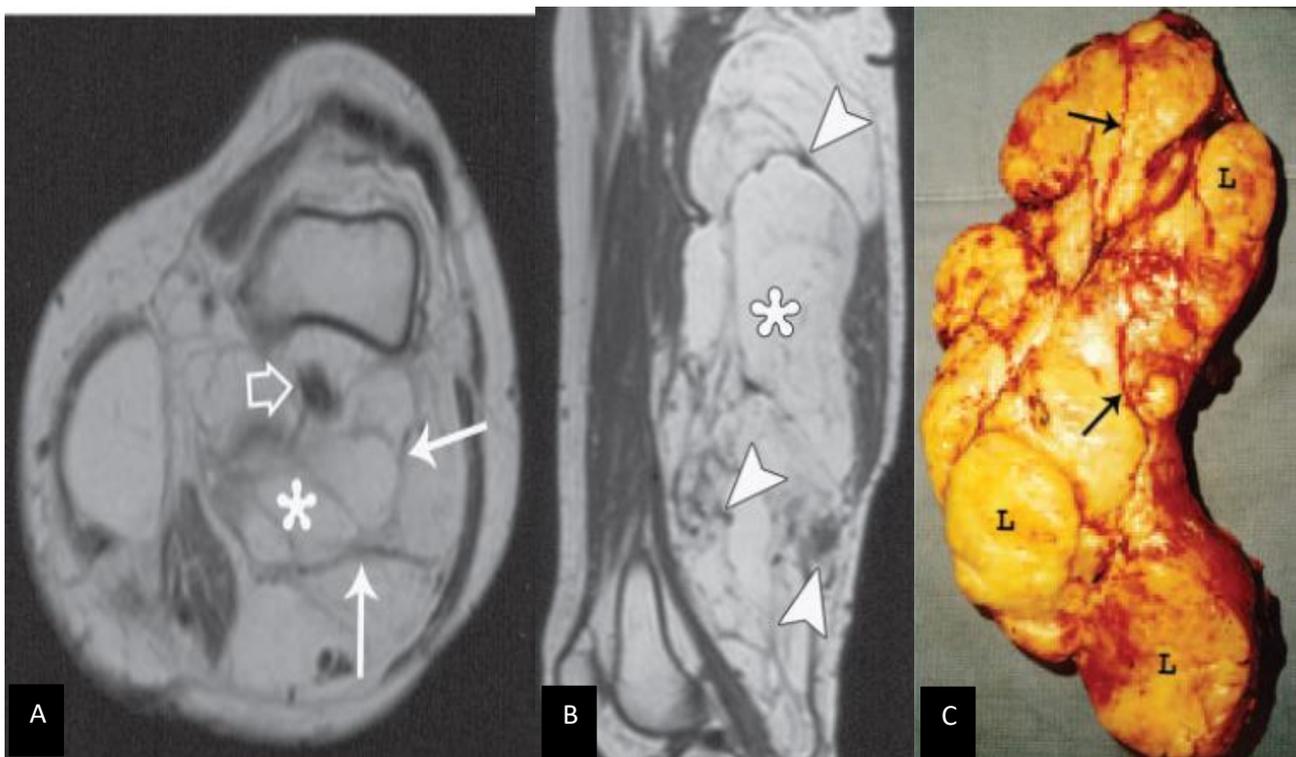


Figure 27: Liposarcome bien différencié [33]

A,B: Les images RM en coupes axiales (A) et sagittales (B), pondérées en T1, montrent une lésion adipeuse à forte intensité de signal qui implique les parties intramusculaires et intermusculaires du compartiment postérieur de la cuisse (*), et qui contient des septa épais (flèches pleines) et plusieurs zones nodulaires légère (pointes de flèche). L'image axiale révèle également l'encastrement du paquet neurovasculaire (flèche ouverte).

C: La photographie de la coupe de l'échantillon brut montre le tissu lipomateux jaune (L) et les septa multiples (flèches).

⇒ **Liposarcome dédifférencié** : [32],[33],[34]

Le diagnostic est évoqué devant des signes caractéristiques du LPS bien différencié associé ou juxtaposé à une masse non lipomateuse. Cette dernière est généralement d'aspect non spécifique contenant souvent des zones d'hémorragie et de nécrose alors que la composante grasseuse est peu abondante (< 25 % du volume de cette masse).

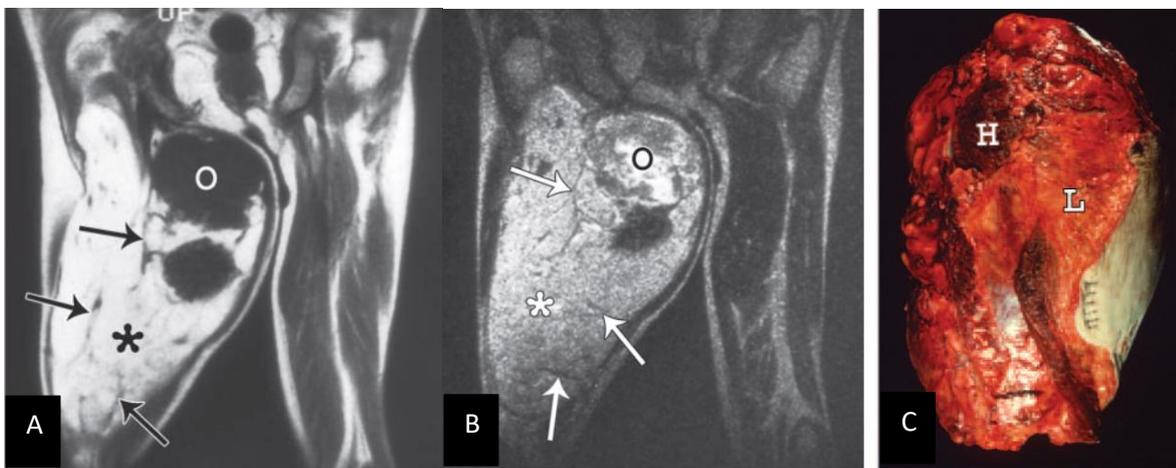


Figure 28: Liposarcome dédifférencié de la cuisse[34]

(A,B) Images sagittales pondérées T1- (a) et T2- (b), révèlent que la masse est composée en grande partie de tissu iso intense par rapport à la graisse sous-cutanée (*) mais contient également des septas épais (flèches). Il y a aussi un grand composant nodulaire non lipomateux (O) avec des caractéristiques de faible intensité de signal en pondération T1 et hétérogène d'intensité de signal intermédiaire à élevée en pondération T2.

(C) La photographie du spécimen brut réséqué montre une masse lipomateuse (L) avec une composante hémorragique nodulaire (H).

⇒ **Liposarcome myxoïde** : [32],[33],[34]

L'aspect du LPS myxoïde est souvent très évocateur, sous forme d'une masse bien définie, multi lobulaire, de siège intermusculaire, en hyposignal T1 et en hypersignal marqué en T2 par rapport au muscle adjacent en rapport avec le contingent myxoïde prédominant.

La présence de zones linéaires, dentelées ou parfois nodulaires en hypersignal T1, confère à la masse un aspect marbré discrètement hétérogène. En T2 la masse est en hypersignal alors que les zones linéaires sont en hyposignal. Ces zones s'effacent après saturation du signal de la graisse et correspondent à la composante lipomateuse de la tumeur. Ce tissu adipeux est très peu abondant (< 10 % du volume lésionnel), devant être bien recherché grâce à la comparaison des séquences T1 et T2 dans un même plan (de préférence axial) ainsi que des séquences avec suppression du signal de la graisse.

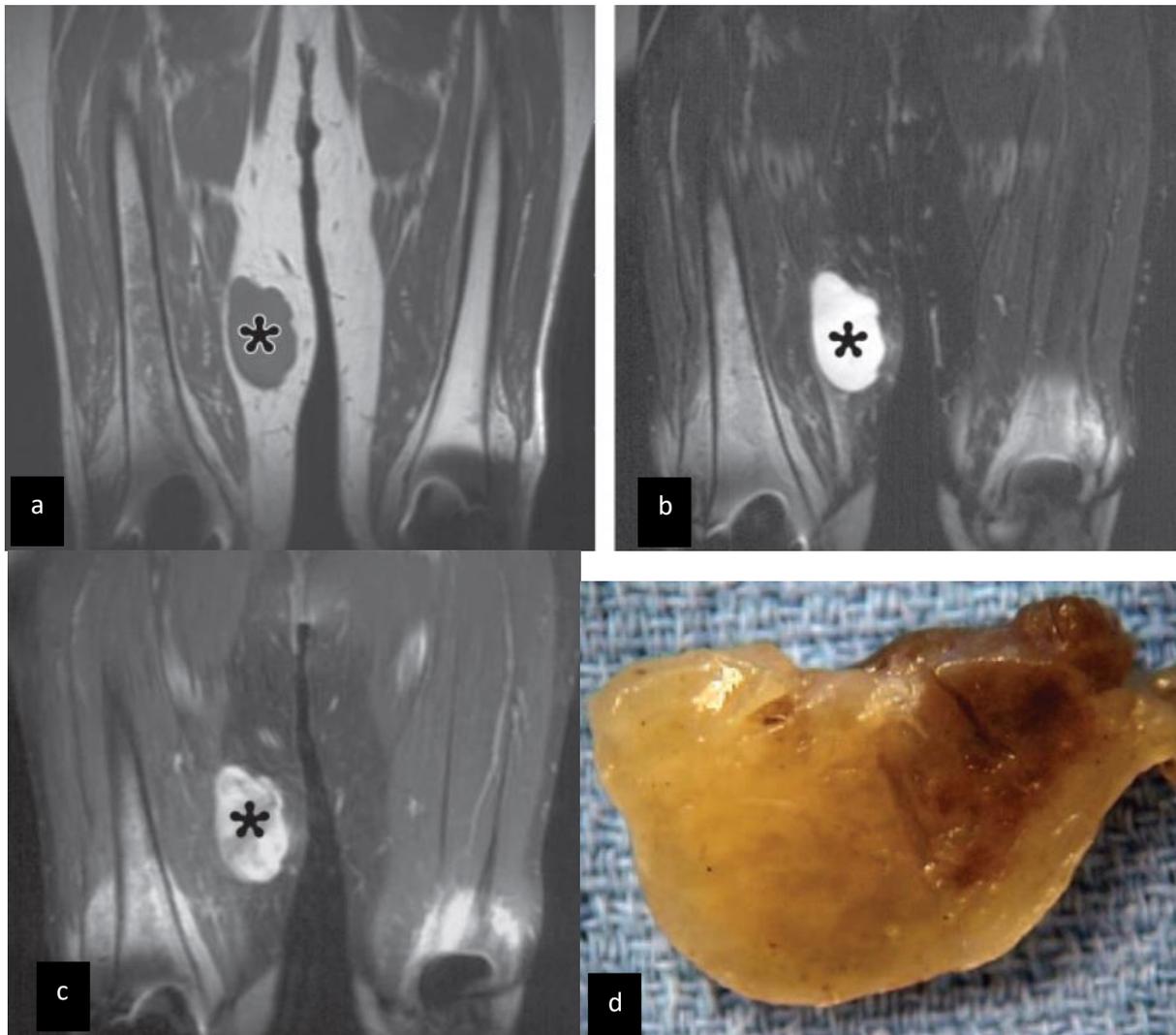


Figure 29: Liposarcome myxoïde simulant un kyste.[34]

(a, b) Image coronale pondérée en T1 (a) et pondérée T2 (b) montrent une masse homogène relativement bien définie (*) avec une intensité de signal faible à intermédiaire en pondération T1 et une intensité de signal élevée et homogène en pondération T2. Aucune graisse n'est apparente.

(c) Coronal T1-Image IRM avec suppression de la graisse avec contraste pondéré (c) démontre la nature solide non kystique de la masse (*), qui avait amélioration nodulaire périphérique à l'imagerie IRM (c)

(d) Photographie de la section axiale de l'échantillon brut révèle le liposarcome myxoïde solide mais gélatineux à haute teneur en eau.

vii. Les léiomyosarcomes : [35],[36]

Le léiomyosarcome naît des cellules musculaires lisses ou des cellules mésenchymateuses qui sont destinées à devenir des cellules musculaires lisses à l'avenir

À l'IRM, les caractéristiques d'imagerie de la SLM des extrémités ne sont pas spécifiques. Les lésions sont généralement iso intense par rapport au muscle sur les images pondérées en T1 et variablement hyper intense par rapport au muscle sur les images pondérées en T2, avec un rehaussement de contraste hétérogène et modéré.

Les léiomyosarcomes sont pour la plupart des tumeurs irrégulières, mal délimitées, sans membrane limitante. Les masses volumineuses présentent généralement une nécrose centrale et un rehaussement épais et irrégulier en forme de rebord après administration de produit de contraste à l'IRM, avec une atteinte osseuse dans 10 % des cas.

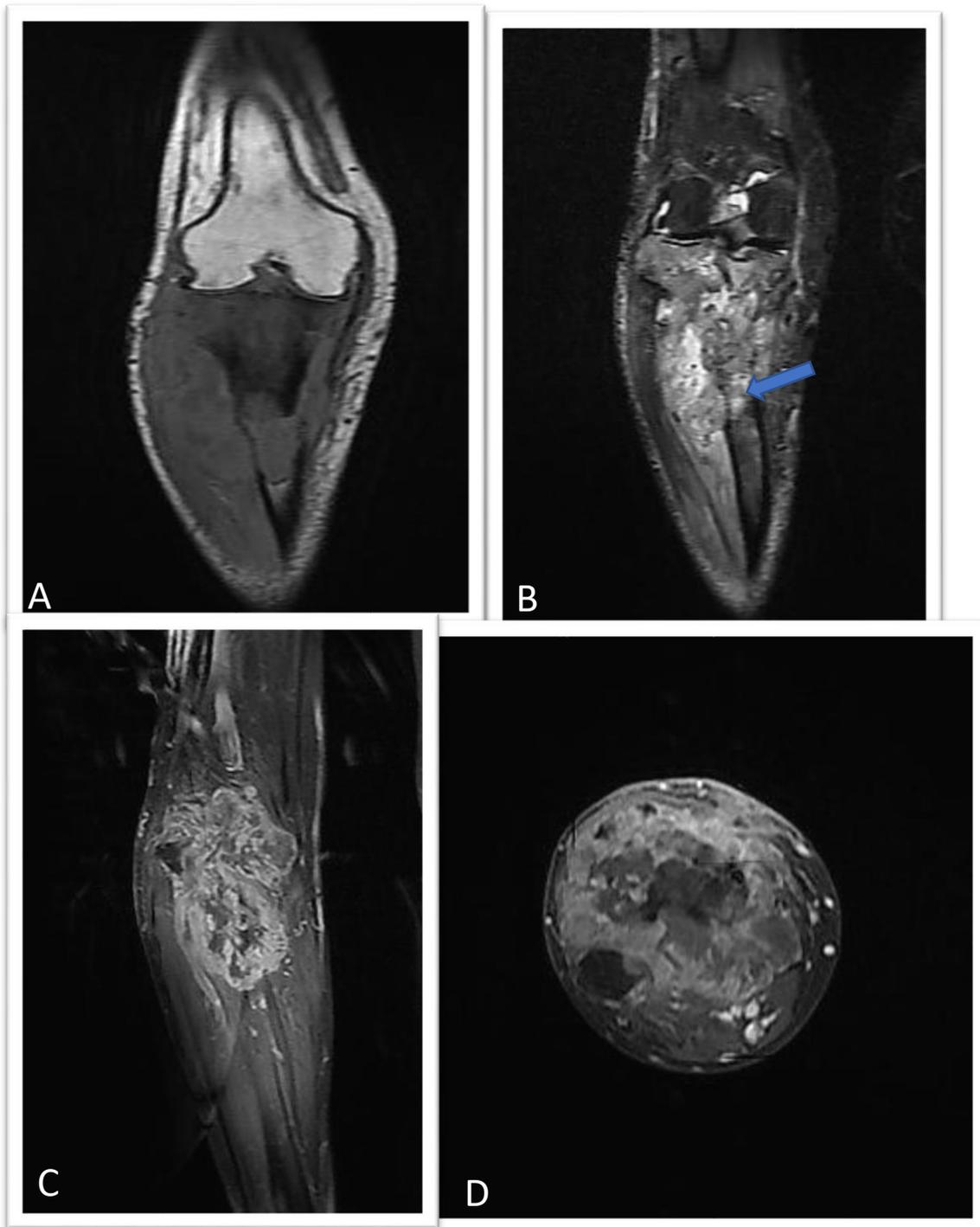


Figure 30 : Léiomyosarcome de la jambe droite avec envahissement osseux

A: image coronale T1, B: image coronal T2

C: image coronal T1 Fat-Sat, injectée, D: image axial T1 Fat-Sat, injectée,

Les images IRM montrent un processus tumoral des tissus mous du tiers supérieur de la jambe, circonscrivant le tibia avec **lyse de la corticale et envahissement médullaire (flèche bleue)**, ce processus est hypo intense en T1, hyper intense en T2 avec **rehaussement hétérogène**.

→Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

Les sarcomes synoviaux sont des masses multi lobulaires cloisonnées qui présentent un SI hétérogène en T1 et T2 avec un rehaussement hétérogène après injection du produit de contraste.

L'hétérogénéité est causée par des zones de nécrose, de calcification, de kystes et d'hémorragie au sein de la tumeur, décrivant le triple SI (SI est hypo-, iso- et hyper intense par rapport à la graisse) sur T2, qui n'est pas spécifique mais évocateur du diagnostic.

Une calcification est observée dans un tiers des cas. Des calcifications ou ossifications focales allant de fins pointillées à des calcifications marquées en périphérie de la lésion peuvent être trouvées. Des niveaux liquide-liquide peuvent être présents. Les lésions plus petites peuvent être bien circonscrites et homogènes et peuvent être confondues avec une masse kystique bénigne. Jusqu'à 20 % montrent une érosion ou une invasion de l'os adjacent.

