

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année 2023

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Concavité des contours des lésions osseuses en IRM :
étude rétrospective sur 586 cas**

Présentée et soutenue publiquement le 25 septembre 2023 à 18h
au Pôle Formation

par Abdulrazak KALAAJI

JURY

Président :

Madame le Professeur Anne COTTEN

Assesseurs :

Madame le Professeur Nathalie BOUTRY

Monsieur le Professeur Sébastien AUBERT

Monsieur le Docteur Sammy BADR

Directeur de thèse :

Madame le Professeur Anne COTTEN

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Liste des abréviations

ACR	<i>American college of Radiology</i>
BI-RADS	<i>Breast Imaging-Reporting And Data System</i>
Bone-RADS	<i>Bone Reporting and Data System (Bone-RADS)</i>
BTI-RADS	<i>Solitary bone tumor imaging reporting and data system</i>
CC	<i>Creative Commons</i>
CCAM	Classification Commune des Actes Médicaux
CIM	Classification Internationale des Maladies
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
CT	<i>Computed Tomography</i>
DP	Diagnostic Principal
FNO	Fibrome non ossifiant
HL	Histiocytose Langerhansienne
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer (voir CIRC)</i>
ICD10	<i>International Classification of Diseases, 10th revision (voir CIM10)</i>
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
KOA	Kyste osseux anévrysmal
KOE	Kyste osseux essential
NOS	<i>Not Otherwise Specified</i>
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OT-RADS	<i>Osseous Tumor Reporting and Data System</i>
PMSI	Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information
RADS	<i>Reporting And Data Systems</i>
SSR	<i>Society of Skeletal Radiology</i>
TCA	Tumeur cartilagineuse atypique

TCG Tumeur à Cellules Géantes

WHO *World Health Organization* (voir OMS)

Sommaire

Avertissement.....	II
Liste des abréviations.....	III
Sommaire	V
Résumé	1
Introduction.....	2
1 Introduction générale.....	2
2 Classification des tumeurs osseuses.....	2
3 Les lésions osseuses focales en imagerie	5
3.1 Analyse des contours ou limites d'une lésion osseuse.....	6
3.1.1 La classification de Lodwick.....	7
3.1.2 Classification modifiée de Lodwick-Madewell	11
3.2 Approche diagnostique selon la morphologie de la lésion.....	12
3.3 Proposition récente d'algorithmes de raisonnement devant les lésions osseuses.....	14
3.3.1 BTI-RADS	14
3.3.2 OT-RADS.....	17
3.3.3 Bone-RADS	20
3.4 Autres caractéristiques séméiologiques de la lésion	24
4 Rationnel de l'étude.....	24
Matériel et méthodes	25
1 Design de l'étude.....	25
2 Patients et données.....	25
2.1 Recrutement des patients.....	25
2.2 Critères d'éligibilité au recrutement	25
2.3 Critères d'exclusion	26
2.4 Lésions incluses	27
3 Données recueillies	28
3.1 Données cliniques	28
3.2 Données d'imagerie.....	29
4 Analyse de données.....	32
5 Analyse statistique.....	32
6 Cadre réglementaire.....	33
Résultats.....	35

1	Flowchart.....	35
2	Description des lésions à l'inclusion	36
3	Description des contours selon le groupe de lésion	40
3.1	Abcès osseux	40
3.2	Chondroblastome	43
3.3	Dysplasie fibreuse	44
3.4	Enchondrome	47
3.5	Fibrome non ossifiant	49
3.6	Lésion osseuse d'histiocytose Langerhansienne	51
3.7	Infarctus osseux	51
3.8	Kyste mucoïde.....	54
3.9	Kyste osseux anévrysmal.....	55
3.10	Kyste osseux essentiel.....	57
3.11	Métastase osseuse	57
3.12	Lésion osseuse de myélome et plasmocytome	59
3.13	Tumeur cartilagineuse atypique et chondrosarcome.....	60
3.14	Tumeur à cellules géantes	62
3.15	Tumeur brune.....	63
4	Analyse statistique des concavités	64
4.1	Analyse globale	64
4.1.1	Analyse en sous-groupes	66
4.1.2	Lésions non tumorales vs lésions tumorales.....	68
4.1.3	Lésions bénignes (lésions non tumorales et tumeur bénignes) vs tumeurs intermédiaires et malignes.....	68
4.1.4	Tumeurs bénignes vs tumeurs intermédiaires et malignes	68
5	Tableau descriptif des concavités.....	69
5.1	Présence d'au moins un bord concave.....	70
5.2	Présence d'au moins deux bords concaves	71
5.3	Présence d'au moins trois bords concaves	72
5.4	Présence de 6 bords concaves	72
6	Les bords tubulés	73
7	Les indentations	75
8	Les bords convexes.....	77
9	Les bords linéaires	78
10	Statistiques annexes.....	79

Discussion	80
1 Discussion générale	80
1.1 Concavités des contours	81
1.2 Les bords non concaves.....	88
1.3 Les aspects tubulés.....	96
2 Points forts	96
3 Limites	97
4 Perspectives et significativité clinique.....	99
Conclusion.....	100
Liste des tableaux.....	101
Liste des figures	102
Liste des diagrammes.....	104
Références	105
Annexe 1 : Autres statistiques descriptives	113

Résumé

Contexte : L'analyse des lésions osseuses focales en imagerie est souvent complexe et s'appuie sur de nombreux critères, dont les contours lésionnels. Cependant, la morphologie précise de ces contours a été peu étudiée. Nous avons observé que certaines lésions présentaient des bords concaves en IRM, ce qui, à notre connaissance, n'a jamais été décrit dans la littérature, et semble paradoxal pour un processus expansif.

Objectif : Évaluer la fréquence des bords concaves dans les lésions focales des os longs en IRM.

Matériel et méthodes : Nous avons réalisé une étude observationnelle rétrospective monocentrique sur 586 lésions intra-osseuses focales des os longs, étudiées en IRM dans notre centre de 2015 à 2021. Nous avons évalué le type de contour (concave, non concave ou cortical) pour chaque bord lésionnel, puis comparé le nombre de bords concaves selon le groupe de lésion, le caractère tumoral, et la bénignité.

Résultats : Les 586 lésions correspondaient à 15 groupes de lésions différentes, dont 440 tumeurs (314 bénignes et 126 non bénignes) et 146 processus non tumoraux.

Le nombre de bords concaves par lésion variait significativement selon le groupe de lésion ($p < 0,001$).

Quatre sous-groupes ont été identifiés selon le nombre de bords concaves par lésion, par ordre décroissant : infarctus osseux (sous-groupe 1), dysplasie fibreuse (sous-groupe 2), un ensemble formé par les abcès, chondroblastomes, histiocytoses et kystes osseux anévrysmaux (sous-groupe 3), puis les autres étiologies (sous-groupe 4).

Les lésions bénignes présentaient plus fréquemment des bords concaves que les lésions non bénignes ($p < 0,001$).

Le caractère concave était présent pour au moins deux bords pour toutes les lésions d'infarctus osseux, 44,8% des lésions de dysplasie fibreuse, 20,8% des abcès, 14,8% des chondroblastomes, 12,5% des histiocytoses, 2,9% des métastases. Aucune lésion dans les autres groupes n'avait au moins deux bords concaves.

Conclusion : Notre étude montre la propension de certaines lésions à présenter des bords concaves. Ces bords concaves pourraient constituer un critère sémiologique nouveau et pertinent pour l'analyse des lésions osseuses focales en IRM, et la distinction entre certains groupes de lésions.

Introduction

1 Introduction générale

La découverte d'une lésion osseuse sur un examen d'imagerie est une situation fréquente. Cette lésion osseuse focale peut correspondre à une lésion tumorale primitive, bénigne ou maligne, à une lésion tumorale secondaire (métastase) ou à une lésion non tumorale.

D'un point de vue épidémiologique, la fréquence précise de chaque type de lésion focale est difficile à évaluer. Cependant, les tumeurs primitives bénignes sont nettement plus fréquentes que les tumeurs malignes. Par ailleurs, ces tumeurs primitives sont surpassées en nombre par les métastases.

Un des enjeux est de distinguer ces différentes catégories de lésions, et si possible, de réduire le champ des diagnostics possibles. En effet, il existe une grande variété de lésions osseuses, dont certaines ont des caractéristiques similaires ou non spécifiques. De nombreux travaux radiologiques se sont intéressés à l'approche diagnostique des lésions osseuses focales. Cette approche prend en compte plusieurs caractéristiques de la lésion, parmi lesquelles, la morphologie et les contours lésionnels sont des critères importants.

Dans cette introduction, nous présenterons les points clés concernant les lésions et tumeurs osseuses, ainsi que leur approche diagnostique radiologique.

2 Classification des tumeurs osseuses

Les tumeurs osseuses sont classées selon la classification de l'OMS (WHO Classification) des tumeurs osseuses, publiée en 2020 dans le 3^e volume de la 5^e

édition de la série « WHO Classification of Tumours » [1–4]. Cette classification a été élaborée par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC, ou IARC en anglais, pour « International Agency for Research on Cancer »).

Elle constitue la référence pour la standardisation et le diagnostic des tumeurs osseuses, et repose principalement sur l'anatomopathologie.

Les tumeurs osseuses y sont déclinées par catégories, selon le tissu pathologique qui les compose.

Elles sont également classées selon leur caractère bénin, intermédiaire, ou malin en :

- Tumeur bénigne : non agressive localement, à faible risque de récurrence, et non métastatique.
- Tumeur intermédiaire, localement agressive : ces lésions présentent un risque local de récurrence, ainsi qu'un risque d'agressivité locale ;
- Tumeur intermédiaire, rarement métastatique : ces lésions présentent un potentiel métastatique, restant rare (<2%). Ce potentiel métastatique est imprédictible, ne pouvant être individuellement prédit.
- Tumeur maligne : car agressive localement, présentent un risque de récurrence locale, et un risque significatif de métastases.

Le Tableau 1 reprend l'ensemble de cette classification.

Les lésions osseuses non citées en tant que tumeurs dans cette classification, sont considérées comme des lésions non tumorales, d'origine inflammatoire, infectieuse, dégénérative, traumatique, ou métabolique... Parmi ces lésions non tumorales, nous pouvons citer, sans être exhaustifs ; les abcès osseux, les infarctus osseux, les tumeurs brunes, les kystes mucoïdes, les géodes sous chondrales, les granulomes inflammatoires, et les pseudotumeurs hémophiliques.