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

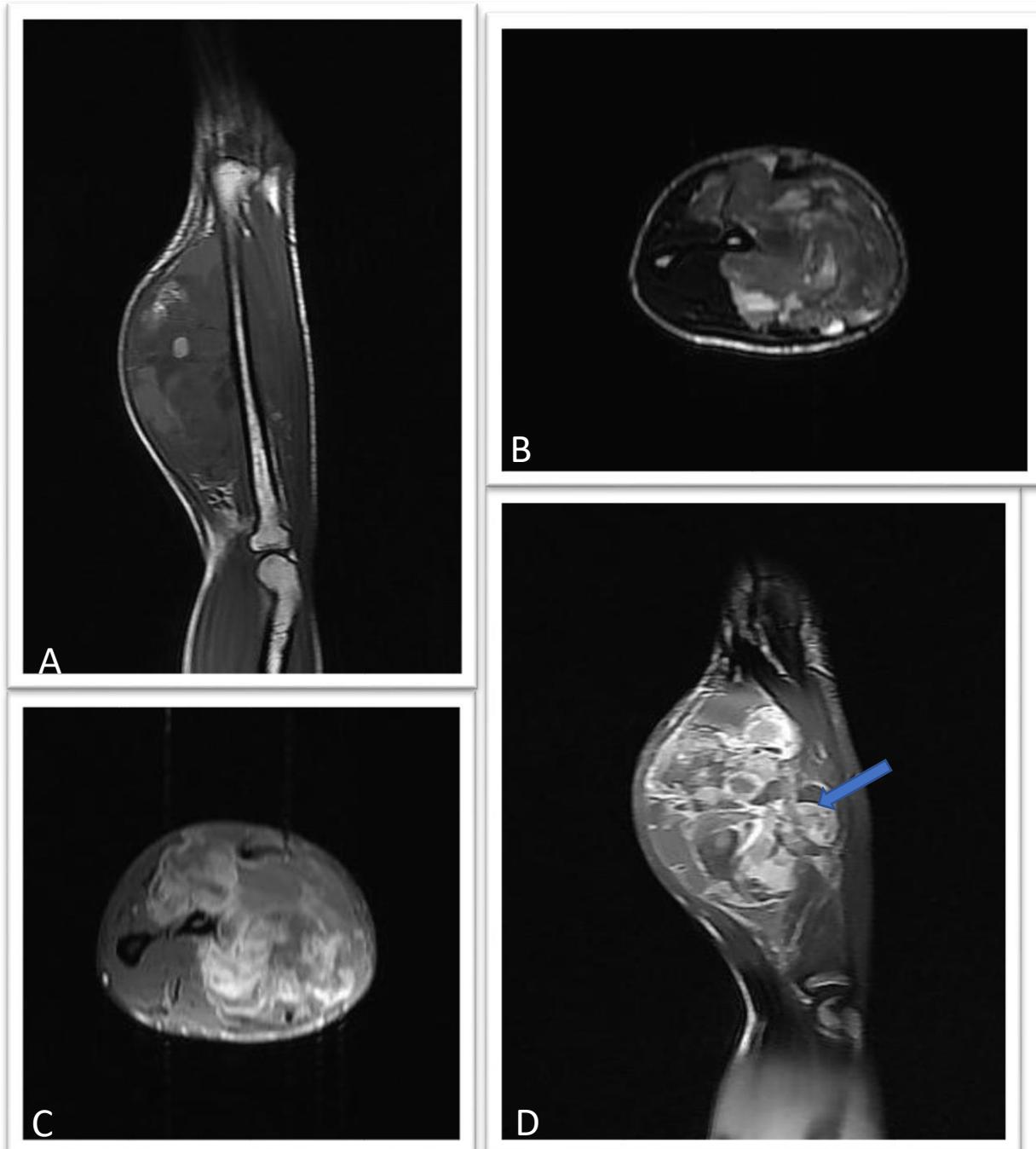


Figure 31: Synoviosarcome de l'avant-bras gauche avec des limites mal définies chez un patient âgé de 21 ans,

A: image coronale en T1, B: image axiale en T2,

C: image axiale en T1 FS, injectée, D: image coronale en T1 Fat-Sat, injectée,

Les images IRM montrent un processus tumoral de la loge antérieure et postéro-externe de l'avant-bras gauche, **mal limité, très hétérogène**, multiloculaire, avec contenu liquidien et niveau liquide-liquide (*flèche bleue*), spontanément hyper intense en T1, avec **engainement vasculaire et un contact circonférentiel avec le radius**, sans anomalie du signal de la cortical ni de la médullaire.

→ Iconographies du Service de Radiologie du Chu Hassan II Fès.

b. Approche du grade histologique par l'IRM

Les sarcomes des tissus mous (STS) comprennent un groupe hétérogène de néoplasmes malins qui présentent souvent un taux de mortalité élevé. Divers facteurs pronostiques ont été évalués dans le but de la planification thérapeutique. La chimiothérapie néo adjuvante est généralement incluse dans les plans de traitement pour les STS de haut grade, alors qu'elle ne l'est pas pour les tumeurs de bas grade[39], [40]. La prédiction préopératoire du grade tumoral s'avère essentielle pour planifier la stratégie du traitement.

La biopsie préopératoire en particulier radioguidée peut être utilisée pour diagnostiquer et classer les sarcomes des tissus mous. Cependant, les spécimens de biopsie ne peuvent pas représenter la totalité de la tumeur, par conséquent peut donc être limitée.

Yang et al ont découvert que les grades de tumeurs préopératoires évalués à l'aide de la biopsie étaient modifiés après la résection chirurgicale dans 5 des 66 sarcomes des tissus mous qu'ils ont étudiés.[41]

L'IRM représente la technique de référence pour l'évaluation préopératoire des STM, par sa haute résolution spatiale intrinsèque qui permet une évaluation optimale de l'extension de la tumeur et de ses relations avec les structures adjacentes. De plus, l'IRM est essentielle pour la stadification et l'évaluation du grade tumoral et doit être réalisée avant la biopsie. [7], [42],[43].

Parmi les critères étudiés pour l'évaluation du grade tumoral, on trouve :

ix. La taille tumorale :

La mesure de la tumeur est l'un des éléments clés de l'évaluation de l'imagerie oncologique.[44]

Tout d'abord, la stadification est généralement influencée par les mesures radiologiques, et les résultats influencent directement les algorithmes de diagnostic et de traitement. [44]

La taille de la tumeur est définie comme le plus grand diamètre de la tumeur, et peut être considérée comme un facteur prédictif de la mortalité liée à la tumeur lorsqu'une valeur seuil de 5 cm est considérée. C'est l'un des facteurs pronostiques les plus régulièrement rapportés, y compris pour la survie sans maladie et les métastases[44],[45],[46],[47].

Selon la littérature, les tumeurs d'au moins 5 cm de diamètre ont une survie globale plus faible et un risque plus élevé de récurrence et de métastases à distance[44],[45],[46],[47].

Selon une étude menée par Zhao et Al, la taille tumorale est considérée comme un critère de haut grade (0.004)[43].

Dans la série de Hong et Al, la taille tumorale n'était pas trouvée comme critère significatif ($p=0.696$) [7].

Dans notre étude, non plus, la taille tumorale, n'est pas liée à un haut grade, et ce bien que la taille tumorale était >5 cm pour 94.8% des cas.

Tableau XIV: Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre la taille tumorale et le grade histologique

Série	Taille de l'échantillon	La valeur p
Zhao et AL	95	0.004
Hong et Al	42	0.696
Notre étude	33	0.053

x. La localisation de la tumeur :

Le sarcome des tissus mous peut potentiellement se produire dans n'importe quel site anatomique du corps humain. Selon la dernière édition AJCC (American Joint Committee on cancer), 8^{ème} édition, une classification différente est envisagée en fonction de la localisation de la tumeur primaire.[5]

Quatre localisations tumorales sont décrites : extrémités et tronc, rétropéritoine, tête et cou, et sites viscéraux. [5]

En fait, dans la 8^{ème} édition de l'AJCC, l'un des principaux changements concerne la profondeur de la tumeur (superficielle ou profonde par rapport au fascia), qui n'est plus considérée comme un facteur de stadification. La différence en tant que pronostic entre les lésions superficielles et les lésions profondes peut être considérée comme liée à la facilité de diagnostic des lésions superficielles lorsqu'elles sont encore de petite taille[5].

Les études n'ont pas montré une corrélation entre la localisation et le sarcome de haut grade.

Dans notre étude également, on ne l'a pas trouvée comme critère de haut grade.

Tableau XV Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre la localisation tumorale et le grade histologique

Série	Taille de l'échantillon	La valeur p
Zhao et AL	95	0.30
Hong et Al	42	0.9
Notre étude	33	0.709

xi. Le rehaussement péri-tumoral :

Le rehaussement péri tumoral, défini comme le rehaussement de contraste à l'imagerie T1 après injection de gadolinium au-delà des limites apparentes de la tumeur sans effets de masse, est associé à l'infiltration des fascias, des muscles et de la graisse adjacente à la tumeur.[8], [42]

Dans un article récent, Hong et AL ont démontré que le rehaussement péri tumoral est plus corrélé aux sarcomes des tissus mous de haut grade qu'à ceux du bas grade ($p=0.019$). [7]

Une série récente et importante de Crombé et al, centrée sur les différents sous-types de STS, a révélé que le rehaussement péri tumoral à l'IRM, est le facteur le plus corrélé avec un grade histologique élevé ($p = 0,003$).[8]

Zhao et AL ont également trouvé dans leur étude, que le rehaussement péri tumoral est lié à un grade histologique élevé ($P<0.001$).[43]

Notre étude a également objectivé une association ente le rehaussement péri tumoral et le sarcome de haut grade ($p=0.03$).

Tableau XVI Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre le rehaussement péri tumoral et le grade histologique

Série	Taille de l'échantillon	La valeur p
Hong et Al	42	0.019
Crombé et Al	130	0.003
Zhao et AL	95	<0.001
Notre étude	33	0.03

xii. Les marges tumorales :

Sur les séquences IRM de base notamment le T1 et le T2 avec effacement du signal de la graisse, les tumeurs de haut grade ont généralement une marge mal définie, alors que les tumeurs de bas grade ont une marge bien définie.[42], [8]

Une étude menée par Liu et al. en 2008, a prouvé que le grade histologique du sarcome des tissus mous est étroitement lié à l'apparence de la marge ($P < 0,05$) [48]. L'analyse du caractère infiltrant vu à l'IRM est bien corrélée à l'analyse histologique comme l'a montré Fernebro, mais sous-estime dans 2/3 des cas le caractère micro-infiltrant vu à l'histologie.[49] Pierre-Jean Marcellin, dans son étude en 2017, a confirmé les résultats trouvés dans la littérature ($p = 0,0261$).[50]

Zhao et AL ont également trouvé une association entre des marges tumorales mal définies et un grade tumoral élevé ($p < 0.001$). [43]

Hong et al, dans leur série, ont prouvé que ce critère est associé à un haut grade ($p = 0.002$).[7]

Dans notre étude, les marges mal définies sont liées à un haut grade ($p = 0.03$).

Tableau XVII: Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre les marges tumorales mal définies et le grade histologique

Série	Taille de l'échantillon	La valeur p
Hong et Al	42	0.002
Pierre-Jean Marcellin	128	0.0261
Zhao et AL	95	<0.001
Liu et AL	59	<0.05
Notre étude	33	0.03

xiii. L'œdème tumoral :

Liu et Al, dans son article, utilisant uniquement des critères morphologiques sans injection de chélates de Gadolinium, a montré que l'œdème péri-tumoral était corrélé au grade histologique, en étant plus fréquent mais non statistiquement associé aux tumeurs de haut grade. [48]

Dans son étude, Zhao identifie l'œdème comme facteur prédictif pour différencier les tumeurs de grade 1 des autres, cependant il n'évalue pas l'importance de l'œdème.[43]

Dans l'étude de Pierre-Jean Marcellin, un œdème péri-tumoral important est significativement associé aux sarcomes de grade 3. Ce critère n'est pas indépendant lors de son analyse multi variée en raison de son association avec le rehaussement du signal de l'œdème péri-tumoral, les deux patterns étant un critère de haut grade ($p = 0,0036$).[50]

Crombé et AL ont démontré que la présence d'un œdème péri tumoral extensive est associée à un grade élevé ($p=0.002$).

Cependant dans la série de Hong et Al, une corrélation entre ce critère est le haut grade n'a pas été prouvée ($p=0.18$).

Dans note étude, on a trouvé que l'œdème péri tumoral est fortement corrélé à un grade élevé ($p=0.009$).

Tableau XVIII: Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre l'œdème péri-tumoral et le grade histologique

Série	Taille de l'échantillon	La valeur p
Zhao et AL	95	0.025
Pierre-Jean Marcellin	128	0.0036
Hong et Al	42	0.180
Crombé et AL	130	0.002
Notre étude	33	0.009

xiv. Le signal en T1 et T2 :

Les études n'ont pas montré de critère concernant l'intensité du signal en T1 ou en T2 permettant de pouvoir différencier les sarcomes non-grade 3 des sarcomes de haut grade. [51]

Dans notre étude, on a trouvé le même résultat.

xv. Le rehaussement tumoral :

Le rehaussement tumoral n'a pas été prouvé comme critère de haut grade selon les études précédentes. [8],[7], [43].

Dans notre étude, ce paramètre n'est pas associé à un haut grade.

xvi. L'hétérogénéité du signal en T2 :

L'hétérogénéité de la matrice tumorale en séquence de pondération T2 est un est un critère prédictif de haut grade en analyse uni variée [50]. Dans la littérature Zhao retrouve également l'hétérogénéité du signal de la tumeur en séquence de pondération T2 comme critère prédictif en analyse uni variée dans la distinction entre les tumeurs de bas grade et les tumeurs de grade intermédiaire et de haut grade.[43]

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

Dans l'étude faite par Pierre-Jean Marcellin, l'hétérogénéité de la matrice tumorale $\geq 50\%$ de la surface tumorale complète les données de Zhao dans la différenciation entre tumeurs non-grade 3 et grade 3 ce d'autant plus que ce critère possède une bonne reproductibilité inter observateur avec un coefficient de Kappa de 0,84. Cependant ce critère n'est pas significatif en analyse multi variée.[50]

Crombé et Al, ont prouvé qu'une intensité de signal hétérogène en T2 supérieure ou égale à 50% est associée à un grade III ($p=0.04$).[8]

Cependant, dans la série du Hong et AL, ce critère n'était pas lié à un haut grade ($p=0.298$). [7]

Dans notre étude ce critère n'est pas significatif ($p=0.053$).

Tableau XIX: Tableau récapitulatif montrant la corrélation entre l'hétérogénéité du signal tumoral en T2 et le grade histologique

Série	Taille de l'échantillon	La valeur p
Crombé et AL	130	0.04
Hong et Al	42	0.298
Pierre-Jean Marcellin	128	0.57
Notre étude	33	0.053

En conclusion, les critères de haut grade trouvés dans notre étude, sont proche avec les résultats trouvés dans les études précédentes en ce qui concerne : l'œdème péri tumoral, les marges tumorales mal définies et le rehaussement péri tumorale. Par ailleurs, ils sont différents pour la taille tumorale et l'hétérogénéité du signal en T2.

Le tableau suivant résume la comparaison des critères entre les études précédentes et la nôtre.

Tableau XX: tableau récapitulatif de la comparaison des critères de haut grade entre la littérature et notre étude

Critère de haut grade	Etude	P value
La taille tumorale	Zhao et AL	0.004
	Hong et Al	0.696
	Notre étude	0.053
Le rehaussement péri tumoral	Hong et Al	0.019
	Crombé et Al	0.003
	Zhao et AL	<0.001
	Notre étude	0.03
L'œdème péri tumoral	Zhao et AL	0.025
	Pierre-Jean Marcellin	0.0036
	Hong et Al	0.180
	Crombé et AL	0.002
	Notre étude	0.009
L'hétérogénéité du signal en T2	Crombé et AL	0.04
	Hong et Al	0.298
	Pierre-Jean Marcellin	0.57
	Notre étude	0.053
Les marges tumorales mal définies	Hong et Al	0.002
	Pierre-Jean Marcellin	0.0261
	Zhao et AL	<0.001
	Liu et AL	<0.05
	Notre étude	0.03

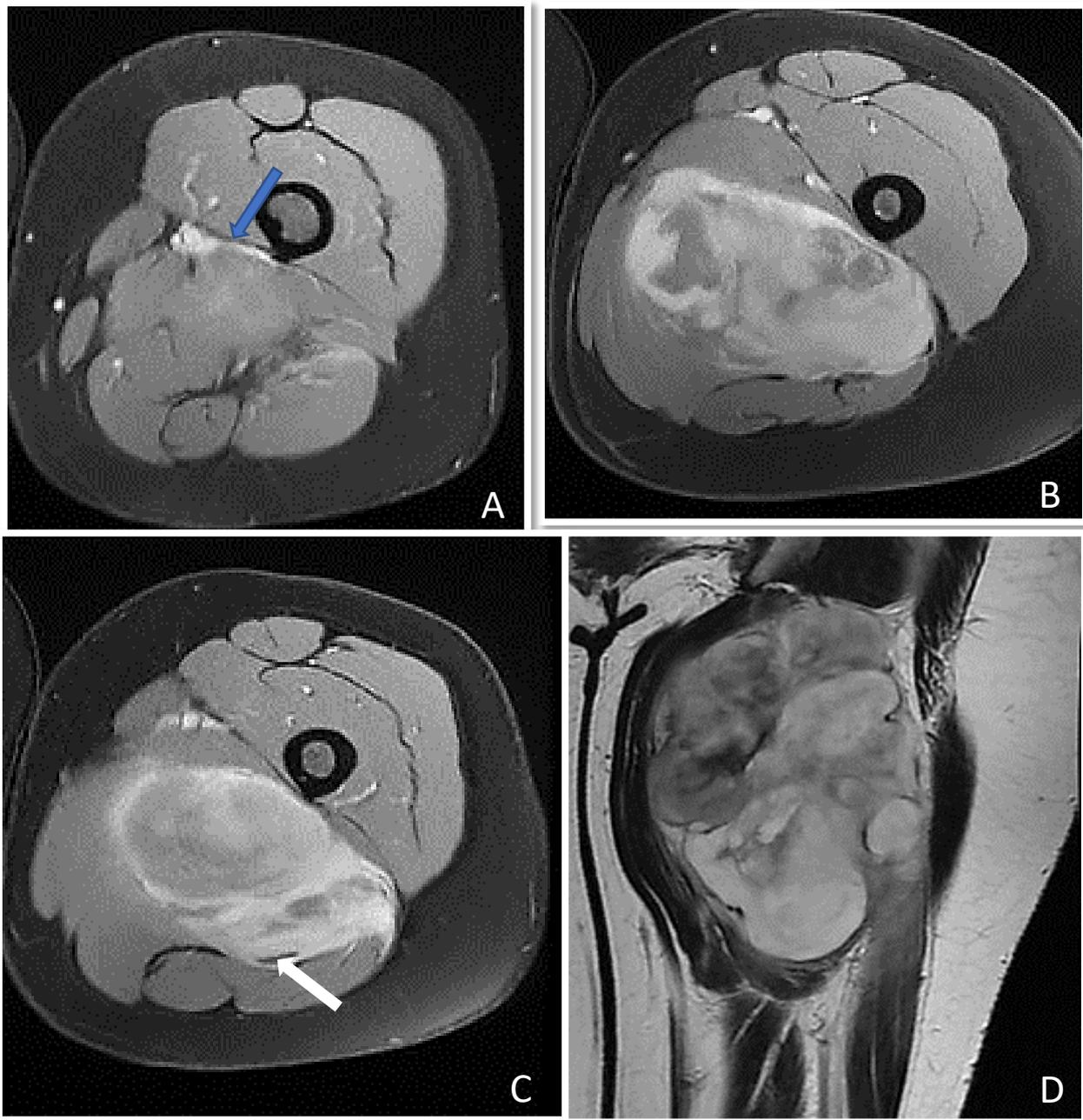


Figure 32: IRM d'un processus tumoral de la cuisse gauche chez une femme de 40 ans avec envahissement des fascias et du nerf sciatique

A,B,C: images axiales en T1 Fat-Sat, injectée,

D : image coronale en T2

Les images IRM montrent une volumineuse masse tumorale du compartiment postérieur de la cuisse centrée sur le muscle grand adducteur présentant un signal myxoïde. Cette masse est **hétérogène** et **mal limitée** avec des extensions de la prise de contraste dans les **fascias de voisinage** (*flèche bleue*), notamment celle du biceps fémoral et autour du **nerf sciatique** (*flèche blanche*).

→ Type histologique : **sarcome indifférencié à cellules pléomorphe**.

→ **Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.**

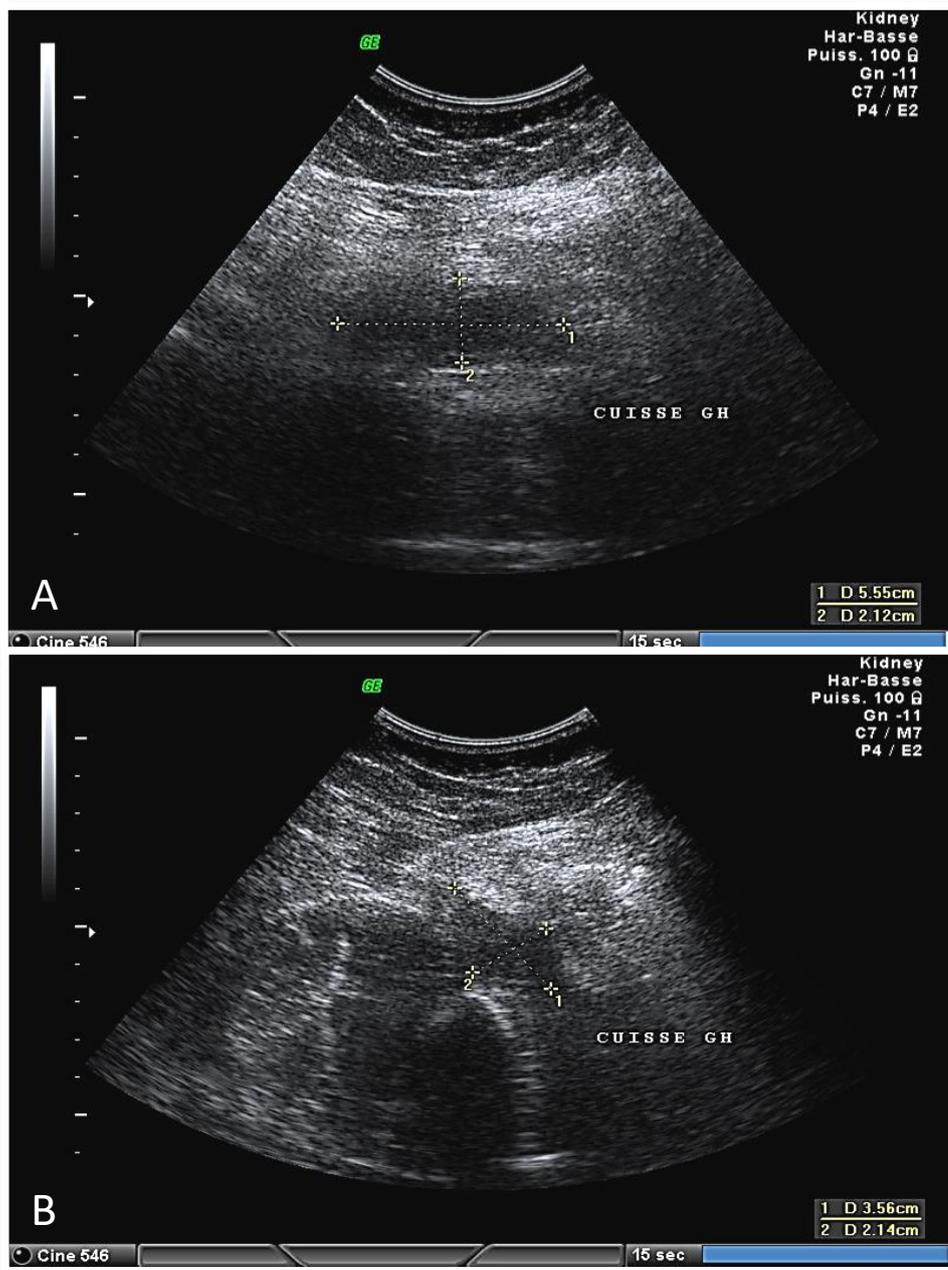


Figure 33: Images échographiques de la même patiente objectivant une récurrence tumorale

Images échographiques en coupe longitudinale (A) et en coupe transversale (B), montrent un processus tissulaire de topographie profonde au contact de la face postérieure du fémur.

→ La biopsie ayant confirmé la récurrence tumorale.

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

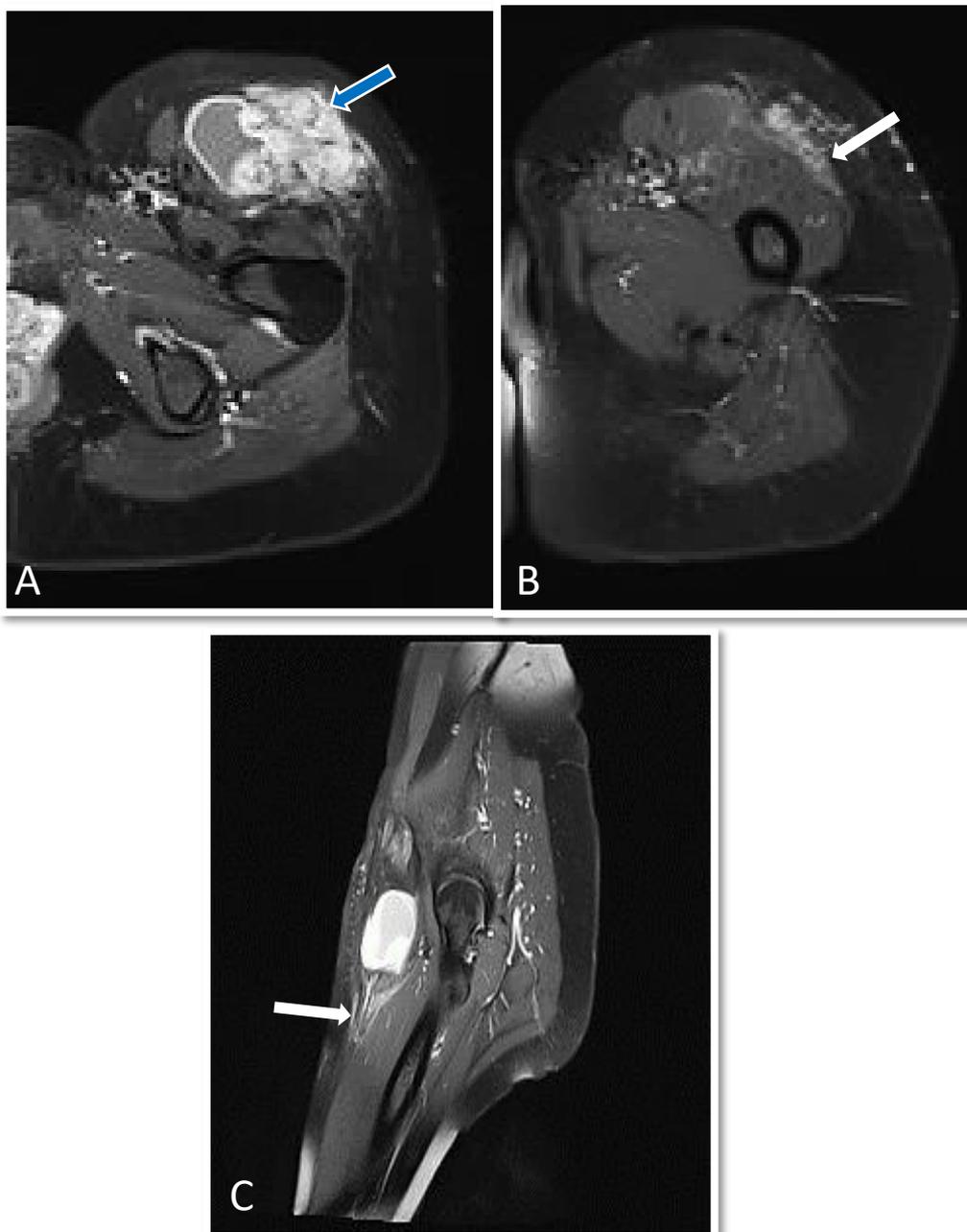


Figure 34: IRM d'un processus de haut grade chez une femme de 42 ans présentant une masse antérieure de la cuisse gauche

Les images IRM en coupes axiales (A,B) et sagittales (C), en T1 Fat-Sat injectées montrent: une masse tissulaire de la région antérieure de la racine de la cuisse gauche (*flèche bleue*) au dépend du muscle tenseur du fascia lata, **hétérogène**, de **contours irréguliers**, avec **rehaussement des fascias** (*flèche blanche*) des muscle sartorius et du vaste intermédiaire.

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

2. Rôle de l'imagerie dans les prélèvements biopsiques :

La biopsie d'une tumeur représente une étape cruciale dans le diagnostic histologique. De nos jours, la biopsie guidée par l'imagerie est le gold standard de la pratique. Dans le cadre des sarcomes, la planification de la biopsie doit être multidisciplinaire incluant le chirurgien, l'anatomopathologiste et le radiologue afin de convenir le trajet de la biopsie, et le contingent à biopsier le plus péjoratif.

Les règles qui régissent cette biopsie ont pour objectif d'éviter l'ensemencement tumoral trans-compartimental sur le trajet de biopsie et ainsi d'élargir la zone de résection chirurgicale, d'obtenir la meilleure représentation histologique de la tumeur[52]. Il faut ainsi :

- Avoir une imagerie pré-biopsique permettant de définir les zones tissulaires et d'éviter les zones tumorales nécrotique ou hémorragique.
- Effectuer les prélèvements avec une coaxiale afin d'éviter les ensemencements sur trajet.
- S'assurer que le trajet de biopsie est inclus dans le champ d'exérèse tumorale.
- Le choix de gauge de l'aiguille (diamètre du trocart de biopsie) dépend de la profondeur de la lésion, de sa taille, de la zone anatomique et des rapports anatomiques de la lésion avec des organes nobles. Il doit permettre de limiter les lésions traumatiques de vaisseaux et nerfs environnants. [31]

Les biopsies guidées par l'imagerie ont peu de complications et ont une efficacité diagnostique de 94.7% pour la biopsie échoguidé et 95.7% pour la scano-guidées [53].

Les biopsies chirurgicales sont indiquées en cas d'échec de biopsie imagerie-guidées ou de l'absence de concordance anatomo-radiologique. Elles présentent plus de complications, sont plus coûteuses mais ont une efficacité diagnostique de 100% dans le diagnostic de malignité, du type histologique et du grade histologique[54].

La biopsie-exérèse est acceptable uniquement pour les lésions superficielles de taille inférieure à 3 cm[52].

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

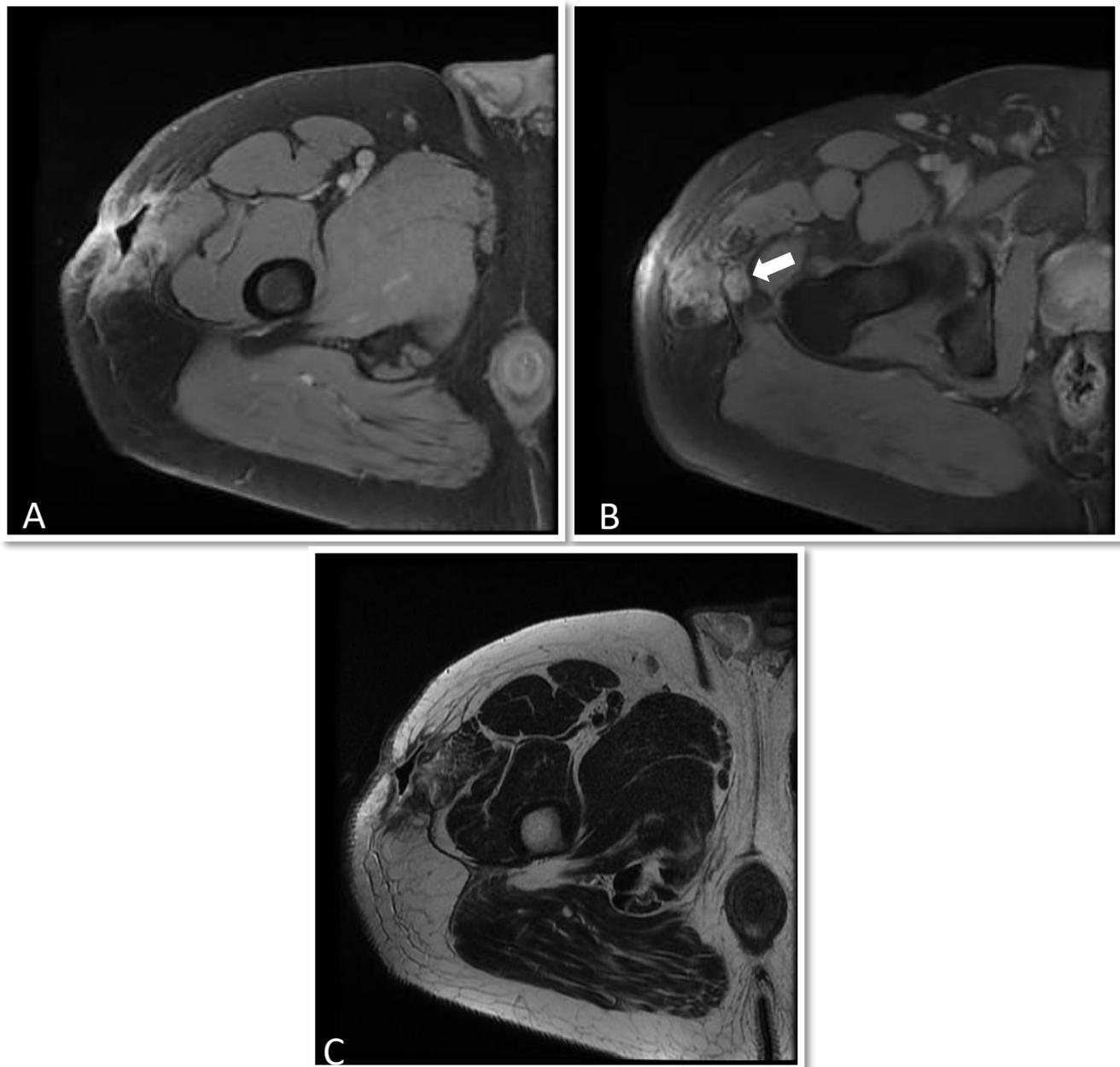


Figure 35: Tentative d'exérèse non consensuelle qui a induit une progression tumorale.

A,B: images axiales en T1 Fat-Sat, injectée,

C: image axiale en T2,

Les images IRM montrent un Processus tumoral **très mal limité et infiltrant** de la région trochantérienne droite (muscle tenseur du fascia lata) avec **des spicules** envahissant la graisse sous cutanée, les fascias musculaires de voisinage et des nodules de perméation (*flèche blanche*) de situation plus profonde témoignant de la progression tumorale induite par le geste.

→ Type histologique : **chondrosarcome myxoïde extra squelettique.**

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

IV. L'imagerie dans le bilan d'extension

1. Bilan loco-régional

Le bilan locorégional au sein des parties molles et de la médullaire osseuse est l'apanage de l'IRM. La TDM permet quant à elle l'analyse des corticales osseuses adjacentes. L'objectif de ce bilan est de définir la résecabilité de la masse tumorale, la chirurgie étant le traitement standard des sarcomes non métastatiques.