Tableau 1. Classification WHO des tumeurs osseuses, d'après [3]

Chondrogenic tumours <i>Benign</i> • Subungual exostosis • Bizarre parosteal osteochondromatous proliferation • Periosteal chondroma • Enchondroma • Osteochondroma • Chondroblastoma NOS • Chondromyxoid fibroma • Osteochondromyxoma <i>Intermediate (locally aggressive)</i> • Chondromatosis NOS • Atypical cartilaginous tumour <i>Malignant</i> • Chondrosarcoma, grade 1 • Chondrosarcoma, grade 2 • Chondrosarcoma, grade 3 • Periosteal chondrosarcoma • Clear cell chondrosarcoma • Mesenchymal chondrosarcoma • Dedifferentiated chondrosarcoma Osteogenic tumours <i>Benign</i> • Osteoma NOS • Osteoid osteoma NOS <i>Intermediate (locally aggressive)</i> • Osteoblastoma NOS <i>Malignant</i> • Low-grade central osteosarcoma • Osteosarcoma NOS • Conventional osteosarcoma Telangiectatic osteosarcoma • Small cell osteosarcoma • Parosteal osteosarcoma • Periosteal osteosarcoma • High-grade surface osteosarcoma • Secondary osteosarcoma Fibrogenic tumours <i>Intermediate (locally aggressive)</i> • Desmoplastic fibroma <i>Malignant</i> • Fibrosarcoma NOS Vascular tumours of bone <i>Benign</i> • Haemangioma NOS <i>Intermediate (locally aggressive)</i> • Epithelioid haemangioma <i>Malignant</i> • Epithelioid haemangioendothelioma NOS • Angiosarcoma	Osteoclastic giant cell-rich tumours <i>Benign</i> • Aneurysmal bone cyst • Non-ossifying fibroma <i>Intermediate (locally aggressive, rarely metastasizing)</i> • Giant cell tumour of bone NOS <i>Malignant</i> • Giant cell tumour of bone, malignant Notochordal tumours <i>Benign</i> • Benign notochordal tumour <i>Malignant</i> • Chordoma NOS • Chondroid chordoma • Poorly differentiated chordoma • Dedifferentiated chordoma Other mesenchymal tumours of bone <i>Benign</i> • Chondromesenchymal hamartoma of chest wall • Simple bone cyst • Fibrous dysplasia • Osteofibrous dysplasia • Lipoma NOS • Hibernoma <i>Intermediate (locally aggressive)</i> • Osteofibrous dysplasia-like adamantinoma • Mesenchymoma NOS <i>Malignant</i> • Adamantinoma of long bones • Dedifferentiated adamantinoma • Leiomyosarcoma NOS • Pleomorphic sarcoma, undifferentiated • Bone metastases Haematopoietic neoplasms of bone <i>Intermediate</i> • Langerhans cell histiocytosis NOS <i>Malignant</i> • Plasmacytoma of bone • Malignant lymphoma, non-Hodgkin, NOS • Hodgkin disease NOS • Diffuse large B-cell lymphoma NOS • Follicular lymphoma NOS • Marginal zone B-cell lymphoma NOS • T-cell lymphoma NOS • Anaplastic large cell lymphoma NOS • Malignant lymphoma, lymphoblastic, NOS • Burkitt lymphoma NOS • Langerhans cell histiocytosis, disseminated • Erdheim-Chester disease • Rosai-Dorfman disease
--	---

* NOS : not otherwise specified

3 Les lésions osseuses focales en imagerie

La mise en évidence d'une lésion osseuse focale sur un examen d'imagerie est une situation fréquente. Cette découverte peut être fortuite chez un patient asymptomatique, ou dans le cadre de l'exploration d'une symptomatologie, telle qu'une douleur, un œdème, ou une impotence fonctionnelle.

Suite à la découverte d'une lésion osseuse sur un examen d'imagerie, il importe de préciser son degré d'agressivité afin de guider la suite de la prise en charge. En effet, dans un premier temps, il sera important de distinguer les lésions non-agressives et probablement bénignes, des lésions présentant un potentiel d'agressivité.

La radiographie standard est généralement considérée comme le meilleur examen en première intention pour la caractérisation d'une lésion osseuse. Plusieurs classifications et arbres décisionnels ont été établis dès les années 1960 pour faciliter cette analyse [5].

L'analyse de la radiographie standard peut parfois être suffisante et s'intéresse à de nombreux critères tels que la localisation de la lésion au sein du squelette, sa localisation au sein même de l'os atteint, ses bords et contours, l'aspect de la corticale, l'atteinte des tissus mous, les appositions périostées et la matrice tumorale formée.

En complément de la radiographie, le scanner peut être utile afin de mieux caractériser la lésion, notamment lorsque celle-ci est difficile à analyser en radiographie en raison de sa localisation, comme au niveau du bassin, ou pour effectuer une biopsie percutanée. L'IRM peut également être utile pour analyser les caractéristiques de la lésion, son signal et son extension locorégionale [6].

En complément des examens d'imagerie, l'approche diagnostique est aidée par la prise en compte des données cliniques comme l'âge (prédilection de certaines lésions à certaines périodes de la vie), les antécédents médico-chirurgicaux, le mode d'apparition et la durée des symptômes, ainsi que par la prise en compte des données biologiques (tel qu'un syndrome inflammatoire biologique, une hyperparathyroïdie...) [7].

Si un diagnostic final n'est pas obtenu par le bilan d'imagerie associé aux données cliniques et paracliniques, un suivi de la lésion, une discussion multidisciplinaire, ou un prélèvement pour une analyse anatomopathologique (gold standard) seront alors envisagés.

Enfin, l'analyse des lésions osseuses en imagerie peut être rendue difficile du fait du grand nombre de critères présents dans la littérature à prendre en compte. Ces critères, bien que parfois bien connus, ne sont pas toujours évalués de manière systématique.

Nous passerons en revue ces critères et classifications en nous focalisant sur les contours lésionnels (ou limites), l'aspect morphologique, et les nouvelles classifications.

3.1 Analyse des contours ou limites d'une lésion osseuse

La radiographie standard a été la première modalité d'imagerie utilisée pour mieux caractériser les lésions osseuses. Elle a donc fait l'objet d'une multitude de publications, et garde une importante valeur pour l'analyse des lésions osseuses [5].

L'analyse des contours lésionnels a été considéré comme un point clé pour une meilleure caractérisation de celles-ci.

Lodwick et al. ont proposé dans les années 1960 une description des contours des lésions ostéolytiques, par rapport au tissu osseux sain adjacent [8]. Cette description a été complétée par plusieurs articles subséquents en 1971 puis en 1980, date à laquelle fut proposée la classification de Lodwick, toujours utilisée à ce jour [5,9].

Cette classification avait pour objectif de décrire les différents types de contours lésionnels rencontrés, selon le degré d'activité de la lésion, décrits selon leur relation avec l'os sain adjacent, plutôt que par la forme globale que prenaient ces contours au niveau de chaque bord de la lésion.

Un an plus tard, en 1981, Madewell et al. ont repris cette classification en détaillant certains points, et en proposant des exemples radiographiques et des représentations schématiques [10].

Plus récemment, en 2016, Caracciolo et al. ont proposé la classification modifiée de Lodwick-Madewell, apportant selon eux une hiérarchie qui reflèterait mieux le degré de malignité de chaque type de contour.

Ces classifications sont radiographiques.

3.1.1 La classification de Lodwick

Cette classification des lésions ostéolytiques décline les types suivants [10]:

- **Type 1** : Ostéolyse à contours géographiques, ou « en carte de géographie ». Elle est définie comme une lésion ostéolytique unique, présentant des marges bien ou mal circonscrites selon le sous type [5], sous-divisant donc de type en 3 sous-types :
 - Type 1A : Ostéolyse à contours géographiques avec des limites nettes, et un liseré de sclérose péri-lésionnel au pourtour de l'ostéolyse. Ces lésions présenteraient une croissance lente. Ainsi, la réaction du tissu

osseux physiologique peut surpasser la vitesse de croissance lésionnelle, créant ainsi ce liseré de sclérose au pourtour.

Ce type de contours s'observe principalement dans les enchondromes, les kystes osseux essentiels, les fibroxanthomes, les fibromes chondromyxoïdes, les chondroblastomes, et la dysplasie fibreuse. Elle peut s'observer également dans certaines autres lésions décrites précédemment comme « inflammatoires », telles que les abcès de Brodie, et les lésions d'histiocytose Langerhansienne.

- Type 1B : Ostéolyse à contours géographiques avec des limites nettes, sans liseré de sclérose péri-lésionnel, évoquant une absence de réaction du tissu osseux péri-lésionnel. Ces lésions ont été décrites dans les articles originaux comme « *punched out lesions* ». Ce type de contours s'observe principalement dans le même type de lésions que celles citées dans le type 1A, notamment le kyste osseux essentiel, l'enchondrome, le chondroblastome, et la DF. La TCG peut également présenter ce type de contours. Cependant, des lésions malignes telles que les métastases et lésions de myélome peuvent présenter ce type de contours.
- Type 1C : Ostéolyse à contours géographiques avec des limites non nettes, flous, réalisant un front progressif de transition avec le tissu osseux sain adjacent. Ces contours flous sont en rapports avec un processus infiltratif local au sein du tissu osseux, mal contenu, s'étendant donc au-delà des limites visibles en radiographie [5].

Ce type de contours s'observe dans les TCG, mais aussi dans les ostéosarcomes et chondrosarcomes.

- **Type 2** : Ostéolyse « mitée » ou « *moth-eaten* ».

Elle est définie comme plusieurs zones d'ostéolyse, éparses ou dispersées, formant de multiples lacunes à limites non nettes, de taille variable, pouvant ensuite confluer.

Ce type d'ostéolyse peut atteindre :

- La médullaire : avec préservation de trabéculations normales entre les zones de lyse, avec parfois même des trabéculations épaissies.
- La corticale : avec des lyses profondes focales débutant principalement sur le versant endosté, et évoluant vers le périoste, puis les tissus mous. Ceci crée des défauts corticaux de forme ovale.

- **Type 3** : Ostéolyse perméative.

Elle est définie comme une ostéolyse atteignant l'os cortical, à l'origine de petites zones lacunaires linéaires ou ovalaires, multiples, donnant un aspect perméatif et feuilleté à la corticale.

Ces types 2 et 3 se rencontrent dans les sarcomes osseux, mais également dans les pathologies inflammatoires telles que ostéomyélites, les anomalies métaboliques et l'histiocytose [5]

Une schématisation de cette classification est représentée dans la Figure 1.

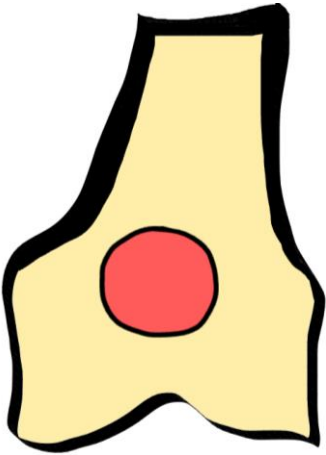
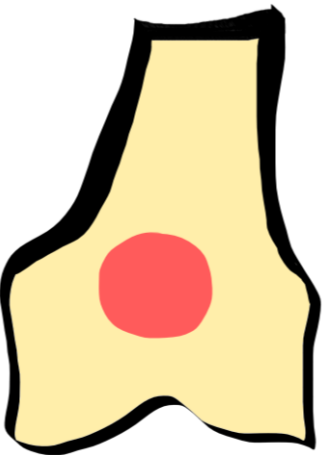
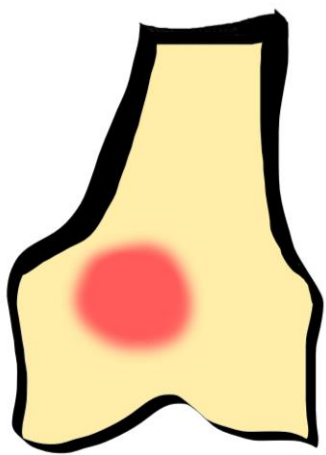
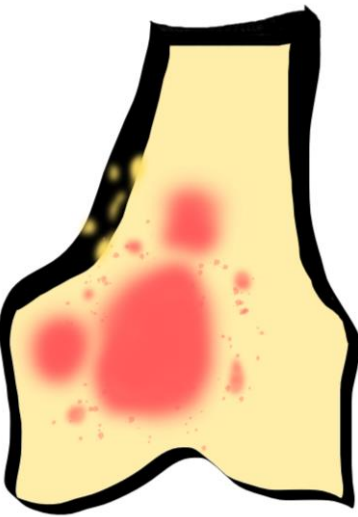
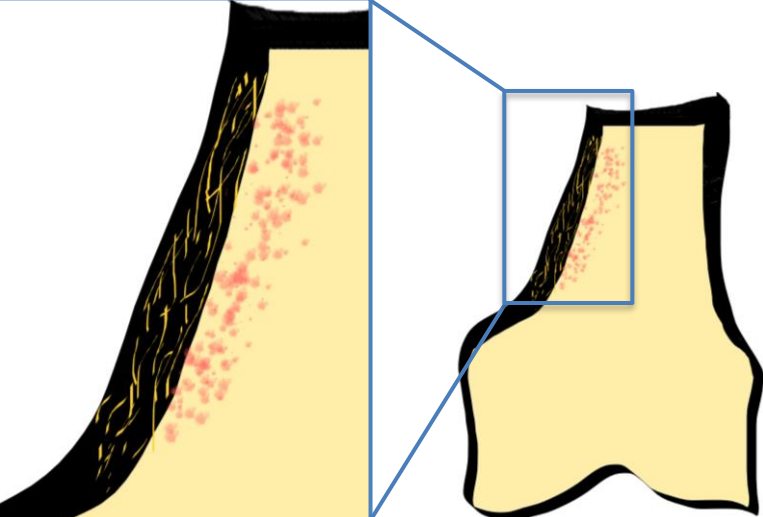
		