Les éléments à faire ressortir sont ceux permettant la classification TNM des sarcomes, mais également l'extension du rehaussement et de l'œdème péri-lésionnel, l'envahissement vasculo-nerveux, osseux, extra-compartimental, les rapports entre tumeur et les barrières anatomiques (fascia, tendon, capsule articulaire, cartilage, périoste)

Tableau XXI: Classification TNM et staging des sarcomes des parties molles [52]

T—primary tumour					
TX	Primary tumour cannot be assessed				
T0	No evidence of primary tumour				
<i>Extremity and superficial trunk</i>					
T1	Tumour 5 cm or less in greatest dimension				
T2	Tumour more than 5 cm but no more than 10 cm in greatest dimension				
T3	Tumour more than 10 cm but no more than 15 cm in greatest dimension				
T4	Tumour more than 15 cm in greatest dimension				
<i>Retroperitoneum</i>					
T1	Tumour 5 cm or less in greatest dimension				
T2	Tumour more than 5 cm but no more than 10 cm in greatest dimension				
T3	Tumour more than 10 cm but no more than 15 cm in greatest dimension				
T4	Tumour more than 15 cm in greatest dimension				
<i>Head and neck</i>					
T1	Tumour 2 cm or less in greatest dimension				
T2	Tumour more than 2 cm but no more than 4 cm in greatest dimension				
T3	Tumour more than 4 cm in greatest dimension				
T4a	Tumour invades the orbit, skull base or dura, central compartment viscera, facial skeleton, and/or pterygoid muscles				
T4b	Tumour invades the brain parenchyma, encases the carotid artery, invades prevertebral muscle or involves the central nervous system by perineural spread				
<i>Thoracic and abdominal viscera</i>					
T1	Tumour confined to a single organ				
T2a	Tumour invades serosa or visceral peritoneum				
T2b	Tumour with microscopic extension beyond the serosa				
T3	Tumour invades another organ or macroscopic extension beyond the serosa				
T4a	Multifocal tumour involving no more than two sites in one organ				
T4b	Multifocal tumour involving more than two sites but not more than five sites				
T4c	Multifocal tumour involving more than five sites				
N—regional lymph nodes					
NX	Regional lymph nodes cannot be assessed				
N0	No regional lymph node metastasis				
N1	Regional lymph node metastasis				
M—distant metastasis					
M0	No distant metastasis				
M1	Distant metastasis				
Stage—extremity and superficial trunk and retroperitoneum					
Stage IA	T1	N0	M0	G1, GX Low Grade	
Stage IB	T2, T3, T4	N0	M0	G1, GX Low Grade	
Stage II	T1	N0	M0	G2, G3 High Grade	
Stage IIIA	T2	N0	M0	G2, G3 High Grade	
Stage IIIB	T3, T4	N0	M0	G2, G3 High Grade	
Stage IIIB	Any T	N1 ^a	M0	Any G	
Stage IV	Any T	Any N	M1	Any G	

i. Sémiologie de l'extension locorégional des sarcomes des tissus mous en**IRM :**

L'évaluation locale des sarcomes des tissus mous est basée sur la localisation de la lésion, la taille de la lésion, l'importance de l'œdème péri tumoral, l'étendue de la masse, l'atteinte neurovasculaire, l'extension à l'os sous-jacent ou l'articulation adjacente.

Certains tissus constituent des barrières naturelles à l'extension tumorale délimitant ainsi divers espaces anatomiques appelés compartiments et sont :

- ✓ Les fascias intermusculaires,
- ✓ Les insertions tendineuses,
- ✓ Les capsules articulaires,
- ✓ Le cartilage articulaire,
- ✓ L'os cortical
- ✓ Le périoste

Une tumeur intra compartimentale est une tumeur limitée à l'un de ces espaces. Elle est de meilleur pronostic qu'une lésion qui a franchi ces barrières (extra compartimentale).

L'IRM est très sensible et spécifique dans la prédiction de l'invasion des os, ainsi que de l'envahissement des artères, des veines et des nerfs, et est modérément sensible mais hautement spécifique dans le diagnostic de l'invasion des articulations [55], [56].

ii. Envahissement osseux : [57],[55],[58],[59]

L'envahissement de os est rare. Cependant, il est corrélé à un taux élevé de décès liés à la maladie.

Les signes IRM évalués comprennent :

- La présence **du contact osseux ou « la butée osseuse » par la tumeur**, seul n'est pas suffisant pour le diagnostic de l'invasion osseuse :
 - ✓ Sur les images pondérées en T1, il paraît sous forme d'une perte de l'interface normale des tissus mous entre la masse tumorale et le cortex adjacent. Le pilier osseux est considéré comme absent si une interface de tissu complètement normale était observée entre la tumeur et la corticale adjacente.
 - ✓ Si aucune butée osseuse n'était évidente sur les images pondérées en T1, des images pondérées en T2 peuvent déterminer si un œdème péri tumoral ou un changement réactif s'étendent à la surface corticale.
 - ✓ L'œdème péri tumoral et les changements réactifs sont identifiés en T2 comme des régions où l'intensité du signal des tissus mous est augmentée, avec des marges mal définies et sans effet de masse ou de distorsion de l'interface tissu mou, et ce sans correspondance sur les images pondérées en T1.
- Quand la butée osseuse est présente, **son étendue** est déterminée en mesurant son diamètre maximal sur les images RM. De plus, dans les lésions impliquant des os longs, l'étendue maximale du pilier circonférentiel est évaluée comme étant inférieure à 25%, 25%–50% ou plus de 50% de la circonférence totale de l'os adjacent.

- **La modification de l'intensité du signal cortical** est définie comme une augmentation de l'intensité du signal dans l'os cortical normalement hypo intense. La modification de l'intensité du signal cortical adjacent à la tumeur est évaluée sur des images transversales et longitudinales pour éviter les diagnostics faussement positifs résultant d'une moyenne partielle du volume le long des marges corticales obliques, ainsi que pour faciliter l'identification des vaisseaux nutritifs.
- **La destruction corticale** est définie comme un défaut de l'os cortical adjacent à la tumeur. Toutes les images sur lesquelles une destruction corticale est identifiée présentent également une modification de l'intensité du signal cortical, alors que toutes les images présentant un changement d'intensité du signal cortical n'indiquent pas une destruction corticale, car certains changements d'intensité du signal sont dus à une infiltration de cellules malignes dans le cortex sans érosion ou destruction corticale évidente.
- **Le changement d'intensité du signal médullaire** sur les images pondérées en T1 est défini comme le remplacement focal du signal normalement élevé de la moelle osseuse par un signal de faible intensité dans la médulla adjacente à la tumeur.
- **Le changement d'intensité du signal médullaire** sur les images pondérées en T2 est défini comme remplacement focal de l'intensité du signal normal de la moelle osseuse (qui peut être intermédiaire ou faible, selon que la suppression l'utilisation ou non de la suppression des graisses) par une intensité de signal élevée.

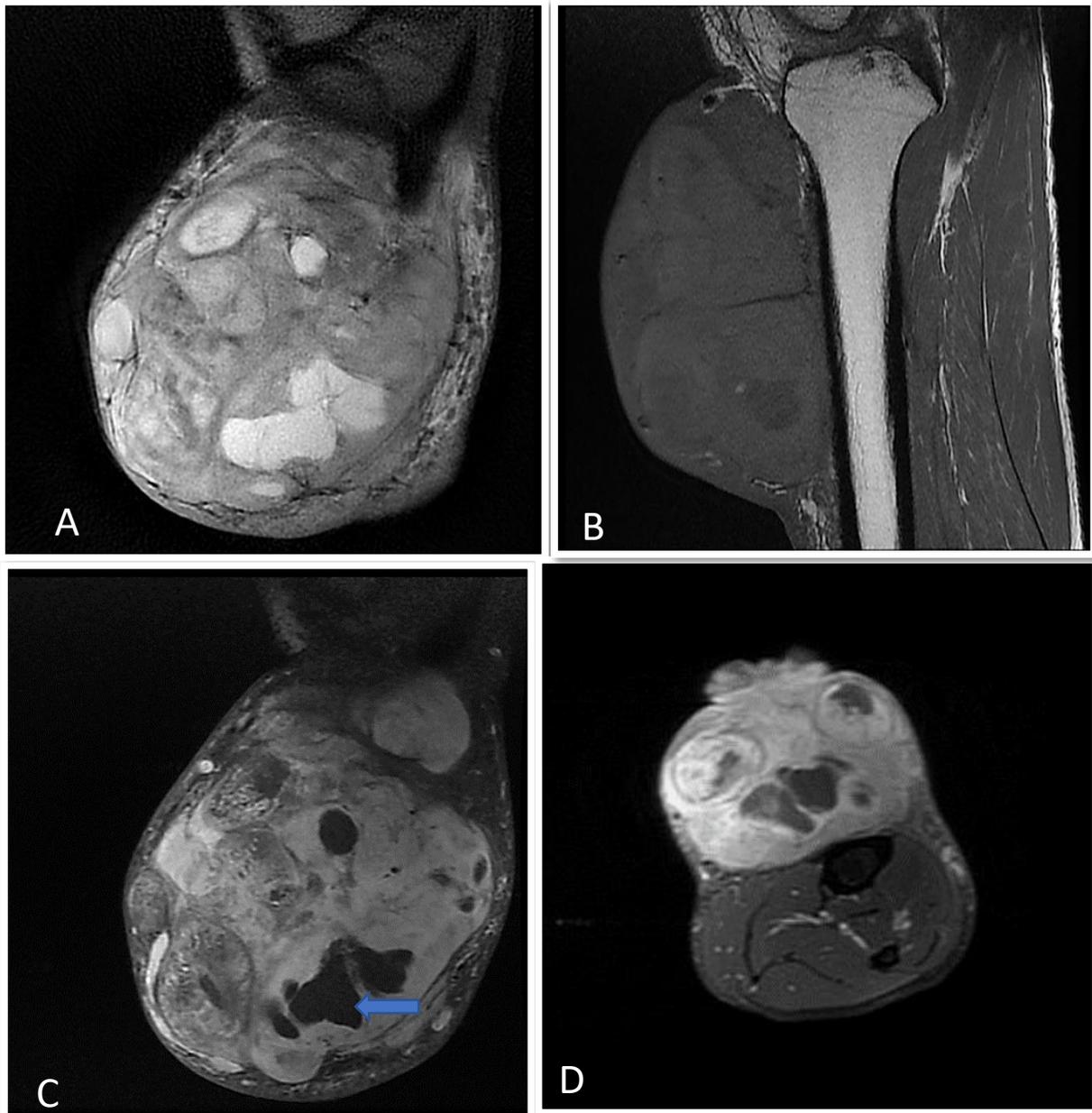


Figure 36: Sarcome à cellule fusiforme de la jambe gauche présentant un contact osseux sans envahissement.

A: image coronale en DP, B: image sagittale en T1,
C: image coronale en T1 injectée, D: image axiale en T1, injectée.

Les images IRM montrent une masse tumorale de la loge antérieure de la jambe venant au contact de la corticale osseuse avec préservation de l'hyposignal cortical, la masse est **très hétérogène** comportant des **zones de nécrose** (*flèche bleue*).

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

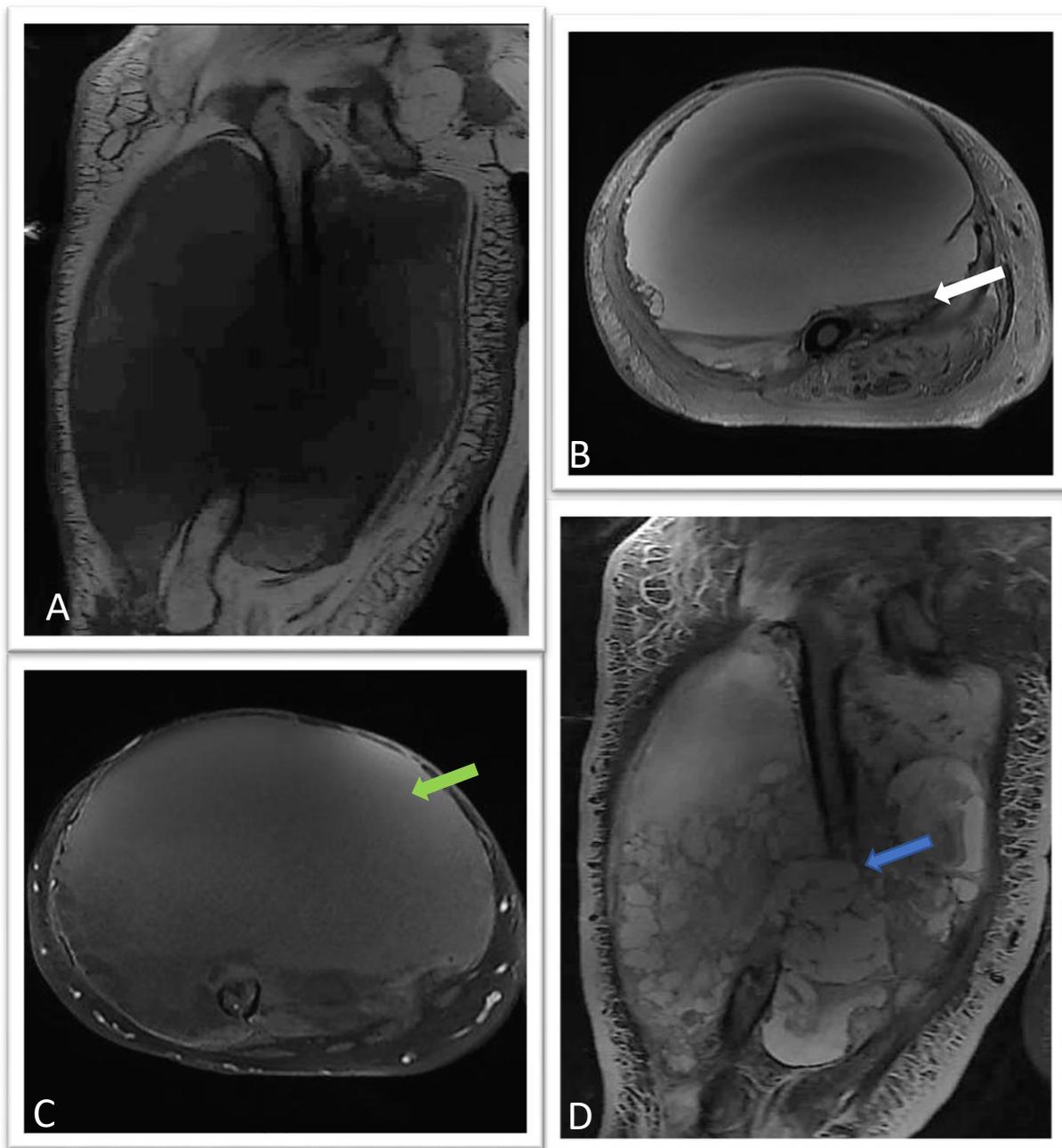


Figure 37: Léiomyosarcome pléomorphe de la cuisse droite présentant une extension osseuse,

A: image coronale en T1, B: image axiale en T2,

C: image axiale en T1Fat-Sat, injectée, D: image coronale STIR.

Les images IRM montrent un processus tumoral de la cuisse droite engainant le **fémur qui est lysé par endroit** avec fracture pathologique (*flèche bleue*), la masse est **très hétérogène**, avec un contingent tissulaire postérieure (*flèche blanche*), et liquidien antérieure hémorragique (*flèche verte*).

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

iii. Envahissement des structures neuro-vasculaire :[58], [55],[59]

Pour analyser l'encastrement potentiel des artères, des veines et des nerfs, il faut chercher une relation spatiale entre la tumeur et le vaisseau ou le nerf majeur, c'est-à-dire, si la distance entre la tumeur et la structure neurovasculaire de 5 mm ou moins. Si c'est le cas, l'étendue du contact entre la tumeur et la circonférence des vaisseaux est classée en utilisant une cinq points

- ✓ Aucun contact [c'est-à-dire l'interposition de tissu entre la tumeur et le vaisseau ou nerf],
- ✓ Un contact $\leq 90^\circ$,
- ✓ Un contact entre $91^\circ-180^\circ$,
- ✓ Un contact entre $181^\circ-270^\circ$
- ✓ Un contact $\geq 271^\circ$.

Dans la plupart des études, les structures neurovasculaires sont considérées comme étant envahies lorsqu'un plan de graisse ou de tissu entre la tumeur et le faisceau neurovasculaire est absent, et avec un encastrement d'au moins la moitié de la circonférence de la structure.

Ces éléments sont recherchés sur des images axiales pondérées en T2 et des images axiales, renforcées par un produit de contraste, en T1 saturées.