Type 1A Ostéolyse à contours géographiques avec des limites nettes, liseré de sclérose péri-lésionnelle	Type 1B Ostéolyse à contours géographiques avec des limites nettes, sans liseré de sclérose	Type 1C Ostéolyse à contours géographiques avec des limites non nettes
		
Type 2 Ostéolyse «mité » ou « <i>moth-eaten</i> »	Type 3 Ostéolyse perméative	

Figure 1. Classification de Lodwick

Le degré d'activité et le degré de croissance tumorale augmentent avec le type.

Les types 1A et 1B sont relativement quiescents, évoquant plutôt la bénignité.

Le type 1C serait intermédiaire, avec environ un rapport d'une lésion bénigne pour une lésion maligne.

Les types 2 et 3 doivent faire évoquer en première intention une tumeur maligne ou agressive localement.

3.1.2 Classification modifiée de Lodwick-Madewell

Cette classification a été publiée par Caracciolo et al en 2016 [11], dans l'optique de proposer une classification qui ferait concilier le degré d'activité avec le degré de malignité.

Dans cette nouvelle classification, l'ancien type 1C de la classification initiale de Lodwick est reclassifié en type 2. En effet, Caracciolo et al. ont démontré qu'au sein de cet ancien type 1C de Lodwick, il existait une proportion quasi-équivalente de lésions bénignes et de lésions malignes. Cette proportion a également été retrouvée dans les articles princeps de Lodwick. Pour Caracciolo et al., ce type 1C n'a donc pas de raison d'être classifié aux côtés des types 1A et 1B.

Les anciens types 2 et 3 de Lodwick (ostéolyse mitée et ostéolyse perméative respectivement), sont dorénavant regroupés au sein d'un seul groupe et sont dénommées type 3B dans cette classification.

Cette classification introduit également deux nouveaux concepts, créant de ce fait 2 nouveaux types :

- Le type 3A : Défini comme une lésion présentant sur des radiographies successives, soit une modification de ses contours (comme par exemple la transition d'un type 1B à un type 2), ou soit la majoration ou l'apparition de scalloping endostés.

- Le type 3C : Défini comme une lésion radiographiquement occulte, visualisée uniquement sur d'autres modalités (échographie, scanner, IRM ou autres techniques d'imagerie en médecine nucléaire par exemple). Ces lésions présenteraient une croissance si rapide que l'infiltration du tissu osseux sain se fait sans qu'il n'y ait de destruction concomitante.

Le Tableau 2 reprend la classification et les points clés.

Tableau 2. Classification modifiée de Lodwick-Madewell

Type 1A	Ostéolyse géographique avec sclérose péri lésionnelle (ancien type 1A de Lodwick)	<i>Ces lésions 1A et 1B évoquent des lésions à croissance lente, plutôt bénignes.</i>
Type 1B	Ostéolyse géographique à limites nettes sans sclérose (ancien type 1B de Lodwick)	
Type 2	Ostéolyse géographique aux contours flous (ancien type 1C de Lodwick)	<i>Proportion quasi-équivalente de lésion bénigne et maligne au sein de ce type</i>
Type 3A	Modification des contours lésionnels ou scalloping endostées progressifs, sur des radiographies successives	<i>Les lésions du type 3 évoquent des lésions agressives, à croissance rapides, devant faire évoquer et éliminer des lésions malignes.</i>
Type 3B	Ostéolyse mitée (ancien type 2 de Lodwick) Et ostéolyse perméative (ancien type 3 de Lodwick)	
Type 3C	Radiographiquement occulte	

3.2 Approche diagnostique selon la morphologie de la lésion

Certaines lésions présentent une morphologie caractéristique permettant d'approcher le diagnostic. Cette morphologie est en rapport avec la forme que prennent les contours des lésions.

Ainsi, Madewell et al. ont décrit les lésions d'infarctus osseux en 1981 comme des lésions à contours curvilinéaires [12]. Il est aujourd'hui fréquent dans la littérature de retrouver une description de ces lésions comme ayant un aspect serpiginieux.

Bien que ces descriptions ne se basent pas toutes sur des études, mais parfois sur l'expérience des auteurs, plusieurs autres exemples sont présents dans la littérature et dans les livres d'enseignement.

Les lésions cartilagineuses ont été décrites comme arrondies, festonnées, lobulées, se rehaussant en arcs et anneaux [13–15], ou encore comme présentant des bords polylobés, allongés, avec inclusion de petits foyers de graisse entre les lobules cartilagineux [15]. L'équipe de Vanel et al. ont décrit la présence d'îlots de cartilage encerclés de graisse médullaire physiologique en IRM dans les enchondromes et les tumeurs cartilagineuses atypiques, qui n'étaient pas retrouvées dans les chondrosarcomes de haut grade [16]. Cet aspect pourrait être comparable à des lobulations marquées.

On peut également citer l'aspect arrondi ou ovalaire attribué aux chondroblastomes, [17], ainsi que l'aspect lobulé, accolé à la corticale, avec présence de septums intra lésionnels en IRM pour les fibromes non ossifiants.

Cet aspect de septums intra-lésionnels, également décrit comme de fausses cloisons créées par des crêtes osseuses séparant la périphérie des lobules tumoraux, a été noté dans les tumeurs à cellules géantes [18].

Les kystes osseux anévrysmaux ont bénéficié de plusieurs descriptions selon les auteurs ; lésions ovalaires, présentant des lobulations [19], lésions présentant des septas ou cloisons osseuses intra-lésionnelles [19–21], et également décrites comme multi-loculées [22]

On note également, sans être exhaustif, la description de contours irréguliers pour la dysplasie fibreuse.

Cependant, aucune étude n'a abordé la forme spécifique des contours au niveau de chaque bord, ni les concavités des contours lésionnels.

3.3 Proposition récente d'algorithmes de raisonnement devant les lésions osseuses

La classification BI-RADS (Breast imaging – Report and data system) a été publiée par l'American College of Radiology (ACR) en 1993, et est toujours utilisée à notre jour dans la majorité des pays du monde pour la classification en imagerie des lésions mammaires [23]. Cette classification était la première d'une longue série de classifications RADS (pour *Reporting and Data Systems*), avec plus de 15 classifications RADS différents décrites à ce jour [24,25].

L'adoption de ces classifications vise à améliorer la systématisation des comptes rendus, en réduisant la variabilité des rapports entre radiologues. Ces classifications RADS fournissent en effet des recommandations pour l'identification, la caractérisation et la rédaction structurée des rapports sur les lésions.

Récemment depuis mars 2021, trois nouvelles classifications RADS pour les lésions osseuses ont été proposées ; le BTI-RADS, l'OT-RADS et le Bone-RADS.

3.3.1 BTI-RADS

Cette première classification des lésions osseuses à voir le jour a été proposée par Ribeiro et al. Nommée BTI-RADS pour Bone Tumor Imaging reporting and data system, elle a été publiée dans le Journal « European Radiology » en mars 2021 [26].

Sa mise en œuvre nécessite un bilan minimal avec disponibilité d'un scanner sans injection et d'une IRM injectée.

Elle se base sur :

- Des données cliniques (l'âge et la localisation tumorale),
- Des caractéristiques scanographiques de la tumeur (localisation osseuse transversale, grade de Lodwick-Madewell modifié, présence d'une réaction périostée agressive, présence d'une maladie métastatique),
- Ainsi que des caractéristiques IRM (taille de la lésion, forme de la lésion, présence d'une prise de contraste, envahissement des tissus mous)

Ces données et caractéristiques permettent de déterminer des indicateurs de bénignité, des indicateurs de malignité mineurs, et des indicateurs de malignité majeurs, comme décrit dans le Tableau 3.

Tableau 3. Indicateurs de la classification BTI-RADS

Indicateurs de bénignité	Taille <15 mm
	Forme ronde/ovale
	Pas de rehaussement lésionnel en IRM
	Pas d'envahissement des tissus mous en IRM
	Localisation corticale/sous-périostée
	Type I de Lodwick-Madewell
	Localisation au niveau des mains ou pieds
Indicateurs de malignité mineurs	Taille ≥ 60 mm
	Age > 50 ans
	Forme irrégulière
	Envahissement des tissus mous en IRM
	Localisation centrée intramédullaire
Indicateurs de malignité majeurs	Localisation au niveau du pelvis
	Type III de Lodwick-Madewell
	Réaction périostée agressive
	Suspicion de métastases

Également, cet article liste 6 types de « *do not touch lesions* », que sont : l'énostose, le kyste osseux essentiel, le fibrome non ossifiant, l'infarctus osseux, les kystes sous-chondraux, et l'hématome sous périosté. La correspondance de la lésion étudiée avec une lésion de cette liste entre en compte pour la classification finale.

En se basant sur les indicateurs sus-cités et la liste des « *do not touch lesions* », les lésions osseuses peuvent être classifiées de BTI-RADS I à BTI-RADS IV, comme décrit dans le Tableau 4.

Tableau 4. Classification BTI-RADS

Classification	Analyse des critères	Interprétation
BTI-RADS I	≥ 2 indicateurs de bénignité et ≤ 1 critère de malignité mineur et des caractéristiques de « <i>do not touch lesion</i> »	Bénin
BTI-RADS II	BTI-RADS I sans caractéristiques de « <i>do not touch lesion</i> »	Probablement bénin
BTI-RADS III	≤ 1 indicateur de bénignité ou < 3 indicateurs de malignité mineurs	Suspicion de malignité
BTI-RADS IV	≥ 3 indicateurs de malignité mineurs ou n'importe quel indicateur de malignité majeur	Probablement malin

3.3.2 OT-RADS

Le deuxième système de classification a été proposé par Chhabra et al. en 2021, publiée dans le « Journal of Computer Assisted Tomography » [27]. Les lésions osseuses y sont classifiées en se basant sur le modèle du BI-RADS, selon 7 catégories, allant de OT-RADS 0 à OT-RADS 6.

Cette classification se base sur une étude des caractéristiques IRM de la lésion, nécessitant donc un bilan « IRM complet », avec au moins un plan T1, un plan T2FS ou STIR, et un plan T1 FS après injection de Gadolinium.

Le classement d'une lésion dans chaque catégorie se base sur les caractéristiques du signal IRM des lésions représentatives de chaque catégorie, telles qu'indiquées par les auteurs dans l'article.

Le Tableau 5 résume cette classification.

Tableau 5. Classification OT-RADS

Catégorie	Interprétation	Probabilité de malignité	Critères d'imagerie en IRM	Lésions représentatives de cette catégorie
OT-RADS 0	Imagerie incomplète	<i>Ne peut s'appliquer</i>	<i>Ne peut s'appliquer</i>	<i>Ne peut s'appliquer</i>
OT-RADS 1	Pas de lésion osseuse	0%	Tissu osseux normal	<i>Ne peut s'appliquer</i>
OT-RADS 2	Lésion bénigne	0%	<u>Rehaussement :</u> - Absent - Fin, ou rehaussement des septas - Du nidus (Ostéome ostéoïde) - Variable <u>Caractéristiques en diffusion :</u> - Hypersignal modéré-marqué en diffusion ainsi qu'en ADC - Effet T2 shine through - $ADC > 1,5 \text{ à } 3 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (à l'exception des tumeurs contenant de la graisse)	Lipome intra osseux (hypersignal T1 homogène sans rehaussement) Kyste osseux essentiel Géode KOA sans atypie (sans composante solide) FNO typique Ostéome ostéoïde avec nidus bien défini de <1,5cm Enchondrome de petite taille sans atypie Hémangiome en hypersignal T1 Ostéochondrome avec coiffe cartilagineuse <1,5cm
OT-RADS 3	Probablement bénigne	=<2%	<u>Rehaussement variable</u> <u>Caractéristiques en diffusion :</u> - Hypersignal modéré-marqué en diffusion ainsi qu'en ADC - $ADC > 1,2 \text{ à } 2 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, caution pour lésions myxoides et TCG	Histiocytose Myxome intra osseux Fibrome chondromyxoïde TCG Chondroblastome Chondromatose synoviale intéressant l'os Enchondrome protuberans (ecchondrome), des mains et pieds Fibrome desomplastique Dysplasie fibreuse Lésions de maladie de Paget Hémangiome épithéloïde

OT-RADS 4	Indéterminé, ou suspicion de malignité	>2% et <50%	<u>Critères IRM :</u> - Signal mixte, - Lésion à composante solide - Mesurant jusqu'à 5cm de longueur <u>Rehaussement :</u> variable <u>Caractéristiques en diffusion :</u> - Hypersignal modéré-marqué en DWI - Hypersignal faible-modéré en ADC - ADC >1,1 à 1,2 x caution idem	Enchondrome avec érosions endostées profondes Tumeur cartilagineuse atypique/Chondrosarcome de grade 1 Ostéoblastome
OT-RADS 5	Haute suspicion de malignité	>50%	<u>Critères IRM :</u> - Signal mixte, - Lésion à composante solide <u>Rehaussement :</u> variable <u>Caractéristiques en diffusion :</u> - Restriction de la diffusion - ADC <1,1 à 1,2 x caution idem	Ostéosarcome Ewing Sarcome pléomorphe Lymphome Myélome Métastase
OT-RADS 6	Tumeur maligne prouvée histologiquement, ou récurrence tumorale connue	Prouvée	Nodule solide, ou masse résiduelle sur le site d'exérèse	Ne peut s'appliquer

3.3.3 Bone-RADS

La dernière classification proposée est celle de Chang et al. publié dans « *Skeletal radiology* » en février 2022, sous l'égide du « *Practice Guidelines and Technical Standards Committee of the Society of Skeletal Radiology (SSR)* » [28].

Cette classification comprend quatre algorithmes spécifiques, deux destinés aux lésions découvertes en scanner (l'un pour les lésions lytiques et l'autre pour les lésions condensantes ou mixtes) et deux autres pour les lésions détectées en IRM (l'un pour les lésions en hypersignal T1 et l'autre pour les lésions en hyposignal T1).

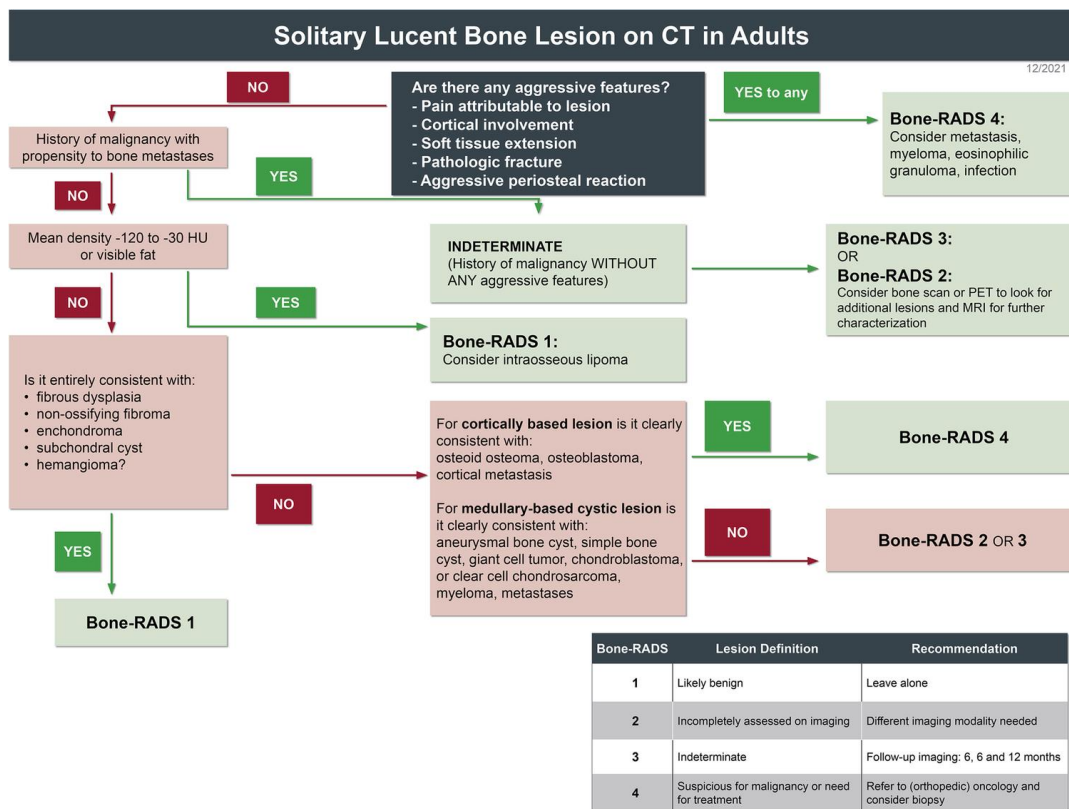
Ces algorithmes permettent par la suite de classer ces lésions selon quatre catégories de suspicion croissante de malignité allant de Bone-RADS I à Bone-RADS IV.

3.3.3.1 Lésions découvertes en scanner :

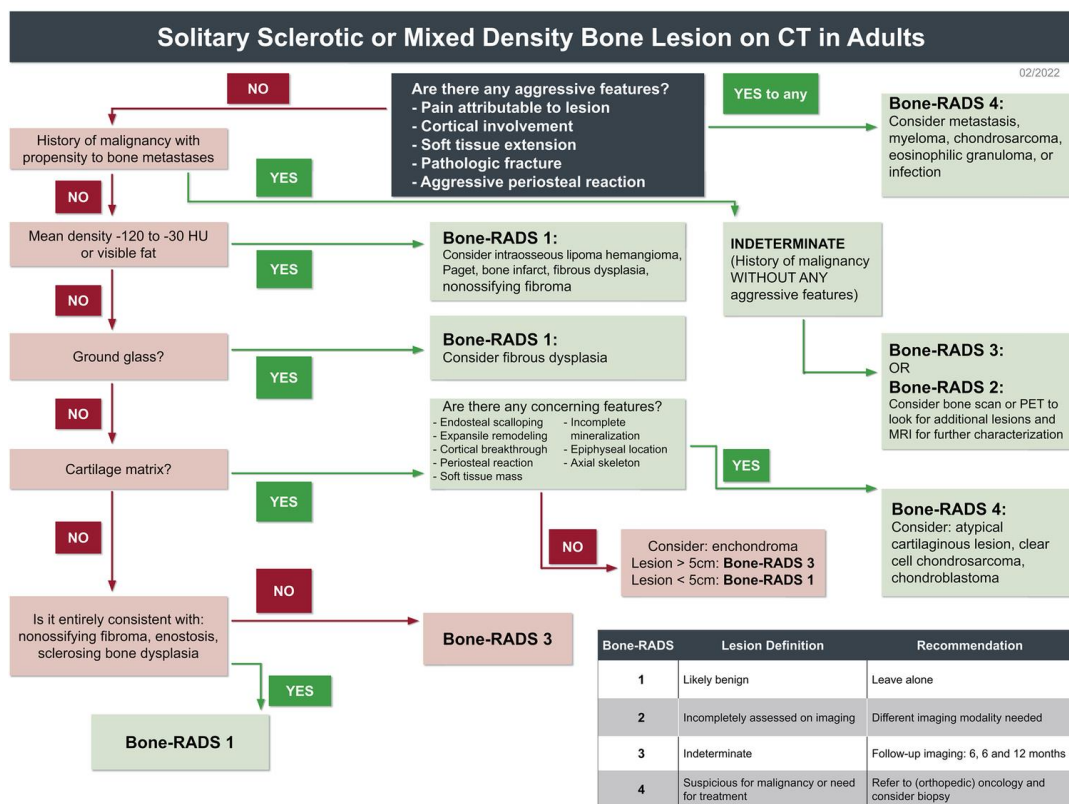
Lors de l'évaluation des lésions osseuses par scanner, une première étape consiste à rechercher des caractéristiques agressives, qui classeraient alors la lésion en Bone-RADS IV. En l'absence de ces caractéristiques, le radiologue suit l'un des deux algorithmes définis en fonction de la lésion (lytique ou sclérotique/mixte).

Ces algorithmes prennent en compte divers critères, tels que les antécédents oncologiques du patient, la présence de graisse intra-lésionnelle et des caractéristiques spécifiques de certaines tumeurs répertoriées dans les algorithmes.

Les différentes étapes des algorithmes Bone-RADS pour les lésions découvertes en scanner sont présentées dans la Figure 2.



A



B

Figure 2. Algorithme d'évaluation des lésions osseuses découvertes en scanner selon Bone-RADS d'après Chang et al. [28]. Figure reprise sans modification (licence CC-by 4.0, [29])

3.3.3.2 Lésions découvertes en IRM :

Pour les lésions détectées en IRM, il convient de suivre l'un des deux algorithmes en fonction du signal T1 de la lésion (hypo ou hyper).

En présence d'une lésion en hypersignal T1, l'algorithme repose sur l'intensité du signal T1, sur le changement du signal entre les séquences en phase et en inversion de phase, et selon le type de rehaussement.

En revanche, pour les lésions en hyposignal T1, l'algorithme s'appuie sur l'intensité du signal T2 de la lésion, complété par d'autres caractéristiques cliniques et d'imagerie.