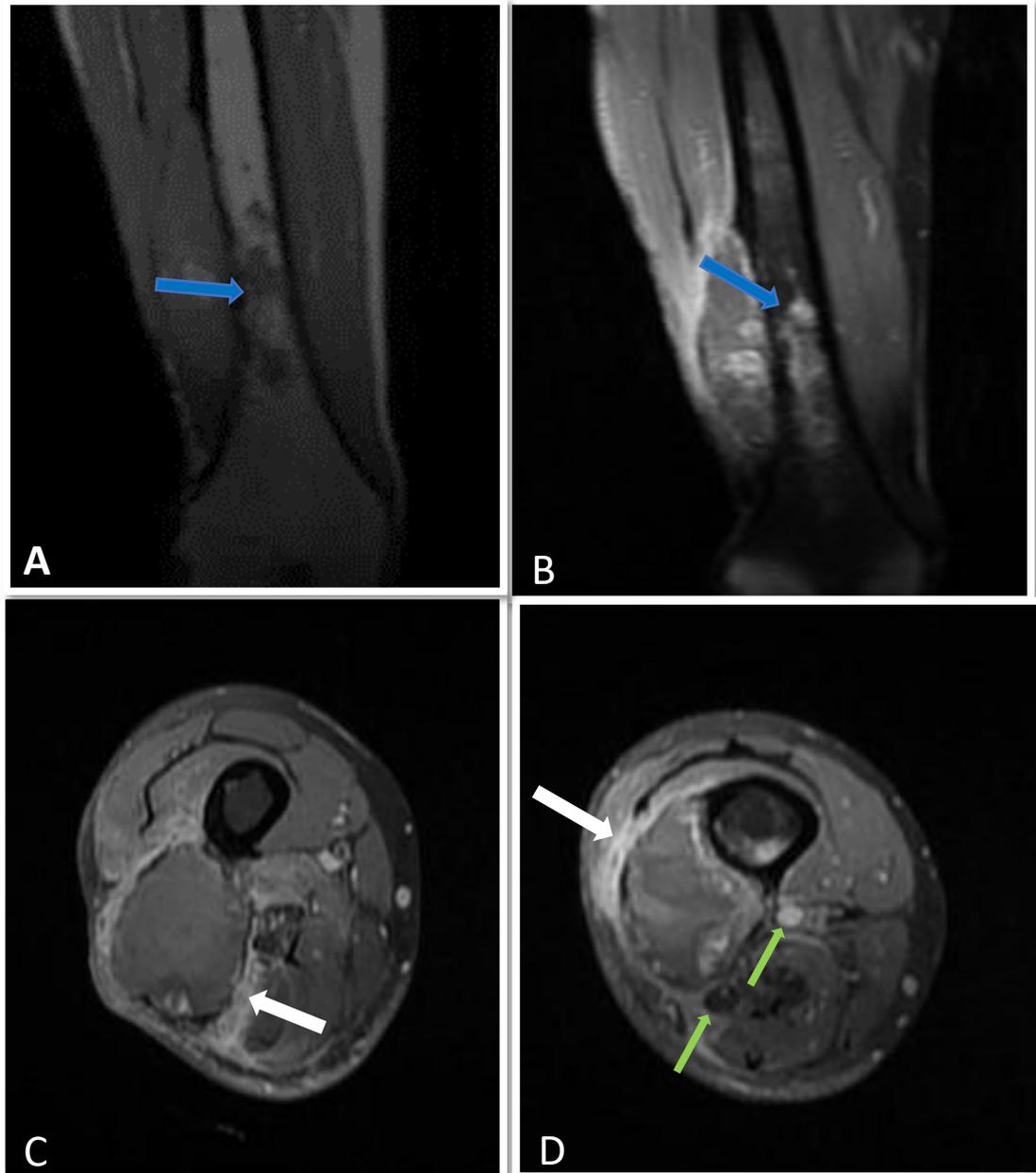


Figure 38: Rhabdomyosarcome pléomorphe de la cuisse droite présentant une extension osseuse et vasculo-nerveuse,

A,B: images coronales en T1 avant(A) et après (B) injection du produit de contraste,

C,D: images axiales en T1 après injections du produit de contraste,

Les images IRM montrent un processus tumoral de la loge postéro-latérale de la cuisse droite (muscle biceps fémoral). Cette masse est **mal limitée**, multiloculaire et **hétérogène**, elle vient au contact avec **lyse partielle de la corticale** du fémur, elle s'associe à une **infiltration de la moelle osseuse** (*flèches bleues*) et induit une **infiltration des fascias antérieurs** (des muscles vastes intermédiaires et latérales) et postérieurs des semi-tendineux (*flèches blanches*). Cette infiltration fasciale **engaine le pédicule fémoral profond et le nerf sciatique** (*flèches vertes*).

→ Iconographies du Service de Radiologie Chu Hassan II Fès.

iv. Envahissement articulaire :[56],[60], [61],[55]

Une invasion articulaire est décrite lorsqu'une masse de tissu mou est visible dans les limites attendues d'une capsule articulaire ou d'une membrane synoviale, ou bien lorsqu'une tumeur est immédiatement adjacente à une articulation avec envahissement d'un ligament ou d'un tendon intra-articulaire dans n'importe quelle partie de sa structure.

Le Contact seul avec une articulation ou un épanchement intra articulaire isolé adjacent à la tumeur n'étaient pas considérés comme indicateurs d'invasion articulaire.

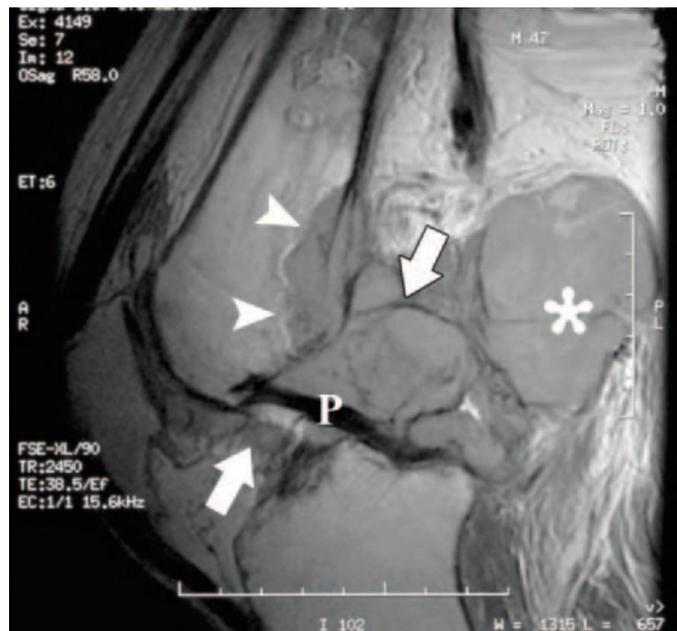


Figure 39: Synoviosarcome avec envahissement articulaire.[37]

L'image IRM sagittale pondérée en densité protonique du genou montre une importante masse de tissu mou poplité (*) avec envahissement de l'articulation du genou, comme en témoigne la tumeur (flèches) entourant le ligament croisé postérieur (P).

v. Envahissement lymphatique : [62],[56]

Actuellement, il n'existe pas de consensus sur la manière de l'évaluation de l'état des ganglions lymphatiques chez les patients atteints de STS à haut risque.

L'imagerie des ganglions lymphatiques locorégionaux peut être réalisée soit au moment du diagnostic initial (pour les STS à haut risque) soit après que des ganglions anormaux aient été détectés lors d'un examen physique ou des études de stadification.

Le scanner et l'IRM sont les principales méthodes d'imagerie utilisées pour l'évaluation des ganglions lymphatiques.

IRM des chaînes ganglionnaires locorégionales peut être justifiée pour les STS de haut grade avec des sous-types histologiques à haut risque tels que le liposarcome épithélioïde, le liposarcome à cellules claires, l'angiosarcome et potentiellement le liposarcome myxoïde.

Les ganglions lymphatiques bénins sont généralement d'apparence ovale ou réniforme et présentent un cortex mince et uniforme et un hile central graisseux.

Les éléments qui orientent vers l'atteinte ganglionnaires :

- La dimension ganglionnaire est un paramètre de différenciation primaire et une gamme de tailles de seuil est utilisée, qui varie en fonction de l'utilisation de différents aspects de la mesure des ganglions (diamètre sur l'axe long ou sur l'axe court), ainsi que de la localisation des groupes de ganglions.
- Le changement de la morphologie ganglionnaire dû à l'infiltration tumorale de la forme ovale "normale" à un aspect plus arrondi (axe long/court réduit) et/ou excentrée.
- Une disparition du hile graisseux.

Corrélation du Grade Tumoral entre Imagerie et Histologie

- Le rehaussement similaire à celui du processus tumoral.
- Le caractère hétérogène signifiant la nécrose.
- L'infiltration de la graisse péri-ganglionnaire en rapport avec l'effraction capsulaire.

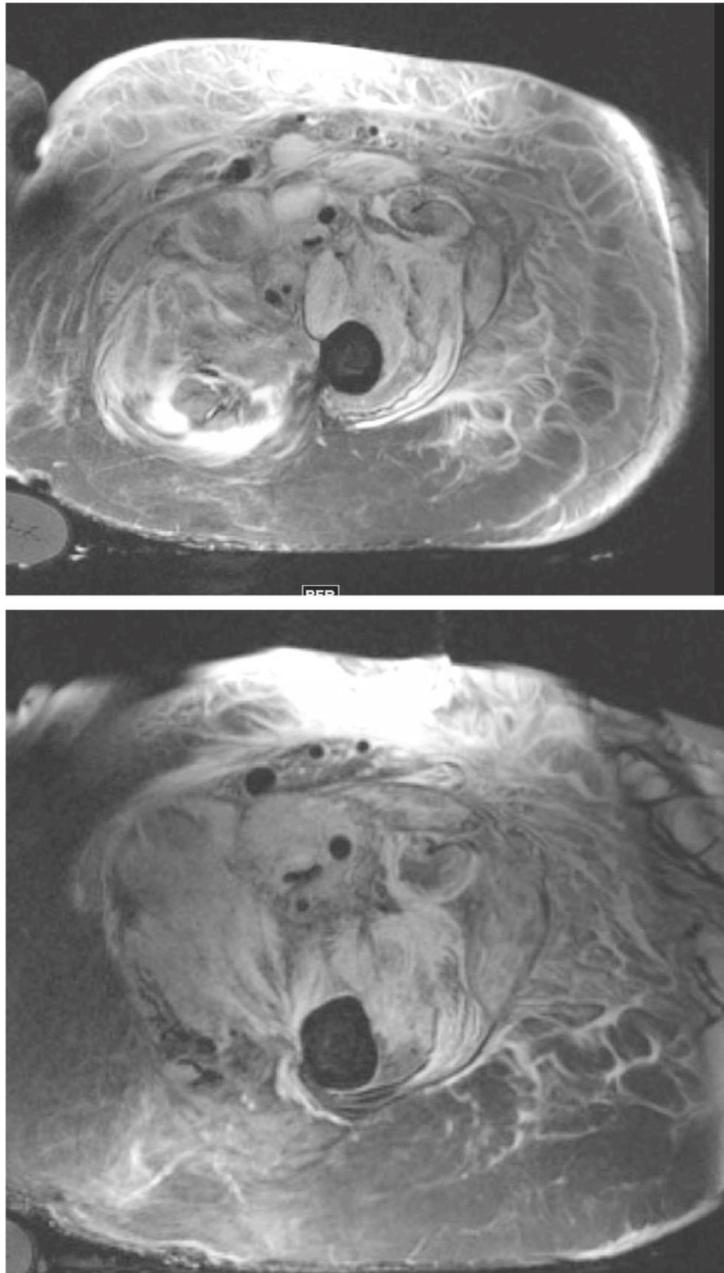


Figure 40: sarcome pléomorphe avec envahissement lymphatique[62]

(a, b) Images RM axiales avec densité de protons et suppression de la graisse montrent une adénopathie inguinale gauche volumineuse avec architecture ganglionnaire normale effacée.

2. Bilan à distance

Le bilan à distance est basé essentiellement sur la tomodensitométrie. Elle est obligatoire pour le staging des sarcomes, dont dépend la stratégie de prise en charge[9].

La TDM abdomino-pelvienne doit être envisagée pour le liposarcome myxoïde à cellules rondes[10], le léiomyosarcome, le sarcome épithélioïde ou l'angiosarcome, et l'IRM de la colonne vertébrale totale doit être envisagée pour les liposarcomes myxoïdes à cellules rondes en raison du risque plus élevé de métastases vertébrales par rapport aux autres sarcomes des tissus mous[63],[64],[65]. L'imagerie du système nerveux central doit être envisagée pour les patients atteints de sarcomes alvéolaires des parties molles et d'angiosarcomes, car les sarcomes alvéolaires des parties molles ont une propension relativement accrue à métastaser au cerveau, en particulier chez les patients atteints d'une maladie de stade IV en présence de métastases pulmonaires[66]. Les métastases ganglionnaires sont rares dans les sarcomes, cependant dans les sarcomes épithélioïdes et à cellule claire, elles sont fréquentes, impliquant un bilan soit par scanner ou une IRM.[52]

Le PET scanner, L'IRM corps entier sont optionnels et le rapport bénéfice cout doit être évalué pour chaque patient [67],[52].

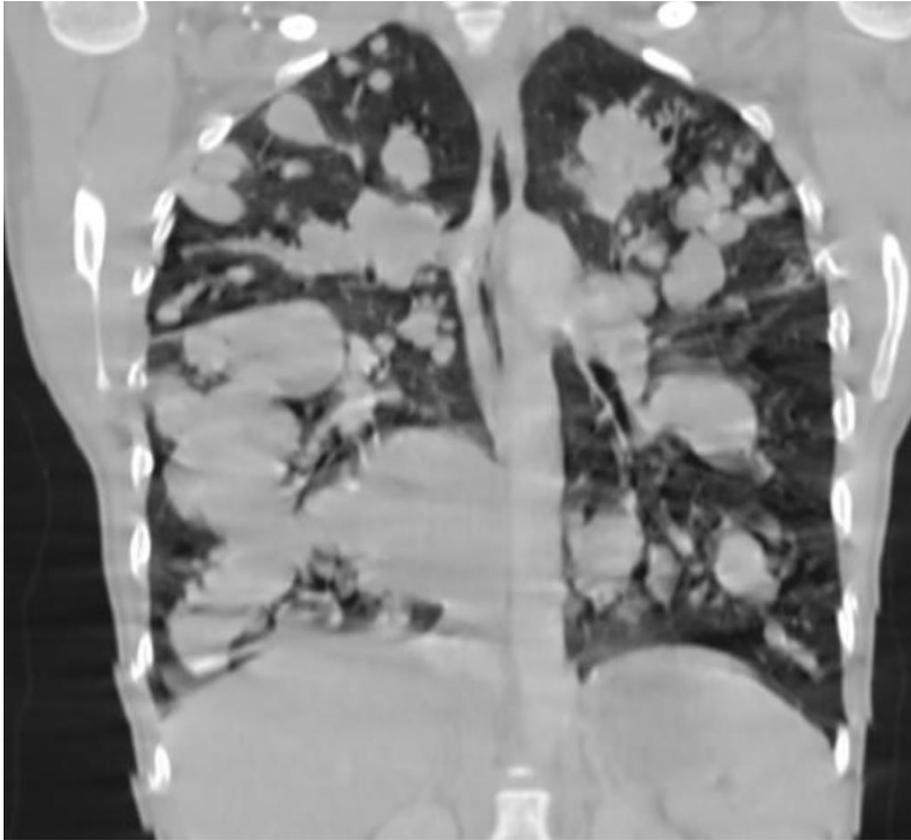


Figure 41: TDM thoracique en coupe coronale montrant une image de métastase d'un synoviosarcome en lâcher de ballon.



Figure 42 : Image IRM d'un liposarcome bien différencié métastatique au niveau pulmonaire et au niveau rétro péritonéal.

V. Armes thérapeutiques dans les sarcomes des parties molles :

1. La chirurgie

La chirurgie est l'arme thérapeutique par excellence des sarcomes des parties molles. L'objectif est d'obtenir une résection totale de la tumeur, des marges de résection saines et un délabrement musculosquelettique le plus limité que possible. Il peut s'agir d'une résection tumorale jusqu'à une amputation des membres. Le paramètre le plus important dans le cadre du contrôle local de la tumeur est l'obtention d'une résection R0 avec des marges de résection saines[68], [69], [70]. Des études montrent qu'un cut-off de 1mm de marge incluant une barrière anatomique est appropriée. En 2019 Cates MM et al, ont démontré qu'une marge de 5mm sans radiothérapie néoadjuvante ou de 1mm avec radiothérapie adjuvante était suffisante dans le contrôle des récurrences locales[71]. Dans leur étude en 2018, Gundle Kenneth et al ont démontré dans leur étude qu'une marge saine et inférieure à 1mm était acceptable dans le cadre d'une prise en charge thérapeutique multidisciplinaire[27].

Les amputations dans le traitement des sarcomes sont indiquées dans les tumeurs très étendues, extra-compartimentaux, impossibilité de respecter des marges saines, l'envahissement du pédicule vasculo-nerveux sans possibilité de reconstruction vasculaire ou de préservation du membre par perte des fonctions nerveuses. [70]

Ces différents critères morphologiques définissant la prise en charge chirurgicale montre l'importance de la cartographie préopératoire en imagerie. A ces critères morphologiques s'ajoutent le sous type histologique, les thérapies préopératoires [72], [73].

2. La radiothérapie

La radiothérapie a pour objectif d'assurer le contrôle local des sarcomes de stade II et III en association avec la chirurgie de conservation de membres [74],[75]. Il persiste une controverse sur l'utilisation pré ou post-opératoire de la radiothérapie. En pré-opérative, les doses utilisées sont moindres et elle peut simplifier le geste chirurgical par diminution du volume tumoral et induction de la formation d'une pseudo-capsule. Mais elle expose à des complications infectieuses et cicatricielles post-chirurgicales. D'un autre côté, la radiothérapie post-chirurgicale est faite par des doses plus importantes avec un champ d'irradiation large avec risque de fibrose plus important[73]. Ainsi, certains auteurs recommandent la radiothérapie préopératoire. Une étude réalisée par Al-Absi E, et al. [76] a montré une supériorité dans le contrôle local de la radiothérapie pré-opérative.

3. La chimiothérapie

La chimiothérapie adjuvante ou néoadjuvante est utilisée dans la prise en charge des sarcomes même si elle n'a pas prouvé de bénéfice définitif[73]. Certaines études montrent son efficacité dans l'amélioration du contrôle local et des métastases chez les patients à haut risque [77], [78].

La doxorubicine seule ou en association avec l'ifosfamide sont les principaux agents utilisés, bien qu'avec de faibles taux de réponse, même lorsqu'ils sont utilisés en association [78].

Son intérêt semble être démontré chez des patients ayant un taux de prédiction de survie bas où une diminution du risque mortel a été démontrée ainsi que dans les tumeurs de plus de 10 cm[79].

4. Thérapie immune

Elles ont pour objectif d'améliorer ou d'activer la réponse immune contre les sarcomes en utilisant des anticorps monoclonaux, thérapie cellulaire ou des vaccins [80], [73]. Par ailleurs, la détection de mutations spécifiques dans certaines tumeurs permet des thérapies ciblées. Dans ce cadre, la trabectédine est reconnue active sur les liposarcomes myxoïdes [81],[82].

Même si plusieurs molécules et combinaisons ont été testées, d'autres études sont nécessaires dans le futur pour intégrer les thérapies immunologiques dans le traitement de routine des sarcomes des parties molles[83], [73].

VI. L'imagerie dans la surveillance post-thérapeutique

1. Rôle de l'IRM de perfusion dans l'évaluation de la réponse à la chimiothérapie : [84], [85], [86], [87]

Les séquences IRM conventionnelles à (T1, T2, T1 avec saturation de la graisse pré et post-contraste avec soustraction) dans le plan axial et le plan longitudinal, sont les piliers de l'évaluation des traitements, tant dans le cadre néoadjuvant que postopératoire[88]. Cependant, les caractéristiques du signal T2 et du rehaussement des modifications bénignes post-traitement, telles que les séromes, les hématomes et les modifications dues à l'irradiation, peuvent se confondre avec les caractéristiques du signal de la tumeur résiduelle/récurrente.[87]

Les processus de néovascularisation tumorale et d'angiogenèse tumorale jouent un rôle central dans la croissance et la propagation des tumeurs. Une diminution de la perfusion sanguine pourrait être un indicateur précoce de la réponse au traitement.