Les différentes étapes des algorithmes Bone-RADS pour les lésions découvertes en IRM sont présentées dans la Figure 3.

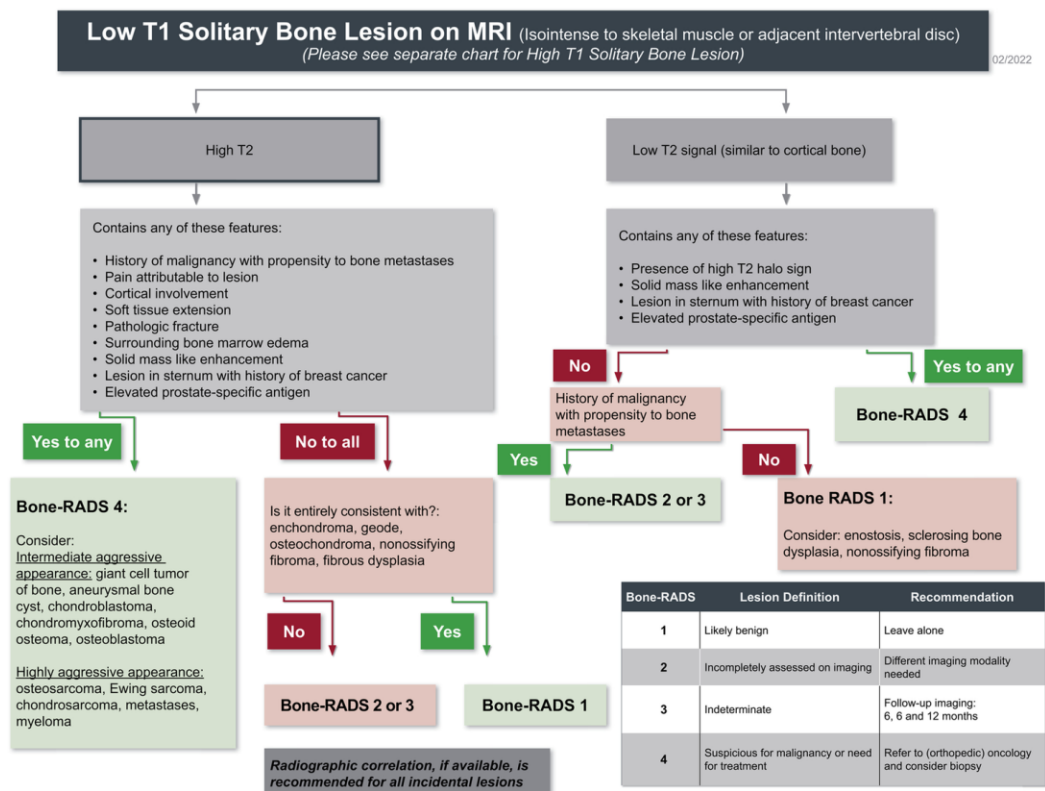
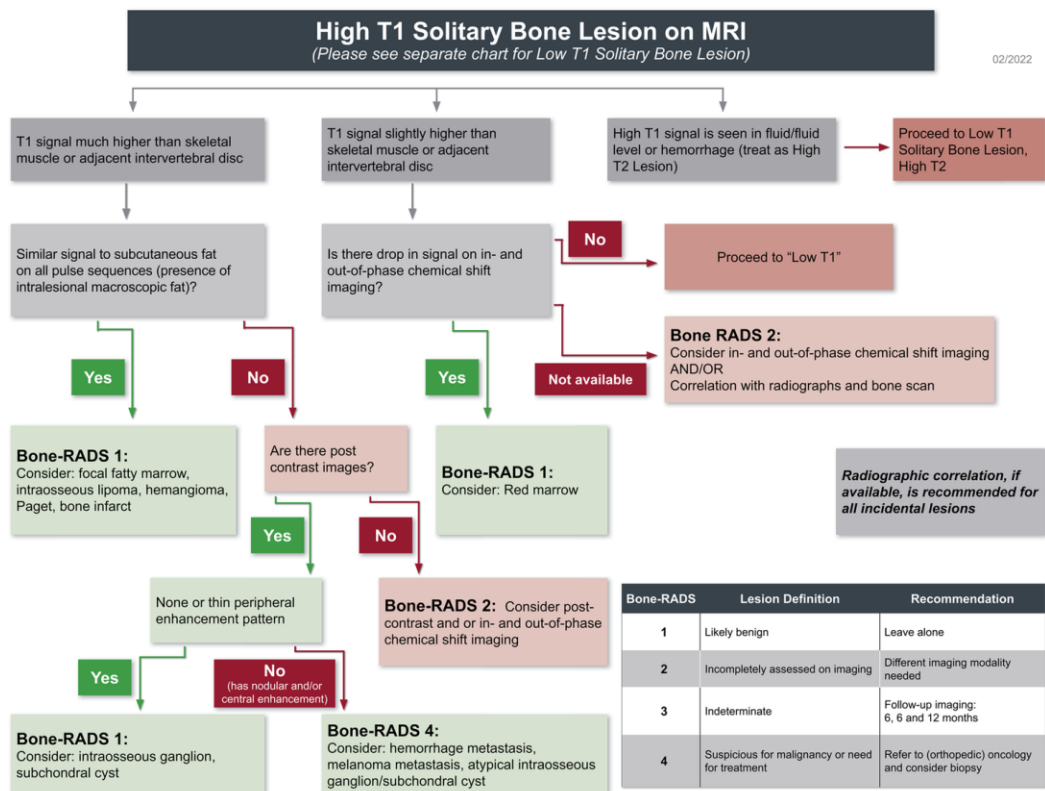


Figure 3. Algorithm d'évaluation des lésions osseuses découvertes en IRM selon Bone-RADS d'après Chang et al. [28]. Figure reprise sans modification (licence CC-by 4.0, [29])

3.4 Autres caractéristiques sémiologiques de la lésion

Parmi les autres critères, tous aussi importants à prendre en compte, nous pouvons citer sans détailler : la localisation de la lésion, la présence d'une réaction périostée, la matrice lésionnelle formée, la taille de la lésion, le nombre de lésions, la présence d'une anomalie de la corticale, et l'extension aux tissus mous [7,22,28,30].

4 Rationnel de l'étude

Les lésions osseuses focales peuvent être d'origine très diverses (tumeurs malignes et bénignes, affections dégénératives, métaboliques, lésions pseudotumorales...). Leur caractérisation en imagerie est souvent difficile et s'appuie sur de nombreux critères, qui peuvent différer selon le type d'imagerie utilisé. L'étude des contours lésionnels est un élément important de cette analyse. Pour les lésions ostéolytiques, la classification de Lodwick-Madewell et sa version modifiée permettent ainsi de caractériser plusieurs grandes catégories. La forme des contours lésionnels a été cependant moins étudiée, en dehors de certaines caractéristiques lésionnelles (contours lobulés des tumeurs cartilagineuses par exemple).

Dans notre pratique quotidienne, nous avons noté l'existence de bords lésionnels parfois concaves de certaines lésions des os longs explorées en IRM, ce qui peut paraître antinomique dans le cadre d'un processus expansif. A notre connaissance, cet élément sémiologique n'a jamais été étudié. Le but de cette étude a donc été d'évaluer si la détection de bords lésionnels concaves pouvait être utile à la caractérisation lésionnelle des lésions tumorales et non tumorales intra-osseuses.

Matériel et méthodes

1 Design de l'étude

Il s'agit d'une étude observationnelle rétrospective monocentrique menée au sein du CHU de Lille.

2 Patients et données

2.1 Recrutement des patients

Tous les examens IRM réalisés au sein du CHU de Lille dans le cadre de l'exploration d'une ou plusieurs lésions intraosseuses focales des os longs de janvier 2015 à décembre 2021, ont été recherchés à l'aide du logiciel « Philips Illuminate ».

2.2 Critères d'éligibilité au recrutement

Les critères d'éligibilité au recrutement étaient :

- Localisation de la lésion au sein des os longs du squelette appendiculaire (fémur, tibia, fibula, humérus, ulna, et radius) ;
- Disponibilité d'une imagerie par IRM avec au moins 2 plans orthogonaux.

1076 lésions intra-osseuses étaient éligibles.

2.3 Critères d'exclusion

Sur les 1076 lésions éligibles, 490 ont été exclues pour :

- Un diagnostic incertain sur les données anatomopathologiques, bactériologiques, en imagerie et/ou au suivi : 118 lésions ;
- Ostéolyse agressive détruisant la corticale et/ou fracture pathologique ne permettant pas l'analyse des contours osseux : 131 lésions ;
- Antécédent de traitement de la lésion ou présence de matériel : 41 lésions ;
- Petite taille lésionnelle (lésions < 1 centimètre) : 133 lésions ;
- IRM de qualité sous-optimale (protocole, artefacts, mouvements du patient...) : 128 lésions.

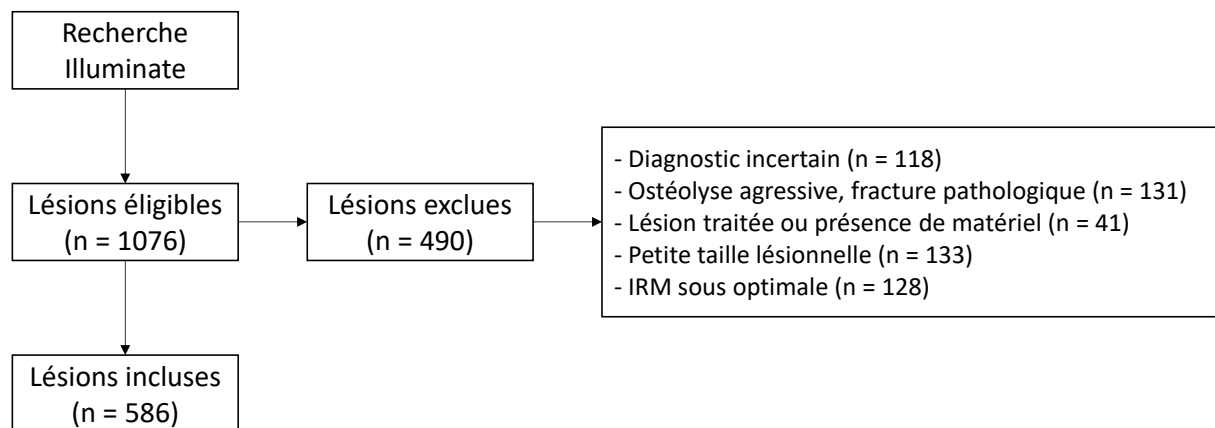


Diagramme 1. Lésions éligibles et exclues

2.4 Lésions incluses

Les lésions non exclues avaient toutes un diagnostic final certain, établi selon :

- Une confirmation anatomopathologique (127 cas) ;
- Une confirmation bactériologique sur ponction ou biopsie, au trocart ou chirurgicale (24 cas) ;
- Leur appartenance aux « *Do not touch lesions* » typiques, en accord avec les critères établis (203 cas) ;
- Un diagnostic obtenu par consensus multidisciplinaire et/ou un suivi de la lésion (232 cas).

Les « *Do not touch lesions* » typiques ont été définis selon les critères établis de la littérature, la liste des « *Do not touch lesions* » proposée dans le BTI-RADS, et l'article de Vanel et al. des « *leave me alone lesions* » [26,31–38].

De ce fait, ont été considérés comme « *Do not touch lesions* » typiques : les fibromes non ossifiants sans œdème péri-lésionnel ou masse adjacente des parties molles, les kystes sous chondraux périarticulaires de signal liquidien et non rehaussés, les kystes osseux essentiels sans signe d'atypie, ainsi que les infarctus osseux typiques de signal graisseux.

Concernant le consensus multidisciplinaire associé au suivi de la lésion, celui-ci a été réalisé selon les critères établis, à savoir, pour les lésions concernées :

- Dysplasie fibreuse : Lésion typique, en verre dépoli en scanner et/ou avec l'aspect de « *milk-cloud* » en IRM [39–41].
- Enchondrome : lésion cartilagineuse sans critère d'atypie en imagerie, et/ou stable sur 2 ans [38,42,43].

- Myélome et métastase : Lésion ostéolytique, parfois multiple, avec un contexte concordant, dont le diagnostic est aidé par d'autres techniques d'imagerie, et avec un suivi d'au moins un an du dossier clinique et d'imagerie rendant le diagnostic certain (réponse à un traitement, apparition de nouvelles lésions, biopsie ostéo-médullaire non lésionnelle...) [44–47].
- Tumeur brune : Lésion ostéolytique, parfois multiple avec un contexte concordant, associés à d'autres anomalies notamment radiologiques en rapport avec des signes d'hyperparathyroïdie, et dont le diagnostic est aidé par d'autres techniques d'imagerie médicale et de médecine nucléaire [48–50].

Nous notons que certaines lésions de dysplasie fibreuse, enchondrome, lésions de myélome et métastase, tumeurs brunes, et des « *Do not touch lesions* » ont fait l'objet d'une confirmation anatomopathologique, et ont donc été classés dans les effectifs de ce groupe.

3 Données recueillies

3.1 Données cliniques

Les données cliniques recueillies pour chaque lésion étaient :

- Le sexe et l'âge du patient ;
- La date de l'IRM ;
- Le diagnostic lésionnel final retenu.

3.2 Données d'imagerie

Les signes IRM suivants étaient analysés pour chaque lésion :

- L'os long affecté ;
- La topographie épiphysaire, métaphysaire et/ou diaphysaire ;
- La taille de la lésion selon son grand axe ;
- Le type de contour pour chacun de ses bords (antérieur, postérieur, médial, latéral, proximal, distal) déclinés comme suit (Figure 4) :
 - Concave : bord concave en dehors (partiellement ou complètement), avec un contour lisse et régulier ;
 - Non concave : en l'absence de concavité du contour lésionnel défini comme ci-dessus ;
 - Convexe, lisse et régulier.
 - Linéaire, lisse et régulier.
 - Indenté : correspondant à un bord irrégulier.
 - Cortical : Lorsque le contour lésionnel était adossé à la corticale, ce qui ne permettait pas de bien l'analyser.

Bords indentés

Les bords indentés correspondaient à des bords irréguliers, et regroupaient sous ce terme les morphologies de contours suivantes, que nous avons défini :

- Indentation de type a : petites **indentations** focales en dedans du contour osseux, sans modification significative de la forme du contour ; le contour restant globalement convexe, linéaire ou concave, mais non lisse ni régulier ;
- Indentation de type b : **incurvation** en dedans déformant de façon significative le contour lésionnel, avec une forme d'incurvation typiquement en V ;

- Indentation de type c : **invagination** en dedans du contour lésionnel ; les bords de l'invagination restant convexes en dehors de part et d'autre de la base de l'invagination.

Ces trois types d'indentations étaient parfois associés sur le même bord. Nous les avons décrit comme indenté car le contour était toujours irrégulier. La caractérisation de l'indentation en type a, b et c, est clarifiée ici pour une meilleure compréhension de ces aspects, et afin de discuter de ces morphologies de contours dans la discussion.

Cas particulier : bords tubulés

Les aspects tubulés intralésionnels (invagination marquée d'os normal de plus d'un cm de profondeur) étaient signalés. Ces bords ont été cotés comme concave pour les analyses, mais ils ont été individualisés pour la discussion.

Méthode de cotation des bords

Les contours ont été évalués par un lecteur sénior expérimenté en imagerie ostéoarticulaire, sur console d'interprétation, sur le logiciel « Philips IntelliSpace PACS Radiology ® ».

Afin de coter un bord, nous identifions premièrement si ce bord était adossé à la corticale et non analysable. Dans ce cas, nous le cotions en cortical.

Le cas contraire, nous nous focalisons sur la présence d'une concavité.

En l'absence de concavité, le bord était coté non concave selon son aspect régulier ou non régulier.

Iconographie schématisée

La Figure 4 reprend les types de contours sur des représentations schématiques de lésions osseuses du fémur distal.

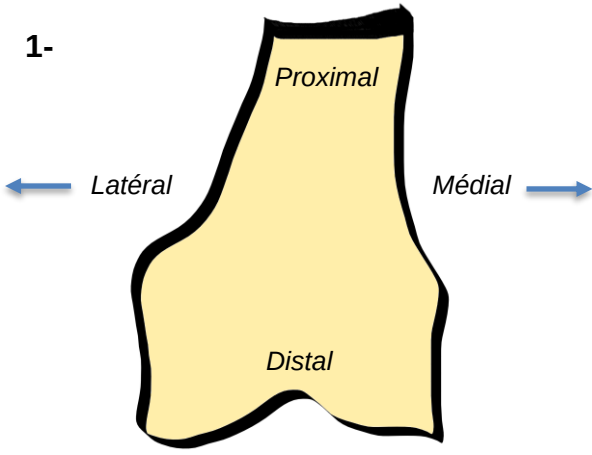
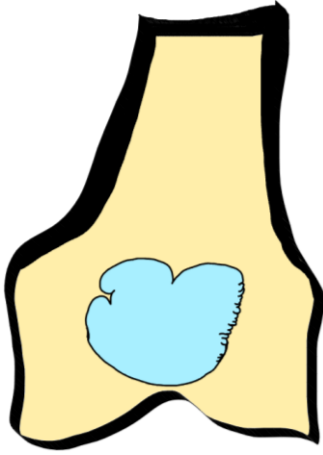
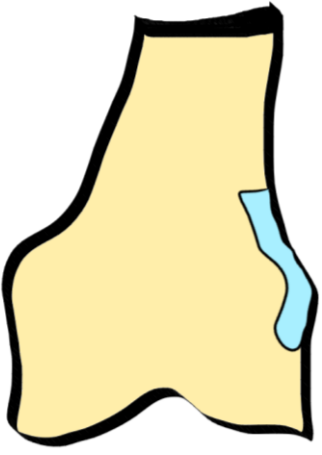
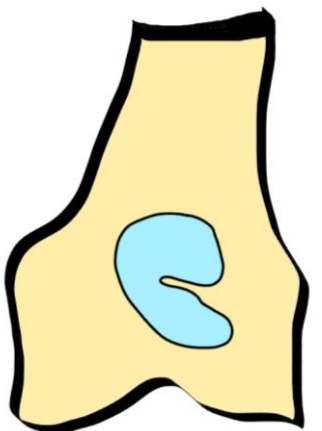
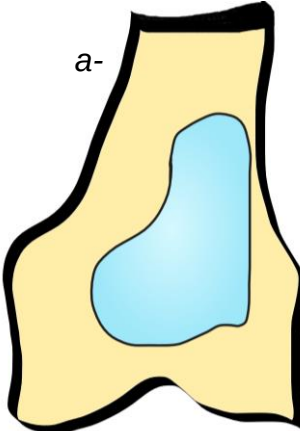
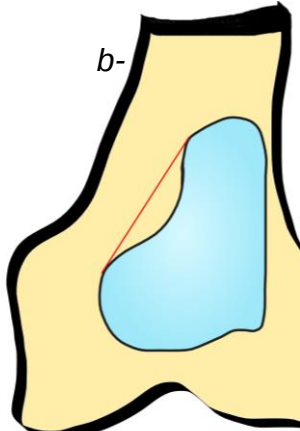
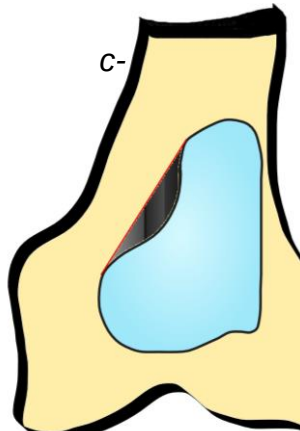
1- 	2- 	3- 
Repères	Le bord médial est indenté : petites indentations déformant peu le contour (type a) Le bord latéral présente une invagination : indentation de type c Le bord proximal présente une incurvation en V de type b Le bord distal est convexe, lisse et régulier	
4- 	5- a-  b-  c- 	
Invagination marquée de plus d'un cm sur le bord médial : bord médial tubulé	Le bord latéral est concave. Une ligne tracée entre les deux bords de la lésion (b), laisse apparaître du tissu osseux normal en regard de ses deux versants (c)	

Figure 4. Représentations schématiques de contours osseux

4 Analyse de données

Nous avons réalisé des tableaux descriptifs déclinés pour chaque lésion, reprenant la répartition des bords présentés.

Nous avons cherché à déterminer s'il existait une différence statistiquement significative du nombre de bords concaves par lésion entre les groupes de lésions étudiés, puis nous avons réalisé une analyse post-hoc de comparaisons multiples par paires entre les groupes. Nous avons ensuite réalisé des analyses en sous-groupes selon le nombre de bords concaves présentés par lésion.

Enfin, nous avons cherché à savoir s'il existait une différence significative du nombre de bords concaves par lésion, entre :

- Les lésions non tumorales et les lésions tumorales ;
- Les lésions bénignes (lésions non tumorales et tumorales bénignes) et les tumeurs intermédiaires et malignes ;
- Les tumeurs bénignes et les tumeurs intermédiaires et malignes.

5 Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R version 4.3.1 (R ; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Les variables qualitatives, binaires, ou discrètes sont exprimées en effectif et pourcentage.

Les variables quantitatives gaussiennes sont exprimées en moyenne et écart type (SD, standard deviation), et les variables quantitatives non gaussiennes en médiane, premier et troisième quartile (Q1, Q3).

La normalité de la distribution des données a été évaluée graphiquement, puis à l'aide du test de Shapiro–Wilk.

Les variables quantitatives ont été comparées entre deux groupes à l'aide du test de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Les variables quantitatives ont été comparées entre plus de deux groupes grâce à une méthode non paramétrique devant l'absence de normalité des distributions, à l'aide du test de Kruskal-Wallis (ANOVA unidirectionnelle sur rangs), suivi d'une analyse post-hoc de comparaisons multiples par paires à l'aide du test de Dunn avec correction par méthode de Bonferroni.

Les p-values et p-values corrigées par méthode de Bonferroni sont considérées comme significatives au seuil de 5%.

6 Cadre réglementaire

Cette étude a été réalisée en accord avec les recommandations de la commission d'examen locale et avec la déclaration d'Helsinki.

Le traitement informatique a été déclaré à l'équipe Déléguée à la Protection des Données du GHT Lille Métropole Flandre intérieure.

Il a fait l'objet d'une autorisation de mise en conformité vis-à-vis de la CNIL et a été intégrée dans le registre des traitements du Centre Hospitalier Régional Universitaire de Lille sous le numéro DEC23-145.

Les figures empruntées de la littérature ont été reprises selon les conditions des licences Creative Commons [29,51,52].