L'IRM de perfusion dynamique permet d'obtenir des informations sur la perfusion tissulaire, la vascularisation tissulaire et la perméabilité capillaire. Ces informations sont évaluées de façon quantitative par les indices suivants :[89]

- ✓ L'évaluation de la courbe temps intensité,
- ✓ La constante K_{trans} ,
- ✓ La constante K_{ep} ,
- ✓ La courbe signal-temps-intensité (AIUC).

Compte tenu des résultats, il est possible de modifier ou d'abandonner les protocoles de chimiothérapie dans les cas de non-réponse très tôt dans le cycle néoadjuvant.

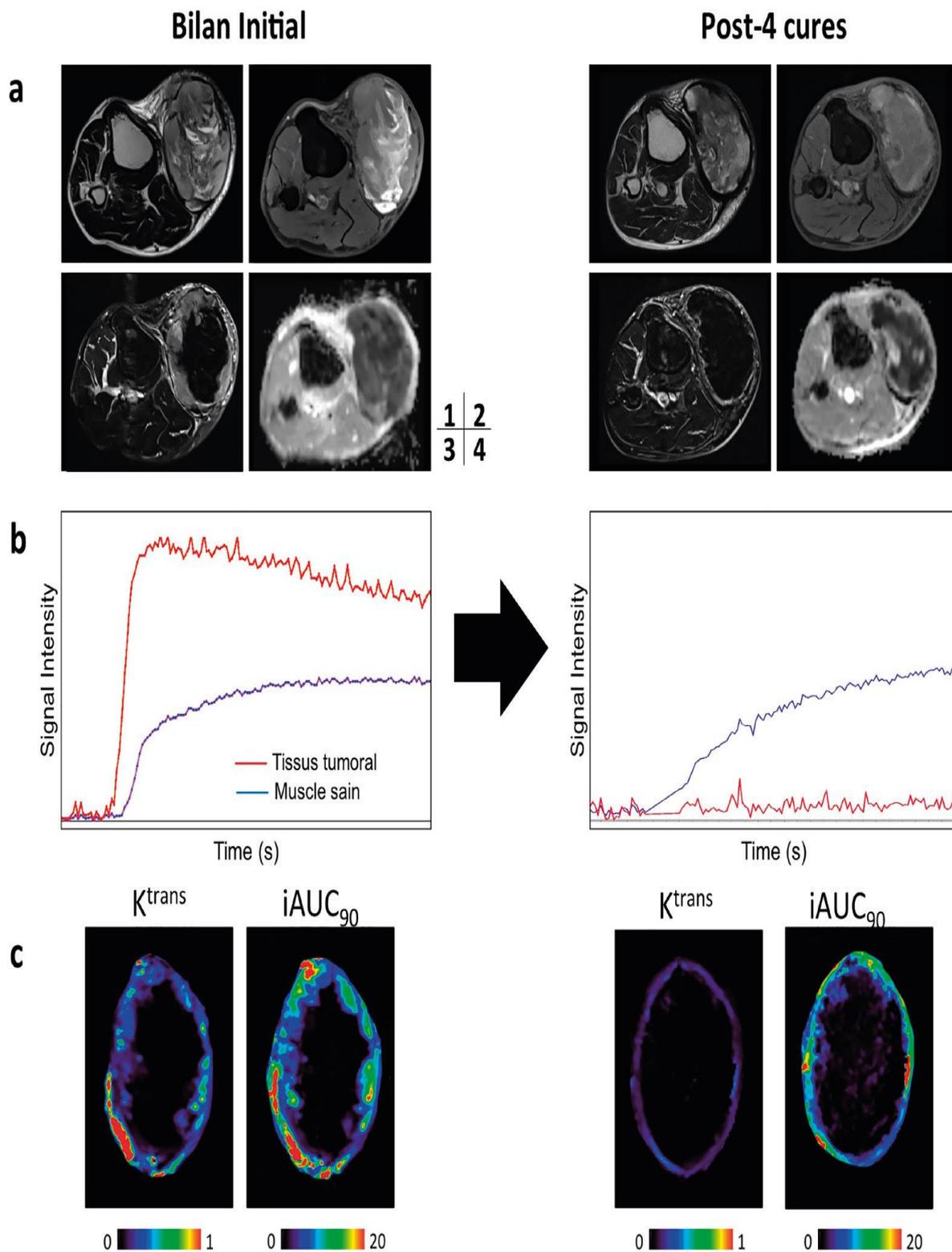


Figure 43: Évaluation par IRM multimodale d'un sarcome de haut grade localement avancé, exemple d'une excellente réponse.[90]

- A. Les séquences morphologiques (1 : séquence pondérée T2 ; 2 : séquence pondérée T1 avec suppression du signal de la graisse ; 3 : soustraction entre l'imagerie post injection et précontraste ; 4 : imagerie de diffusion – cartographie du coefficient ADC) montrent une tumeur avec important contingent nécrotico-hémorragique central. Après 4 cures, la tumeur présente une capsule fibreuse en hyposignal T2. La nécrose augmente, la tumeur devient plus hétérogène en diffusion avec une élévation du coefficient apparent de diffusion (ADC) dans les zones non hémorragiques et non fibreuses. Seul un mince rehaussement linéaire périphérique persiste
- B. Les courbes de rehaussement de la tumeur au cours du temps (en rouge) se modifient sous traitement (en bleu : courbe du muscle sain pour comparaison). Initialement, il y avait un pic de rehaussement suivi d'un lent lavage du produit de contraste. Après 4 cures, la courbe de la tumeur devient plate. Cela est en faveur d'une absence de vascularisation intra tumorale et d'une involution nécrotique majeure.
- C. Les cartes paramétriques issues du post-traitement de l'imagerie dynamique de perfusion permettent une estimation quantifiée de la néo angiogenèse tumorale (Ktrans et aire sous la courbe de rehaussement) et de ses variations. Le Ktrans passe ici de 0,9 en moyenne dans les portions non nécrotiques à 0,01. Il faut noter que les dimensions de la lésion ne se sont pas modifiées (maladie stable selon les critères RECIST 1.1).
- L'analyse anatomopathologique de la pièce opératoire finale a confirmé cette excellente réponse (< 1 % de cellularité tumorale résiduelle).

2. Autres moyens de surveillance :[67]

Les images de diffusion avec cartographie ADC sont très utiles dans l'évaluation de la cellularité des lésions, notamment au décours des traitements néoadjuvants. L'augmentation de l'ADC est un bon indicatif de réponse thérapeutique.

Plusieurs études démontrent l'intérêt du PET-scanner dans l'évaluation post traitement néo-adjuvant en démontrant la baisse de la captation métabolique.

L'évolution lors de la surveillance des métastases à distance détermine le pronostic des patients. Les métastases à distance représentent environ 22 à 36% des cas avec une survie médiane de 12 mois. La TDM est le moyen d'imagerie le plus courant et accessible dans la surveillance de ces lésions secondaires. L'analyse cependant reste morphologique et peut donc induire en erreur dans les cas de lésions inertes.

La FDG PET-Scanner représente la modalité d'imagerie la plus adaptée permettant de déterminer la localisation et l'activité des métastases à distance. Il est à noter que celle-ci ne devrait pas être utilisée à moins de trois mois de l'acte chirurgical.

3. Intervalle de surveillance :

Le suivi en imagerie des sarcomes est codifié par plusieurs sociétés savantes. Il peut être adapté au centre de prise en charge et aux particularités du patient. Il devra toujours être une décision multidisciplinaire.

Tableau XXII: Rythme de surveillance des sarcomes musculosquelettiques réséqués selon American collège of Radiology ACR[67].

Modalités d'imagerie	Intervalle de surveillance
Scanner thoracique non injecté	Tous les 3-6 mois pendant les 10 premières années. Avec possibilité de le faire tous les 6 mois entre les 5 et 10ème année de suivi.
IRM	Tous les 3-6 mois pendant les 10 premières années. Avec possibilité de le faire tous les ans entre la 5 et 10ime année de suivi. Considérer d'inclure un autre moyen d'imagerie en présence de symptôme.
FDG PET scanner	Si IRM douteuse. Haut risque de faux-négatif dans les liposarcomes myxoïdes.
IRM corps entier	A étudier pour des cas exceptionnels. Peut être utilisée dans le cadre des liposarcomes myxoïdes.

Tableau XXIII: Surveillance des tumeurs des parties molles selon l'European Society of Skeletal Radiology. [67]

IRM loco-régionale et TDM thoracique sans contraste	
Années après le traitement	Intervalle de surveillance
1-3	Tous les 3 à 4 mois, en fonction du grade histologique.
3-5	Tous les 6 mois
Au-delà de 5 ans jusqu'à 10 ans	Annuellement

4. Critères de récurrence et de réponse thérapeutique :

Les critères de réponse thérapeutique et de récurrence en imagerie doivent être analysés en combinaison.

Tableau XXIV: Tableau récapitulatif des critères en imagerie de récurrence tumorale et de réponse thérapeutique des sarcomes des parties molles.[86]

Critères de récurrence	Critères de réponse thérapeutique
Apparition d'une lésion avec effet de masse de signal comparable à la lésion traitée.	Réduction de taille de la lésion
Prise de contraste nodulaire	Régression de la prise de contraste
Artérialisation de la courbe de perfusion	Disparition de la courbe de perfusion artérielle
Diminution de l'ADC	Augmentation de l'ADC
Hyper métabolisme sur le PET-scanner	Régression de la SUV en PET Scanner

5. Les complications post-thérapeutiques

Les lésions post-thérapeutiques fréquemment rencontrées, ne doivent pas être confondues avec des images suspectes. L'échographie peut intervenir dans la détection de ces anomalies mais reste limitée dans le diagnostic différentiel de certaines lésions. [67]

vi. Les hématomes :

Ils se présentent comme une collection dont le contenu est d'échostructure ou de signal différent en fonction du stade évolutif. Il ne présente pas de vascularisation intrinsèque mais peut présenter une vascularisation périphérique en cas de chronicité ou de remaniements inflammatoires. Son diagnostic différentiel avec les récives tumorales peut être difficile en échographie [91],[67].

vii. Les séromes :

Il s'agit d'une lésion à paroi fine, anéchogène ou hypoéchogène, avasculaire, avec flottement du contenu à la pression de la sonde contrairement aux lésions de récive tumorale qui sont solides et non déformables par la sonde échographique [67], [92].

viii. Les lymphocèles :

Les lymphocèles ont une sémiologie similaire au sérome. Leur localisation est assez caractéristique sur de sites de drainage lymphatique [67].

ix. Les pseudotumeurs cicatricielles :[67]

Elles apparaissent comme des masses mal définies avec un rehaussement hétérogène intense sans effet de masse. Le rehaussement peut être précoce. Une imagerie rapprochée permettra d'évaluer la régression de ces lésions et permettre de décider de la biopsie de ces dernières.

x. Les changements post-radiques :[67], [93]

La principale lésion est l'œdème des parties molles musculaires, cutanées et osseuses. Les changements au sein des septas intermusculaires peuvent persister pendant 2 à 4 ans. Une atrophie musculaire peut également être observée.

Un œdème osseux mal défini peut-être indicateur d'une ostéite post-radique, avec développement d'un remplacement graisseux dans la phase chronique. La recherche de ces composantes graisseuses peut aider à faire la part des choses entre les lésions métastatiques et cicatricielles post-radiques.

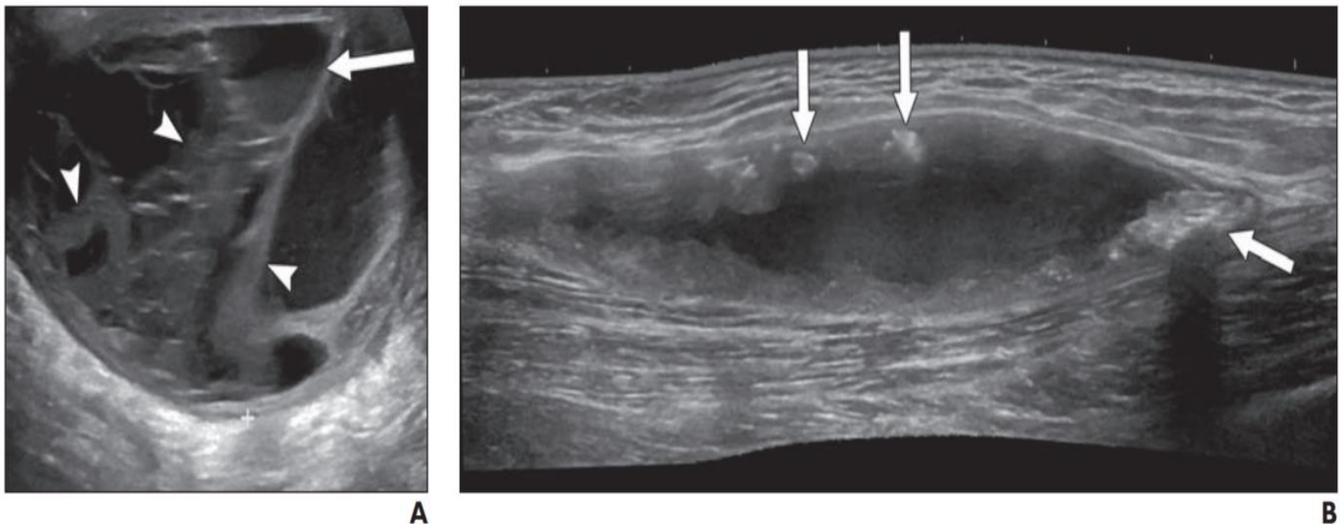


Figure 44:Aspect échographique de lésion post-opératoire[67]

(A) Hématome chronique hétérogène avec des septas.

(B) Sérome chronique dont les parois se sont épaissies et calcifiées par endroit.

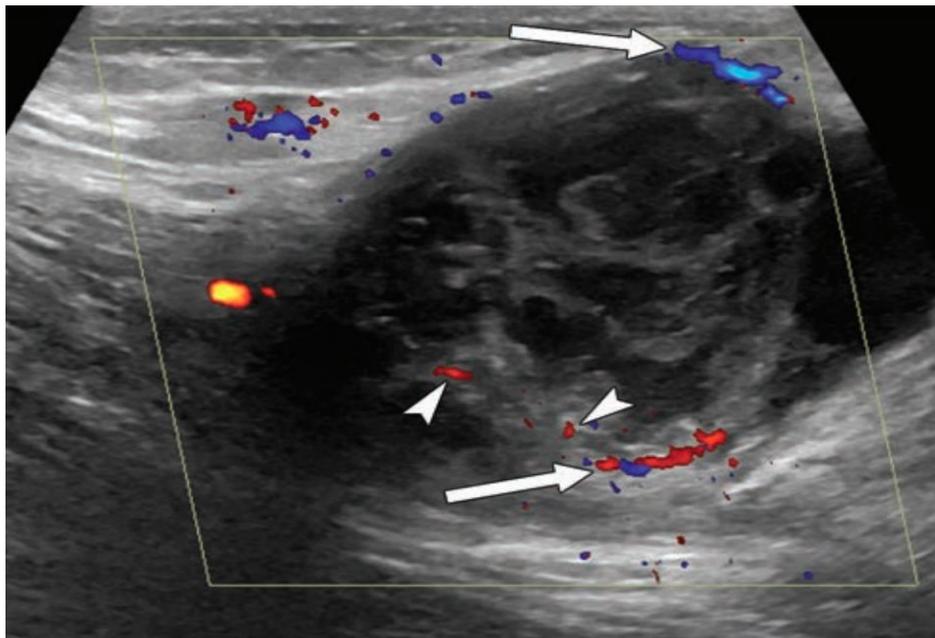


Figure 45: Images échographiques d'une tuméfaction douloureuse post radiothérapie[67]

Images échographiques d'une tuméfaction douloureuse de la cuisse chez un patient traité trois ans auparavant pour un sarcome pléomorphe. Notez la présence d'une vascularisation périphérique et intra-lésionnelle dans cette lésion hétérogène en rapport avec une récurrence locale.

VII. Facteurs pronostiques dans les sarcomes des tissus mous :

1. Facteurs de rechutes locales

Le facteur essentiel retrouvé de manière constante est la qualité des marges chirurgicales. Des marges positives multiplient par deux le risque de rechute. Si la tumeur a été ouverte, il s'agit d'une poursuite évolutive, plus ou moins rapide en fonction du grade. Une chirurgie inadaptée peut définitivement compromettre un traitement fonctionnel ultérieur pour les membres.[94]

L'exérèse est classée en trois types : R0 : marge microscopique saine, R1 : présence d'un résidu microscopique, R2 : présence d'un résidu macroscopique.

Les autres facteurs majorant le risque de rechute locale sont : le grade histologique et la localisation profonde de la tumeur.[94]

2. Facteurs pronostiques de rechutes métastatiques et de survie globale :

➤ **Le grade histologique :** [95],[96],[97]

C'est le facteur le plus important pour évaluer les risques de métastases et de décès. Ceci a été démontré par plusieurs études relatives au pronostic des STM de l'adulte. Plusieurs systèmes de grade histologique ont été décrits, l'OMS dans sa dernière classification en a retenu deux : celui de la Fédération Nationale de Centres de Lutte Contre le Cancer (FNCLCC) ou système français et celui du National Cancer Institute (NCI) ou système américain[95].

➤ **Le staging tumoral :** [94],[95],[97]

Différentes équipes ont décrit des systèmes de staging anatomo-clinique qui permettent de définir des groupes de malades à pronostic identique. Les trois les plus connus sont le système de l'American Joint Committee (AJC) et UICC, le système chirurgical d'Enneking et le système selon Hajdu.

Des facteurs cliniques peuvent contribuer à la prédiction de la survenue de métastases et de la survie globale : il s'agit de la profondeur de la tumeur (par rapport au fascia superficiel) et de la taille de la tumeur.

3. Rôle de l'IRM dans l'évaluation du pronostic

L'IRM peut aider à évaluer certains facteurs pronostiques et selon les études récentes à cet égard devrait offrir plusieurs facteurs pronostiques supplémentaires[42],[8].

➤ **Caractéristiques IRM générales liées au pronostic :**

- ✓ **La taille tumorale**[47],[44],
- ✓ **La localisation de la tumeur**[5],[42],[98]
- ✓ **Le rehaussement péri tumoral** : Crombé et al ont démontré que le rehaussement péri tumoral est le facteur le plus corrélé avec un grade histologique élevé, suivi de signes de nécrose et l'intensité hétérogène du signal sur les séquences T2, et que la présence d'au moins deux de ces caractéristiques d'IRM était un facteur prédictif indépendant de la survie sans métastases et de la survie globale[8],[42].
- ✓ **La nécrose tumorale** : Macdermed et al ont rapporté dans leur analyse une association significative entre l'absence de métastases à distance et la nécrose induite par le traitement [44] [99].
- ✓ **Les marges mal définies** : Zhao et AL ont prouvé dans leur série que les marges mal-définies indiquent l'infiltration des cellules tumorales dans les tissus environnants, prouvant ainsi le caractère invasif de la tumeur[51]

CONCLUSION

Les sarcomes des tissus mous des membres sont un groupe de tumeur très hétérogène et de malignité différente, et dans le diagnostic repose en grande partie sur l'imagerie en particulier l'IRM et sur l'étude anatomopathologique.

Le grading histologique comme il a été établi par la FNCLCC est étroitement lié à l'agressivité locorégionale et à l'extension métastatique et de ce fait conditionne la prise en charge et le pronostic de ces tumeurs. Cependant les prélèvements biopsiques guidés par l'imagerie majoritairement pratiqués actuellement présentent l'inconvénient de ne pas représenter les différents contingents tissulaires dans le même processus tumoral et par conséquent de sous-estimer le grade histologique.

L'étude des caractéristiques de taille, de signal, d'hétérogénéité lésionnelle, des limites et de la diffusion tumorale péri-lésionnelle dans notre série nous permet de retenir trois patterns principaux en faveur du haut grade histologique :

- L'œdème péri-tumoral (sensibilité :52.3%, spécificité :91.66%, $p=0.009$).
- Le rehaussement péri-tumoral (sensibilité :33.33%, spécificité :100%, $p=0.03$).
- Les limites mal définies (sensibilité :38%, spécificité :100%, $p=0.03$)

Ces résultats nous incitent à adopter entre autres ces patterns pré cités sur nos IRM réalisées pour tumeurs des tissus mous pour formuler une approche de grade tumoral en IRM qui restera à confronter aux données biopsiques et à l'analyse anatomopathologique définitive des pièces opératoires.

Cette approche permettra en outre de discuter un traitement néoadjuvant pour les tumeurs présentant des critères de haut grade en IRM.

RESUMES

RESUME

Les sarcomes des tissus mous (STS) comprennent un groupe hétérogène de néoplasmes malins de pronostic souvent réservé. Divers facteurs pronostiques ont été évalués dans le but de la planification thérapeutique. Parmi ceux-ci, le grade histologique est l'un des facteurs plus importants.

La chimiothérapie néo adjuvante est généralement incluse dans la prise en charge des sarcomes des tissus mous de haut grade, la prédiction préopératoire du grade tumoral est alors primordiale. L'IRM s'avère pertinente dans ce contexte, à plus forte raison que les biopsies préopératoires ne sont pas toujours concluantes.

A travers une étude rétrospective des dossiers sur une période de 3ans étalée entre 2017 et 2020, nous avons colligé 117 cas de sarcome des tissus mous dans le service de radiologie du CHU Hassan II Fès.

La moyenne d'âge retrouvée était de 50.6 ans. Une prédominance masculine a été notée avec une sex-ratio à 1.38. La présentation clinique était dominée par un syndrome de masse. 54% de ces tumeurs se localisaient au niveau de la cuisse, avec une taille > 5cm dans environ 94% des cas. Les lésions étaient mal définies pour 54% des patients et présentaient une localisation sous aponévrotiques dans 78% des cas.

La corrélation de grade tumoral entre histologie et imagerie a été réalisée sur 33 dossiers complets répondant aux critères d'inclusion. Trois caractéristiques IRM étaient statistiquement liées aux tumeurs de haut grade : l'œdème péri-tumoral ($p=0,009$), le rehaussement péri-tumoral ($p = 0,03$) et les marges tumorales mal définies ($p= 0,03$).

Ces résultats nous incitent à étudier ces critères en IRM devant chaque sarcome des tissus mous afin d'approcher le grade tumoral et de le confronter aux données histologiques de biopsie.

ABSTRACT

Soft tissue sarcomas (STS) include a heterogeneous group of malignant neoplasms with reserved prognosis. Various prognostic factors have been evaluated for therapeutic planning. Among these, histological grade is one of the most important factors.

Neoadjuvant chemotherapy is usually included in the management of high-grade soft tissue sarcoma, and preoperative prediction of tumor grade is therefore of primary importance. MRI is relevant in this context, especially since preoperative biopsies are not always conclusive.

Through a retrospective study of cases over a period of 3 years from 2017 to 2020, we collected 117 cases of soft tissue sarcoma in the radiology department of the CHU Hassan II Fez.

The average age was 50.6 years. A male predominance was noted with a sex ratio 1.38. A mass syndrome dominated clinical presentation. 54% of these tumors were in the thigh, with a size $> 5\text{cm}$ in about 94% of cases. Lesions were poorly defined in 54% of the patients and were subfascial in 78% of the cases.

Tumor grade correlation between histology and imaging was performed on 33 complete cases meeting the inclusion criteria. Three MRI features were statistically related to high-grade tumors: peritumoral edema ($p=0.009$), peritumoral enhancement ($p=0.03$), and poorly defined margins ($p=0.03$).

These results encourage us to study these criteria in MRI for each soft tissue sarcoma to approach the tumor grade and to confront it with the histological data of biopsy.

ملخص

تشمل ساركوما الأنسجة الرخوة مجموعة غير متجانسة من الأورام الخبيثة التي لديها تشخيص سيء في أغلب الأحيان. وقد تم تقييم عوامل مختلفة للتشخيص لاغراض التخطيط العلاجي. يندرج العلاج الكيميائي المساعد الجديد في علاج ساركوما الأنسجة الرخوة عالية الدرجة. لذلك فإن التنبؤ المسبق لرتبة الورم أمر أساسي. RMI مهم جداً في هذا السياق ، لا سيما وأن الخزعات قبل العملية ليس حاسمة دائماً.

ومن خلال دراسة استرجاعية للملفات على مدى 3 سنوات موزعة بين 2017 و2020، جمعنا 117 حالة من ساركوما الأنسجة الرخوة في قسم الأشعة بالمستشفى الجامعي الحسن الثاني بفاس.

بلغ متوسط عمر المرضى 50.6 سنة. يعد الورم السبب الرئيسي للاستشارة الطبية. 54 % من هذه الأورام كانت تقع في الفخذ، مع حجم أكثر من 5 cm في حوالي 94 % من الحالات، كان للأورام هوامش غير محدودة بشكل جيد بالنسبة 54% من المرضى وكان لها موقع تحت اللمفاوي في 78% من الحالات.

تم إجراء العلاقة في رتبة الورم بين علم الانسجة وعلم الأشعة على 33 ملف كامل يفي بمعايير الإدراج. تم ربط ثلاث ميزات للتصوير بالرنين المغناطيسي إحصائياً بأورام عالية الدرجة: وذمة الورم المحيطة ($p=0.009$)، وتعزيز الورم المحيط ($p=0.03$)، وهوامش الورم غير المحددة بشكل واضح ($p=0.03$).

هذه النتائج تشجعنا على دراسة هذه المعايير في الرنين المغناطيسي أمام كل ساركوما الأنسجة الرخوة من أجل الاقتراب من درجة الورم ومقارنتها مع بيانات الخزع.

RÉFÉRENCES

- [1]. D. B. Patel et G. R. Matcuk, « Imaging of soft tissue sarcomas », *Chin. Clin. Oncol.*, vol. 7, n° 4, p. 35, août 2018, doi: 10.21037/cco.2018.07.06.
- [2]. D. J. Church, J. Krumme, et S. Kotwal, « Evaluating Soft-Tissue Lumps and Bumps », *Mo. Med.*, vol. 114, n° 4, p. 289-294, 2017.
- [3]. « Soft-tissue sarcoma in adults: An update on the current state of histiotype-specific management in an era of personalized medicine – Gamboa – 2020 – CA: A Cancer Journal for Clinicians – Wiley Online Library ». <https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.3322/caac.21605> .
- [4]. « Management of soft-tissue sarcomas; treatment strategies, staging, and outcomes ». <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5347369>.
- [5]. « Tanaka K, Ozaki T (2019) New TNM classification (AJCC eighth edition) of bone and soft tissue sarcomas: JCOG bone and soft tissue tumor study group. *Jpn J Clin Oncol* 49(2):103–107. <https://doi.org/10.1093/jjco/hyy157> – Recherche Google ».
- [6]. L. Cai *et al.*, « Prognostic Factors in Adult Soft Tissue Sarcoma Treated with Surgery Combined with Radiotherapy: A Retrospective Single-Center Study on 164 Patients », *Rare Tumors*, vol. 5, n° 4, p. 178-182, déc. 2013, doi: 10.4081/rt.2013.e55.
- [7]. J. H. Hong, W.-H. Jee, C.-K. Jung, et Y.-G. Chung, « Tumor grade in soft-tissue sarcoma: Prediction with magnetic resonance imaging texture analysis », *Medicine (Baltimore)*, vol. 99, n° 27, p. e20880, juill. 2020, doi: 10.1097/MD.00000000000020880.
- [8]. A. Crombé *et al.*, « Soft-Tissue Sarcomas: Assessment of MRI Features Correlating with Histologic Grade and Patient Outcome », *Radiology*, vol. 291, n° 3, p. 710-721, juin 2019, doi: 10.1148/radiol.2019181659.

- [9]. P. Rutkowski et I. Lugowska, « Follow-up in soft tissue sarcomas », *Memo*, vol. 7, n° 2, p. 92-96, 2014, doi: 10.1007/s12254-014-0146-8.
- [10]. G. D. Demetri *et al.*, « Soft Tissue Sarcoma », *J. Natl. Compr. Cancer Netw. JNCCN*, vol. 3, n° 2, p. 158-194, mars 2005.
- [11]. P. Aga, R. Singh, A. Parihar, et U. Parashari, « Imaging Spectrum in Soft Tissue Sarcomas », *Indian J. Surg. Oncol.*, vol. 2, n° 4, p. 271-279, déc. 2011, doi: 10.1007/s13193-011-0095-1.
- [12]. M. A. Simon et H. A. Finn, « Diagnostic strategy for bone and soft-tissue tumors », *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 75, n° 4, p. 622-631, avr. 1993, doi: 10.2106/00004623-199304000-00019.
- [13]. « Spectrum of Fat-containing Soft-Tissue Masses at MR Imaging: The Common, the Uncommon, the Characteristic, and the Sometimes Confusing | RadioGraphics ». <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rg.2016150133>.
- [14]. L. Gartner, C. J. Pearce, et A. Saifuddin, « The role of the plain radiograph in the characterisation of soft tissue tumours », *Skeletal Radiol.*, vol. 38, n° 6, p. 549-558, juin 2009, doi: 10.1007/s00256-008-0513-9.
- [15]. L. G. Shapeero, D. Vanel, D. Couanet, G. Contesso, et L. V. Ackerman, « Extraskelétal mesenchymal chondrosarcoma », *Radiology*, vol. 186, n° 3, p. 819-826, mars 1993, doi: 10.1148/radiology.186.3.8430193.
- [16]. O. Teniola, K. Y. Wang, W.-L. Wang, W. W. Tseng, et B. Amini, « Imaging of liposarcomas for clinicians: Characteristic features and differential considerations », *J. Surg. Oncol.*, vol. 117, n° 6, p. 1195-1203, mai 2018, doi: 10.1002/jso.24949.

- [17]. B. W. Wilkerson, J. R. Crim, M. Hung, et L. J. Layfield, « Characterization of synovial sarcoma calcification », *AJR Am. J. Roentgenol.*, vol. 199, n° 6, p. W730–734, déc. 2012, doi: 10.2214/AJR.11.7342.
- [18]. T. K. Subhawong, E. K. Fishman, J. E. Swart, J. A. Carrino, S. Attar, et L. M. Fayad, « Soft-tissue masses and masslike conditions: what does CT add to diagnosis and management? », *AJR Am. J. Roentgenol.*, vol. 194, n° 6, p. 1559-1567, juin 2010, doi: 10.2214/AJR.09.3736.
- [19]. D. B. Patel et G. R. M. Jr, « Imaging of soft tissue sarcomas », *Chin. Clin. Oncol.*, vol. 7, n° 4, Art. n° 4, août 2018, doi: 10.21037/cco.v0i0.20927.
- [20]. A. Lacout, M. Jarraya, P.-Y. Marcy, J. Thariat, et R. Y. Carlier, « Myositis ossificans imaging: keys to successful diagnosis », *Indian J. Radiol. Imaging*, vol. 22, n° 1, p. 35-39, 2012, doi: 10.4103/0971–3026.95402.
- [21]. A. López-Pousa *et al.*, « SEOM Clinical Guideline of management of soft-tissue sarcoma (2016) », *Clin. Transl. Oncol.*, vol. 18, n° 12, p. 1213-1220, 2016, doi: 10.1007/s12094–016–1574–1.
- [22]. J. S. Wu et M. G. Hochman, « Soft-Tissue Tumors and Tumorlike Lesions: A Systematic Imaging Approach », *Radiology*, vol. 253, n° 2, p. 297-316, nov. 2009, doi: 10.1148/radiol.2532081199.
- [23]. K. L. Verstraete, H. J. Van der Woude, P. C. Hogendoorn, Y. De-Deene, M. Kunnen, et J. L. Bloem, « Dynamic contrast-enhanced MR imaging of musculoskeletal tumors: basic principles and clinical applications », *J. Magn. Reson. Imaging JMRI*, vol. 6, n° 2, p. 311-321, avr. 1996, doi: 10.1002/jmri.1880060210.

- [24]. L. G. Shapeero, D. Vanel, K. L. Verstraete, et J. L. Bloem, « Fast magnetic resonance imaging with contrast for soft tissue sarcoma viability », *Clin. Orthop.*, n° 397, p. 212-227, avr. 2002, doi: 10.1097/00003086-200204000-00026.
- [25]. T. Pa *et al.*, « Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for the initial characterization of non-fatty soft tissue tumors: correlation between T2 signal intensity and ADC values », *Skeletal Radiol.*, vol. 45, n° 2, févr. 2016, doi: 10.1007/s00256-015-2302-6.
- [26]. P. A. Gondim Teixeira *et al.*, « Qualitative 3-T Proton MR Spectroscopy for the Characterization of Musculoskeletal Neoplasms: Update on Diagnostic Performance and Indications », *Am. J. Roentgenol.*, vol. 208, n° 6, p. 1312-1319, juin 2017, doi: 10.2214/AJR.16.17285.
- [27]. K. R. Gundle *et al.*, « Analysis of Margin Classification Systems for Assessing the Risk of Local Recurrence After Soft Tissue Sarcoma Resection », *J. Clin. Oncol. Off. J. Am. Soc. Clin. Oncol.*, vol. 36, n° 7, p. 704-709, mars 2018, doi: 10.1200/JCO.2017.74.6941.
- [28]. D. F. Papp, A. J. Khanna, E. F. McCarthy, J. A. Carrino, A. J. Farber, et F. J. Frassica, « Magnetic resonance imaging of soft-tissue tumors: determinate and indeterminate lesions », *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 89 Suppl 3, p. 103-115, oct. 2007, doi: 10.2106/JBJS.G.00711.
- [29]. B. J. Manaster, « Soft-Tissue Masses: Optimal Imaging Protocol and Reporting », *Am. J. Roentgenol.*, vol. 201, n° 3, p. 505-514, sept. 2013, doi: 10.2214/AJR.13.10660.

- [30]. A. El Bardouni *et al.*, « Non-traumatic myositis ossificans circumscripta: A diagnosis trap », *J. Clin. Orthop. Trauma*, vol. 5, n° 4, p. 261-265, déc. 2014, doi: 10.1016/j.jcot.2014.09.005.
- [31]. « Stratégie diagnostique devant une tumeur graisseuse des tissus mous de l'adulte – EM consulte ».
<https://www.em-consulte.com/article/1221535/strategie-diagnostique-devant-une-tumeur-graisseus>.
- [32]. « Liposarcoma of the extremities: MR imaging features and their correlation with pathologic data – ScienceDirect ».
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877056810001751>.
- [33]. « Imaging of Musculoskeletal Liposarcoma with Radiologic-Pathologic Correlation | RadioGraphics ».
<https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rg.255055106> .
- [34]. « From the archives of the AFIP: imaging of musculoskeletal liposarcoma with radiologic-pathologic correlation – PubMed ».
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16160117/>.
- [35]. « Soft tissue sarcomas at a glance: clinical, histological, and MR imaging features of malignant extremity soft tissue tumors | SpringerLink ».
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00330-008-1292-3..>
- [36]. J. P. Jagannathan, S. H. Tirumani, et N. H. Ramaiya, « Imaging in Soft Tissue Sarcomas: Current Updates », *Surg. Oncol. Clin. N. Am.*, vol. 25, n° 4, p. 645-675, oct. 2016, doi: 10.1016/j.soc.2016.05.002.