Les autres figures présentées dans ce document ont été créés par l'auteur via l'outil Sketchpad®.

Il n'existe pas de financement ou de conflits d'intérêt à déclarer.

Résultats

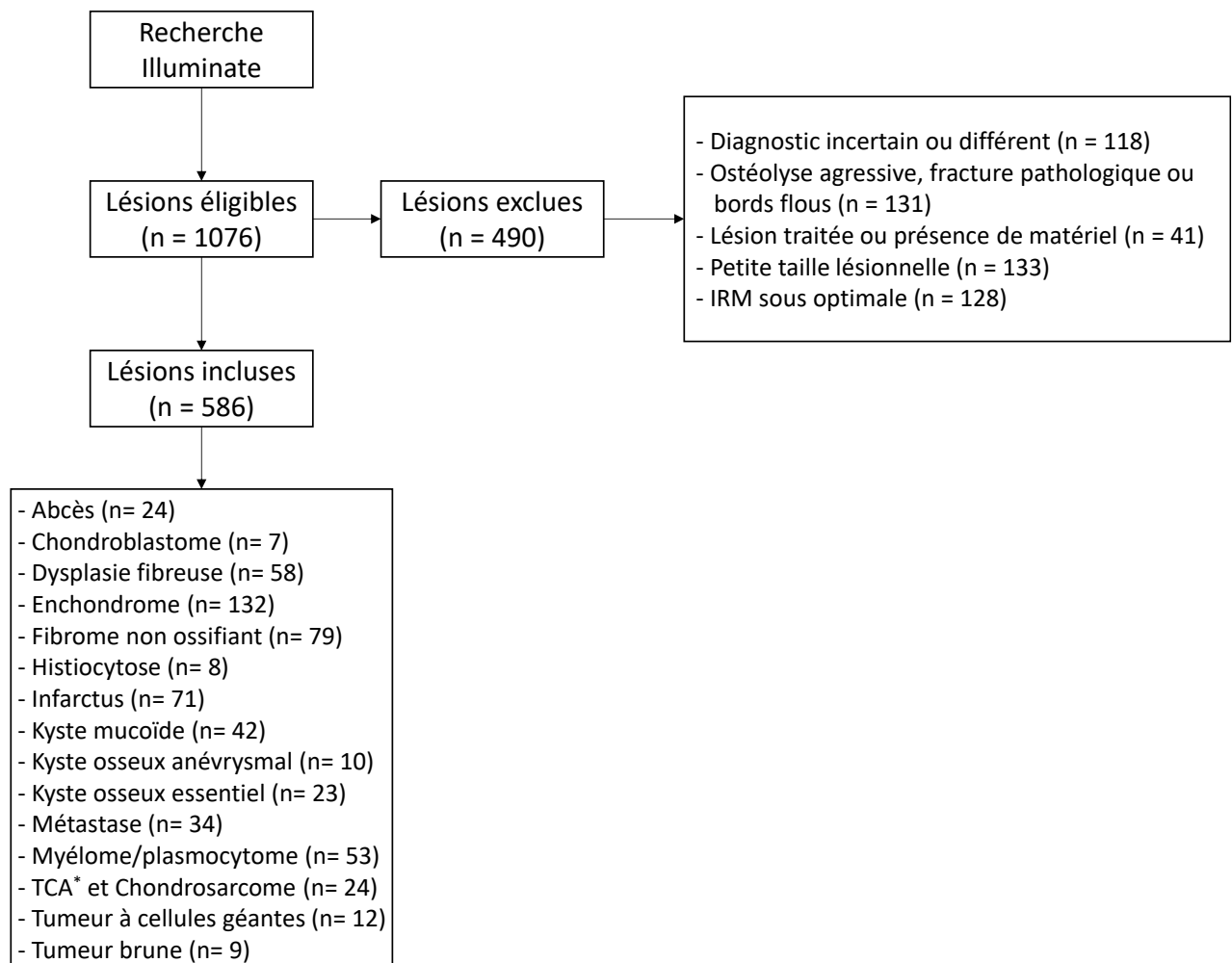
1 Flowchart

Le Diagramme 2 représente le *flowchart* (diagramme de flux).

Nous avons identifié 1076 lésions éligibles à l'inclusion.

Par la suite, 490 lésions ont été exclues.

586 lésions ont été incluses, appartenant à 15 groupes.



* TCA : tumeur cartilagineuse atypique

Diagramme 2. Flowchart

2 Description des lésions à l'inclusion

Le Tableau 6 reprend les caractéristiques des patients.

Les 586 lésions retenues pour cette étude étaient observées chez 494 patients. Ces lésions étaient uniques chez 441 patients (89,3%), 33 présentaient 2 lésions, et 20 patients présentaient de 3 à 7 lésions.

Tableau 6. Caractéristiques des patients

Caractéristiques des patients (n=494)	
Sexe	
• Homme	246 (49,8%)
• Femme	248 (50,2%)
Age	
	44 ans Q1-Q3 : [22 ; 58]
Nombre de lésions du même type par patient	
• Lésion unique	441 (89,3%)
• 2 lésions	33 (6,7%)
• 3 lésions	9 (1,8%)
• 4 lésions	7 (1,4%)
• 5 lésions	1 (0,2%)
• 6 lésions	2 (0,4%)
• 7 lésions	1 (0,2%)

Le Tableau 8 reprend les caractéristiques des lésions.

296 lésions (50,5%) étaient observées chez des hommes contre 290 (49,5%) chez des femmes, avec un âge médian de 46 ans (allant de 14 mois à 86 ans).

Parmi les 586 lésions, on retrouvait 440 (75,1%) tumeurs dont 314 bénignes et 126 non bénignes, ainsi que 146 autres étiologies non tumorales de lésions focales.

Les lésions osseuses ont été classées par catégories et groupes de lésions (Tableau 7). Notre classification s'appuie sur la classification WHO 2020. Les lésions n'étant pas citées comme tumeurs dans la classification WHO ont été classées comme lésions non tumorales.

Tableau 7. Classification des lésions et effectifs

Catégorie		Groupe	Nombre de cas
Lésions tumorales n = 440	Tumeur bénigne n = 314	Chondroblastome	7
		Dysplasie fibreuse	58
		Enchondrome	130
		FNO	79
		Kyste osseux anévrysmal	10
		Kyste osseux essentiel	23
	Tumeur intermédiaire et maligne n = 126	TCA/Chondrosarcome	24
		Myélome et plasmocytome	53
		Histiocytose Langerhansienne	8
		Métastase osseuse	34
		Tumeur à cellules géantes	12
Lésions non tumorales n = 146		Abcès osseux	24
		Infarctus	71
		Kyste mucoïde	42
		Tumeur brune	9

Les lésions siégeaient au fémur (331 cas ; 56,5%), tibia (138 lésions ; 23,5%), humérus (92 lésions ; 15,7%), fibula (18 lésions ; 3,1%), radius (4 lésions ; 0,7%), et ulna (3 lésions ; 0,5%). On retrouvait 194 (33,1%) lésions siégeant dans la métaphyse, 151 (25,8%) dans la métaphyse et la diaphyse, 119 (20,3%) dans la

diaphyse, 59 (10,1%) dans l'épiphyse et la métaphyse, 47 (8%) dans l'épiphyse, et enfin 16 (2,7%) épiphyso-métaphyso-diaphysaires.

La taille lésionnelle médiane était de 3 cm (allant de 1 cm à 44 cm).

Tableau 8. Caractéristiques des lésions

Caractéristiques démographiques des lésions (n=586)	
Sexe	
• Homme	296 (50,5%)
• Femme	290 (49,5%)
Age	
	46 ans
	Q1-Q3 : [23 ; 60]
Caractéristiques des lésions (n=586)	
Type de lésion	
• Lésion non tumorale	146 (24,9%)
• Tumeur	440 (75,1%)
• <i>Bénigne</i>	314 (53,6%)
• <i>Intermédiaire et maligne</i>	126 (21,5%)
Localisation dans le squelette	
• Fémur	331 (56,5%)
• Tibia	138 (23,5%)
• Fibula	18 (3,1%)
• Humérus	92 (15,7%)
• Ulna	3 (0,5%)
• Radius	4 (0,7%)
Localisation dans l'os	
• Epiphyse	47 (8%)
• Métaphyse	194 (33,1%)
• Diaphyse	119 (20,3%)
• Epiphyse et métaphyse	59 (10,1%)
• Métaphyse et diaphyse	151 (25,8%)
• Epiphyse, métaphyse et diaphyse	16 (2,7%)
Taille de la lésion (cm)	
	3
	Q1-Q3 : [1,7 ; 5]

3 Description des contours selon le groupe de lésion

Chaque lésion présentant 6 bords, 3516 bords ont donc été étudiés.

Nous débuterons cette partie par la description des observations selon le groupe de lésion, avec des exemples d'iconographie, en déclinant l'ensemble des lésions étudiées, puis nous traiterons l'analyse des concavités dans la partie suivante.

3.1 Abcès osseux

Tableau 9. Tableau descriptif - Abcès osseux

n = 24	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	18 (75%)	6 (25%)	5 (20,8%)	2 (8,3%)	2 (8,3%)	1 (4,2%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	24 (100%)	23 (95,8%)	22 (91,7%)	22 (91,7%)	18 (75%)	17 (70,8%)
- Convexe	0 (0%)	24 (100%)	19 (79,2%)	16 (66,7%)	15 (62,5%)	9 (37,5%)	4 (16,7%)
- Indentation	13 (54,2%)	11 (45,8%)	8 (33,3%)	6 (25%)	3 (12,5%)	2 (8,3%)	0 (0%)
- Linéaire	18 (75%)	6 (25%)	2 (8,3%)	1 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	23 (95,8%)	1 (4,2%)	1 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 24 abcès, 18 (75%) n'en présentaient aucun, 6 (25%) en présentaient au moins un, et 5 (20,8%) en présentaient au moins deux.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 13 abcès (54,2%), au moins un bord indenté pour 11 abcès (45,8%), et au moins deux bords indentés pour 8 abcès (33,3%).