- [37]. M. D. Murphey, M. S. Gibson, B. T. Jennings, A. M. Crespo-Rodríguez, J. Fanburg-Smith, et D. A. Gajewski, « Imaging of Synovial Sarcoma with Radiologic-Pathologic Correlation », *RadioGraphics*, vol. 26, n° 5, p. 1543-1565, sept. 2006, doi: 10.1148/rg.265065084.
- [38]. K. Thway et C. Fisher, « Synovial sarcoma: defining features and diagnostic evolution », *Ann. Diagn. Pathol.*, vol. 18, n° 6, p. 369-380, déc. 2014, doi: 10.1016/j.anndiagpath.2014.09.002.
- [39]. D. R. Lucas *et al.*, « Histologic alterations from neoadjuvant chemotherapy in high-grade extremity soft tissue sarcoma: clinicopathological correlation », *The Oncologist*, vol. 13, n° 4, p. 451-458, avr. 2008, doi: 10.1634/theoncologist.2007-0220.
- [40]. L. R. Menendez, E. R. Ahlmann, K. Savage, M. Cluck, et A. N. Fedenko, « Tumor necrosis has no prognostic value in neoadjuvant chemotherapy for soft tissue sarcoma », *Clin. Orthop.*, vol. 455, p. 219-224, févr. 2007, doi: 10.1097/01.blo.0000238864.69486.59.
- [41]. J. Yang, F. J. Frassica, L. Fayad, D. P. Clark, et K. L. Weber, « Analysis of nondiagnostic results after image-guided needle biopsies of musculoskeletal lesions », *Clin. Orthop.*, vol. 468, n° 11, p. 3103-3111, nov. 2010, doi: 10.1007/s11999-010-1337-1.
- [42]. G. Scalas *et al.*, « Magnetic resonance imaging of soft tissue sarcoma: features related to prognosis », *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. Orthop. Traumatol.*, vol. 31, n° 8, p. 1567-1575, déc. 2021, doi: 10.1007/s00590-021-03003-2.

- [43]. « L'IRM peut-elle être utilisée pour prédire le grade de la tumeur dans le sarcome des tissus mous ? | Radiologie ». <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.14131871>.
- [44]. P. Spinnato, « The Importance of Accurate Tumor Measurements and Staging in Oncologic Imaging: Impact on Patients' Health », *Acad. Radiol.*, vol. 28, n° 6, p. 767-768, juin 2021, doi: 10.1016/j.acra.2021.01.012.
- [45]. A. Stojadinovic, D. H. Y. Leung, P. Allen, J. J. Lewis, D. P. Jaques, et M. F. Brennan, « Primary adult soft tissue sarcoma: time-dependent influence of prognostic variables », *J. Clin. Oncol. Off. J. Am. Soc. Clin. Oncol.*, vol. 20, n° 21, p. 4344-4352, nov. 2002, doi: 10.1200/JCO.2002.07.154.
- [46]. G. K. Zagars *et al.*, « Prognostic factors for patients with localized soft-tissue sarcoma treated with conservation surgery and radiation therapy: an analysis of 1225 patients », *Cancer*, vol. 97, n° 10, p. 2530-2543, mai 2003, doi: 10.1002/cncr.11365.
- [47]. K. Maretty-Nielsen, « Prognostic factors in soft tissue sarcoma », *Dan. Med. J.*, vol. 61, n° 11, p. B4957, nov. 2014.
- [48]. Q.-Y. Liu, H.-G. Li, J.-Y. Chen, et B.-L. Liang, « [Correlation of MRI features to histopathologic grade of soft tissue sarcoma] », *Ai Zheng Aizheng Chin. J. Cancer*, vol. 27, n° 8, p. 856-860, août 2008.
- [49]. J. Fernebro *et al.*, « Focus on the Tumour Periphery in MRI Evaluation of Soft Tissue Sarcoma: Infiltrative Growth Signifies Poor Prognosis », *Sarcoma*, vol. 2006, p. 21251, 2006, doi: 10.1155/SRCM/2006/21251.

- [50]. P.-J. Marcellin, « Performance de l'IRM dans la prédiction du grade des sarcomes des tissus mous », p. 88, sept. 2017.
- [51]. M. J. Kransdorf *et al.*, « Soft-tissue masses: diagnosis using MR imaging », *AJR Am. J. Roentgenol.*, vol. 153, n° 3, p. 541-547, sept. 1989, doi: 10.2214/ajr.153.3.541.
- [52]. P. G. Casali *et al.*, « Soft tissue and visceral sarcomas: ESMO–EURACAN Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up », *Ann. Oncol. Off. J. Eur. Soc. Med. Oncol.*, vol. 29, n° Suppl 4, p. iv51-iv67, oct. 2018, doi: 10.1093/annonc/mdy096.
- [53]. K. B. Ferguson, J. McGlynn, M. Jane, D. Ritchie, et A. Mahendra, « Outcome of image-guided biopsies: Retrospective review of the West of Scotland musculoskeletal oncology service », *Surg. J. R. Coll. Surg. Edinb. Irel.*, vol. 14, n° 2, p. 87-90, avr. 2016, doi: 10.1016/j.surge.2014.09.002.
- [54]. J. Kiefer, M. Mutschler, P. Kurz, G. B. Stark, H. Bannasch, et F. Simunovic, « Accuracy of core needle biopsy for histologic diagnosis of soft tissue sarcoma », *Sci. Rep.*, vol. 12, n° 1, Art. n° 1, févr. 2022, doi: 10.1038/s41598-022-05752-4.
- [55]. K. Holzapfel *et al.*, « Local Staging of Soft-Tissue Sarcoma: Emphasis on Assessment of Neurovascular Encasement—Value of MR Imaging in 174 Confirmed Cases », *Radiology*, vol. 275, n° 2, p. 501-509, mai 2015, doi: 10.1148/radiol.14140510.
- [56]. C. C. Roberts *et al.*, « ACR Appropriateness Criteria Follow-Up of Malignant or Aggressive Musculoskeletal Tumors », *J. Am. Coll. Radiol. JACR*, vol. 13, n° 4, p. 389-400, avr. 2016, doi: 10.1016/j.jacr.2015.12.019.

- [57]. D. A. Elias *et al.*, « Osseous invasion by soft-tissue sarcoma: assessment with MR imaging », *Radiology*, vol. 229, n° 1, p. 145-152, oct. 2003, doi: 10.1148/radiol.2291020377.
- [58]. « Soft-tissue sarcoma involving bone or neurovascular structures: MR imaging prognostic factors – PubMed ». <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9393550>.
- [59]. « CT and MR imaging in the local staging of primary malignant musculoskeletal neoplasms: Report of the Radiology Diagnostic Oncology Group – PubMed ». <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8988217>.
- [60]. E. Robinson, R. R. Bleakney, P. C. Ferguson, et B. O’Sullivan, « Multidisciplinary Management of Soft-Tissue Sarcoma », *RadioGraphics*, vol. 28, n° 7, p. 2069-2086, nov. 2008, doi: 10.1148/rg.287085167.
- [61]. E. Masson, « Valeur de l’IRM dans le diagnostic de l’envahissement articulaire par les sarcomes osseux du genou », *EM-Consulte*. <https://www.em-consulte.com/article/1097050/valeur-de-l-irm-dans-le-diagnostic-de-l-envahissem> .
- [62]. J. Rosenthal *et al.*, « Nodal metastases of soft tissue sarcomas: risk factors, imaging findings, and implications », *Skeletal Radiol.*, vol. 49, n° 2, p. 221-229, févr. 2020, doi: 10.1007/s00256-019-03299-6.
- [63]. U. Tateishi, T. Hasegawa, Y. Beppu, A. Kawai, M. Satake, et N. Moriyama, « Prognostic Significance of MRI Findings in Patients with Myxoid-Round Cell Liposarcoma », *Am. J. Roentgenol.*, vol. 182, n° 3, p. 725-731, mars 2004, doi: 10.2214/ajr.182.3.1820725.

- [64]. J. H. Schwab, P. J. Boland, C. Antonescu, M. H. Bilsky, et J. H. Healey, « Spinal metastases from myxoid liposarcoma warrant screening with magnetic resonance imaging », *Cancer*, vol. 110, n° 8, p. 1815-1822, oct. 2007, doi: 10.1002/cncr.22992.
- [65]. J. H. Schwab *et al.*, « Skeletal metastases in myxoid liposarcoma: an unusual pattern of distant spread », *Ann. Surg. Oncol.*, vol. 14, n° 4, p. 1507-1514, avr. 2007, doi: 10.1245/s10434-006-9306-3.
- [66]. C. A. Portera *et al.*, « Alveolar soft part sarcoma: clinical course and patterns of metastasis in 70 patients treated at a single institution », *Cancer*, vol. 91, n° 3, p. 585-591, févr. 2001, doi: 10.1002/1097-0142(20010201)91:3<585::aid-cncr1038>3.0.co;2-0.
- [67]. A. N. Tavaré *et al.*, « Postoperative Imaging of Sarcomas », *Am. J. Roentgenol.*, vol. 211, n° 3, p. 506-518, sept. 2018, doi: 10.2214/AJR.18.19954.
- [68]. H. Sugiura, S. Tsukushi, M. Yoshida, et Y. Nishida, « What Is the Success of Repeat Surgical Treatment of a Local Recurrence After Initial Wide Resection of Soft Tissue Sarcomas? », *Clin. Orthop.*, vol. 476, n° 9, p. 1791-1800, sept. 2018, doi: 10.1007/s11999.00000000000000158.
- [69]. A. Daigeler, K. Harati, O. Goertz, T. Hirsch, H.-U. Steinau, et M. Lehnhardt, « [Prognostic factors and surgical tactics in patients with locally recurrent soft tissue sarcomas] », *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. Organ Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Handchir. Organ Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Mikrochir. Peripher. Nerven Gefasse Organ V*, vol. 47, n° 2, p. 118-127, avr. 2015, doi: 10.1055/s-0034-1394425.

- [70]. M. Lehnhardt *et al.*, « [Soft tissue sarcoma of the upper extremities. Analysis of factors relevant for prognosis in 160 patients] », *Chir. Z. Alle Geb. Oper. Medizen*, vol. 83, n° 2, p. 143-152, févr. 2012, doi: 10.1007/s00104-011-2124-6.
- [71]. M. M. Cates et J. M. M. Cates, « Surgical resection margin classifications for high-grade pleomorphic soft tissue sarcomas of the extremity or trunk: definitions of adequate resection margins and recommendations for sampling margins from primary resection specimens », *Mod. Pathol. Off. J. U. S. Can. Acad. Pathol. Inc*, vol. 32, n° 10, p. 1421-1433, oct. 2019, doi: 10.1038/s41379-019-0278-9.
- [72]. M. Sampo *et al.*, « A web-based prognostic tool for extremity and trunk wall soft tissue sarcomas and its external validation », *Br. J. Cancer*, vol. 106, n° 6, p. 1076-1082, mars 2012, doi: 10.1038/bjc.2012.48.
- [73]. J. Gómez et P. Tsagozis, « Multidisciplinary treatment of soft tissue sarcomas: An update », *World J. Clin. Oncol.*, vol. 11, n° 4, p. 180-189, avr. 2020, doi: 10.5306/wjco.v11.i4.180.
- [74]. K. M. Alektiar, M. F. Brennan, et S. Singer, « Influence of site on the therapeutic ratio of adjuvant radiotherapy in soft-tissue sarcoma of the extremity », *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol. 63, n° 1, p. 202-208, sept. 2005, doi: 10.1016/j.ijrobp.2005.01.011.
- [75]. Y. B. Kim *et al.*, « Clinical significance of margin status in postoperative radiotherapy for extremity and truncal soft-tissue sarcoma », *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol. 70, n° 1, p. 139-144, janv. 2008, doi: 10.1016/j.ijrobp.2007.05.067.

- [76]. E. Al-Absi *et al.*, « A systematic review and meta-analysis of oncologic outcomes of pre- versus postoperative radiation in localized resectable soft-tissue sarcoma », *Ann. Surg. Oncol.*, vol. 17, n° 5, p. 1367-1374, mai 2010, doi: 10.1245/s10434-009-0885-7.
- [77]. S. Frustaci *et al.*, « Adjuvant chemotherapy for adult soft tissue sarcomas of the extremities and girdles: results of the Italian randomized cooperative trial », *J. Clin. Oncol. Off. J. Am. Soc. Clin. Oncol.*, vol. 19, n° 5, p. 1238-1247, mars 2001, doi: 10.1200/JCO.2001.19.5.1238.
- [78]. I. Judson *et al.*, « Doxorubicin alone versus intensified doxorubicin plus ifosfamide for first-line treatment of advanced or metastatic soft-tissue sarcoma: a randomised controlled phase 3 trial », *Lancet Oncol.*, vol. 15, n° 4, p. 415-423, avr. 2014, doi: 10.1016/S1470-2045(14)70063-4.
- [79]. S. R. Grobmyer *et al.*, « Neo-adjuvant chemotherapy for primary high-grade extremity soft tissue sarcoma », *Ann. Oncol. Off. J. Eur. Soc. Med. Oncol.*, vol. 15, n° 11, p. 1667-1672, nov. 2004, doi: 10.1093/annonc/mdh431.
- [80]. « Genomic analysis of 63,220 tumors reveals insights into tumor uniqueness and targeted cancer immunotherapy strategies | Genome Medicine | Full Text ».
<https://genomemedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13073-017-0408-2>.
- [81]. G. D. Demetri *et al.*, « Efficacy and safety of trabectedin in patients with advanced or metastatic liposarcoma or leiomyosarcoma after failure of prior anthracyclines and ifosfamide: results of a randomized phase II study of two different schedules », *J. Clin. Oncol. Off. J. Am. Soc. Clin. Oncol.*, vol. 27, n° 25, p. 4188-4196, sept. 2009, doi: 10.1200/JCO.2008.21.0088.

- [82]. J. Khalifa *et al.*, « Efficacy of trabectedin in malignant solitary fibrous tumors: a retrospective analysis from the French Sarcoma Group », *BMC Cancer*, vol. 15, p. 700, oct. 2015, doi: 10.1186/s12885-015-1697-8.
- [83]. M. Ahmadi *et al.*, « CD3 limits the efficacy of TCR gene therapy in vivo », *Blood*, vol. 118, n° 13, p. 3528-3537, sept. 2011, doi: 10.1182/blood-2011-04-346338.
- [84]. Jonathan Landa et Lawrence H.Schwartz, « contemporary imaging in sarcoma », *The Oncologist, Volume 14, Issue 10, October 2009, Pages 1021-1038.*
- [85]. W. Huang *et al.*, « Evaluation of Soft Tissue Sarcoma Response to Preoperative Chemoradiotherapy Using Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging », *Tomography*, vol. 2, n° 4, p. 308-316, déc. 2016, doi: 10.18383/j.tom.2016.00202.
- [86]. H. W. Garner et M. J. Kransdorf, « Musculoskeletal Sarcoma: Update on Imaging of the Post-treatment Patient », *Can. Assoc. Radiol. J. J. Assoc. Can. Radiol.*, vol. 67, n° 1, p. 12-20, févr. 2016, doi: 10.1016/j.carj.2014.11.002.
- [87]. A. Hirschmann, V. M. van Praag, R. L. Haas, M. A. J. van de Sande, et J. L. Bloem, « Can we use MRI to detect clinically silent recurrent soft-tissue sarcoma? », *Eur. Radiol.*, vol. 30, n° 9, p. 4724-4733, sept. 2020, doi: 10.1007/s00330-020-06810-z.
- [88]. L. M. Fayad, M. A. Jacobs, X. Wang, J. A. Carrino, et D. A. Bluemke, « Musculoskeletal Tumors: How to Use Anatomic, Functional, and Metabolic MR Techniques », *Radiology*, vol. 265, n° 2, p. 340-356, nov. 2012, doi: 10.1148/radiol.12111740.

- [89]. J. Landa et L. H. Schwartz, « Contemporary Imaging in Sarcoma », *The Oncologist*, vol. 14, n° 10, p. 1021-1038, oct. 2009, doi: 10.1634/theoncologist.2009-0194.
- [90]. A. Crombé, X. Buy, et M. Kind, « Imagerie des sarcomes des tissus mous », p. 7.
- [91]. J. E. Lantos, S. Hwang, et D. M. Panicek, « Benign Mural Nodules Within Fluid Collections at MRI After Soft-Tissue Sarcoma Resection », *Am. J. Roentgenol.*, vol. 202, n° 6, p. 1297-1302, juin 2014, doi: 10.2214/AJR.13.11652.
- [92]. J. T. Caracciolo et G. D. Letson, « Radiologic Approach to Bone and Soft Tissue Sarcomas », *Surg. Clin. North Am.*, vol. 96, n° 5, p. 963-976, oct. 2016, doi: 10.1016/j.suc.2016.05.007.
- [93]. M. L. Richardson, G. C. Zink-Brody, R. M. Patten, W. J. Koh, et E. U. Conrad, « MR characterization of post-irradiation soft tissue edema », *Skeletal Radiol.*, vol. 25, n° 6, p. 537-543, août 1996, doi: 10.1007/s002560050131.
- [94]. S. Bonvalot, G. Missenard, P. Rosset, P. Terrier, et C. L. Péchoux, « Principes du traitement chirurgical des sarcomes des tissus mous des membres et du tronc de l'adulte », p. 12.
- [95]. « Tumeurs solides : les sarcomes osseux et des tissus mous - ScienceDirect ». <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929693X99804606> .

- [96]. « Prise en charge des sarcomes des tissus mous en première rechute locale isolée : étude rétrospective de 83 cas – EM consulte ». <https://www.em-consulte.com/article/260518/prise-en-charge-des-sarcomes-des-tissus-mous-en-pr>.
- [97]. « Prognostic factors and staging for soft tissue sarcomas: an update – PubMed ». <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22365514>.
- [98]. « MRI Features as Prognostic Factors in Myxofibrosarcoma: Proposal of MRI Grading System – PubMed ». <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32928636>.
- [99]. D. M. MacDermid *et al.*, « Primary tumor necrosis predicts distant control in locally advanced soft-tissue sarcomas after preoperative concurrent chemoradiotherapy », *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, vol. 76, n° 4, p. 1147-1153, mars 2010, doi: 10.1016/j.ijrobp.2009.03.015.

أطروحة رقم 22/070

سنة 2022

سيناريوهات المحاكاة الطبية في أمراض النساء والتوليد - ألعاب واقعية -

الأطروحة

قدمت و نوقشت علانية يوم 2022/02/25

من طرف

السيدة منافع أميمة
المزداة في 11 دجنبر 1996 بفاس

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات المفتاحية

المحاكاة الطبية - سيناريوهات - أمراض النساء والتوليد - ألعاب واقعية - MEDICACTIV

اللجنة

الرئيس والمشرف السيد مولاي عبد الإلاه ملهوف
أستاذ في أمراض النساء والتوليد
السيدة حكمة الشعرة
أستاذة في أمراض النساء والتوليد
أعضاء { السيد عبد الرحيم البعزوي
أستاذ مبرز في التخدير والإنعاش
..... السيد هشام قشنى
أستاذ مبرز في التخدير والإنعاش