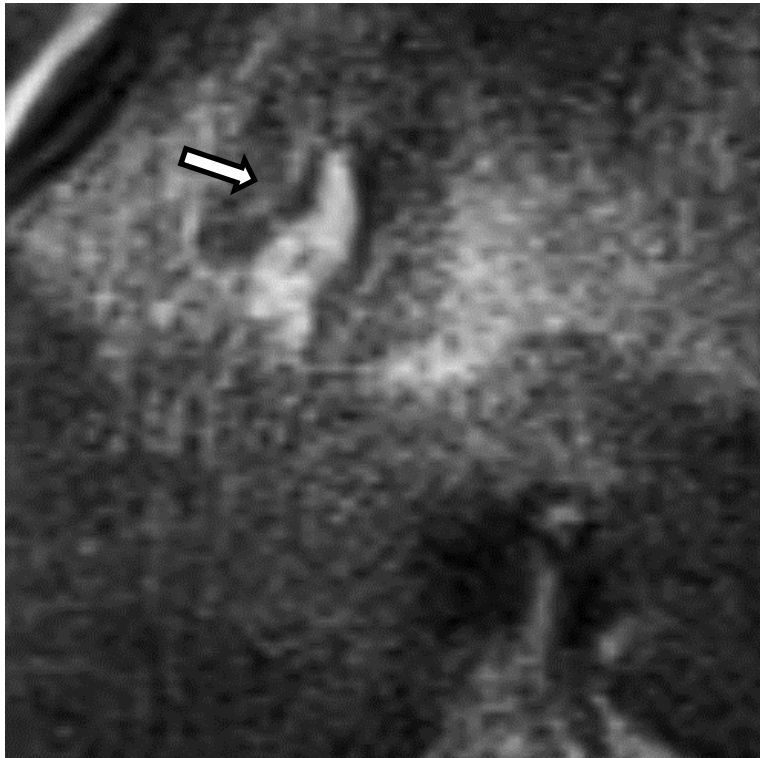


*Figure 5. Abscès osseux :
Le bord médial est concave (flèche).*



*Figure 6. Abscès osseux :
Le bord distal est concave (flèche).*



*Figure 7. Abscès osseux :
Le bord distal est linéaire (flèche). Cet aspect linéaire pourrait être dû à la présence de la physe en regard, limitant la progression de la lésion.*



*Figure 8. Abscès osseux :
Le bord proximal est concave (flèche).*

3.2 Chondroblastome

Tableau 10. Tableau descriptif - Chondroblastome

n = 7	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	4 (57,1%)	3 (42,9%)	1 (14,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	7 (100%)	7 (100%)	6 (85,7%)	5 (71,4%)	5 (71,4%)	3 (42,9%)
- Convexe	0 (0%)	7 (100%)	6 (85,7%)	4 (57,1%)	4 (57,1%)	2 (28,6%)	0 (0%)
- Indentation	2 (28,6%)	5 (71,4%)	2 (28,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
- Linéaire	5 (71,4%)	2 (28,6%)	1 (14,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	4 (57,1%)	3 (42,9%)	2 (28,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 7 chondroblastomes, 4 (57,1%) n'en présentaient aucun, 3 (42,9%) en présentaient au moins un, et 1 (14,3%) en présentaient au moins deux.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 2 chondroblastomes (28,6%), au moins un bord indenté pour 5 chondroblastomes (71,4%), et au moins deux bords indentés pour 2 chondroblastomes (28,6%).

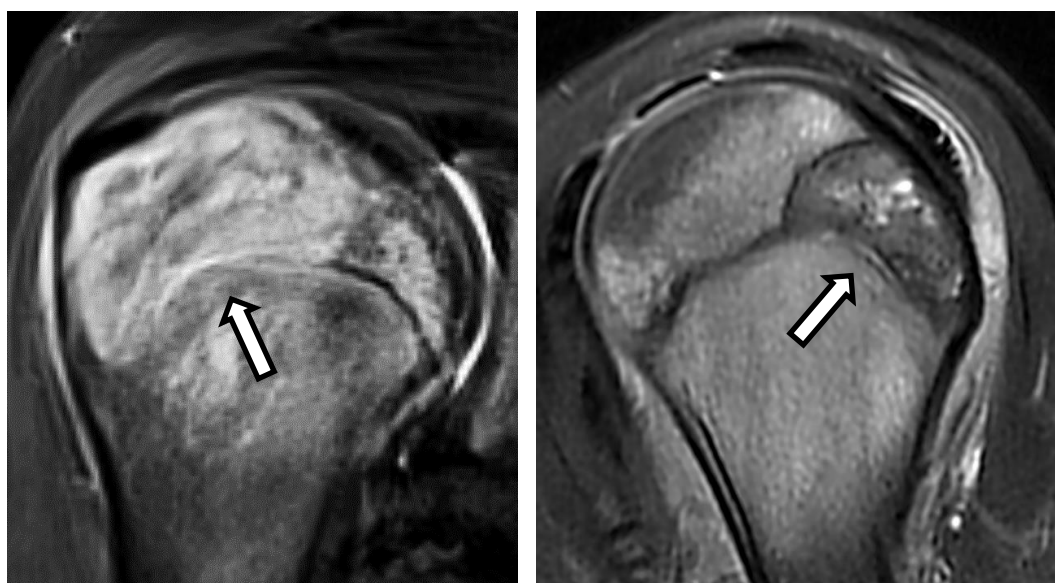


*Figure 9. Chondroblastome (cas différents) :
Bords distaux concaves (flèches).
Ces concavités semblent en rapport avec la physe*



Figure 10. Chondroblastome :
Présence d'indentations de type a, déformant peu le contour qui est globalement convexe (flèche).

3.3 Dysplasie fibreuse

Tableau 11. Tableau descriptif - Dysplasie fibreuse

n = 58	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	20 (34,5%)	38 (65,5%)	26 (44,8%)	9 (15,5%)	4 (6,9%)	2 (3,4%)	0 (0%)
Non concave	12 (20,7%)	46 (79,3%)	35 (60,3%)	27 (46,6%)	23 (39,7%)	13 (22,4%)	8 (13,8%)
- Convexe	24 (41,4%)	34 (58,6%)	21 (36,2%)	12 (20,7%)	6 (10,3%)	5 (8,6%)	1 (1,7%)
- Indentation	54 (93,1%)	4 (6,9%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
- Linéaire	20 (34,5%)	38 (65,5%)	17 (29,3%)	8 (13,8%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	0 (0%)
Cortical	15 (25,9%)	43 (74,1%)	35 (60,3%)	22 (37,9%)	16 (27,6%)	1 (1,7%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 58 lésions de dysplasie fibreuse, 20 (34,5%) n'en présentaient aucun, 38 (65,5%) en présentaient au moins un, et 26 (44,8%) en présentaient au moins deux.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 54 lésions (93,1%), et au moins un bord indenté pour 4 lésions (6,9%).

On notait que 17 lésions (29,3%) présentaient au moins 2 bords linéaires.



*Figure 11. Dysplasie fibreuse:
Bord proximal concave (flèche)*

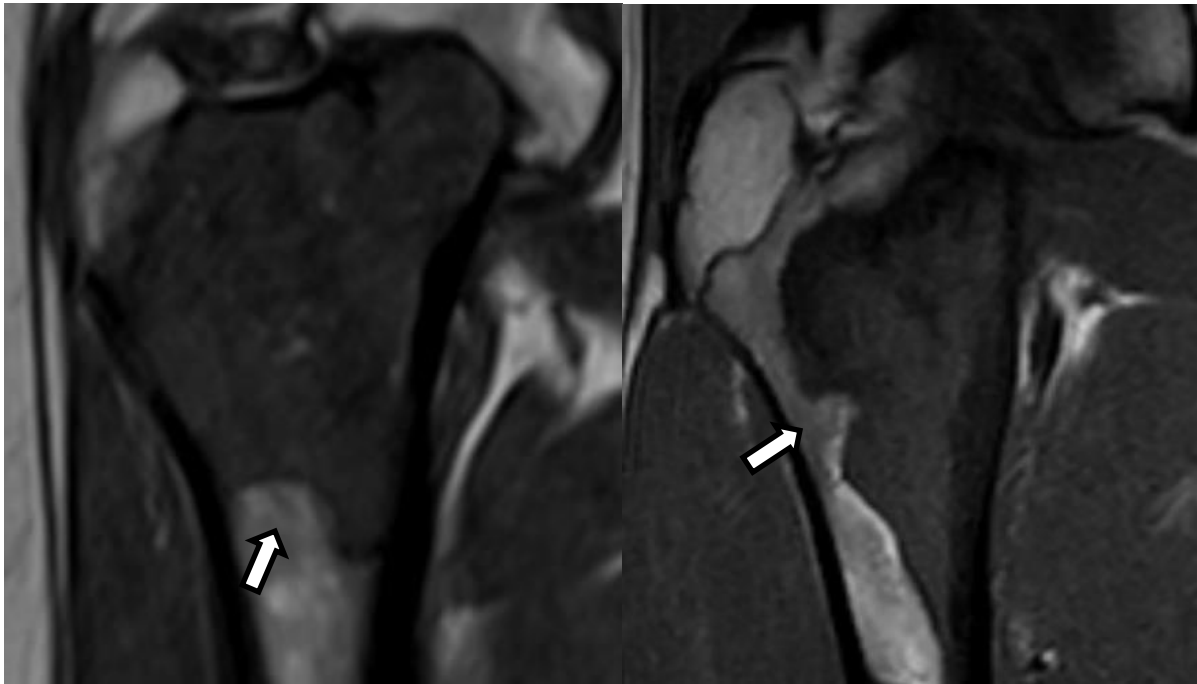


*Figure 12. Dysplasie fibreuse:
Bords concaves (flèches)*

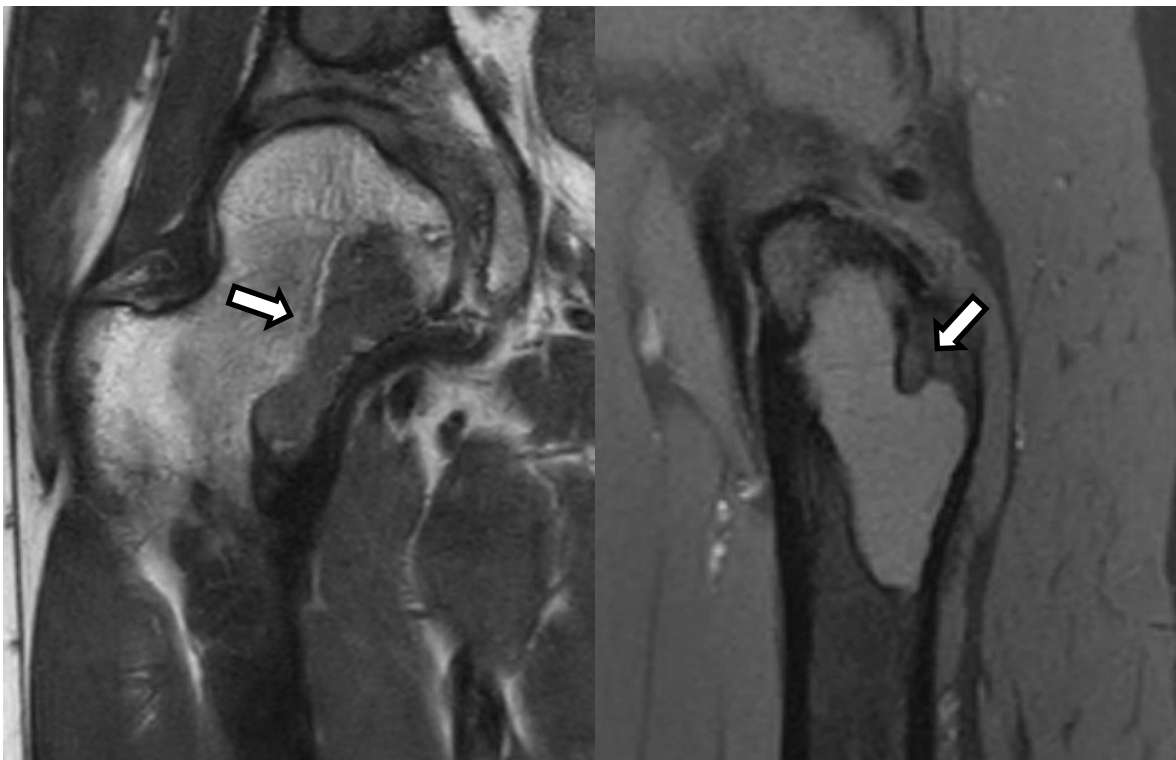


*Figure 13. Dysplasie fibreuse (cas différents) :
Bords concaves (flèches)*

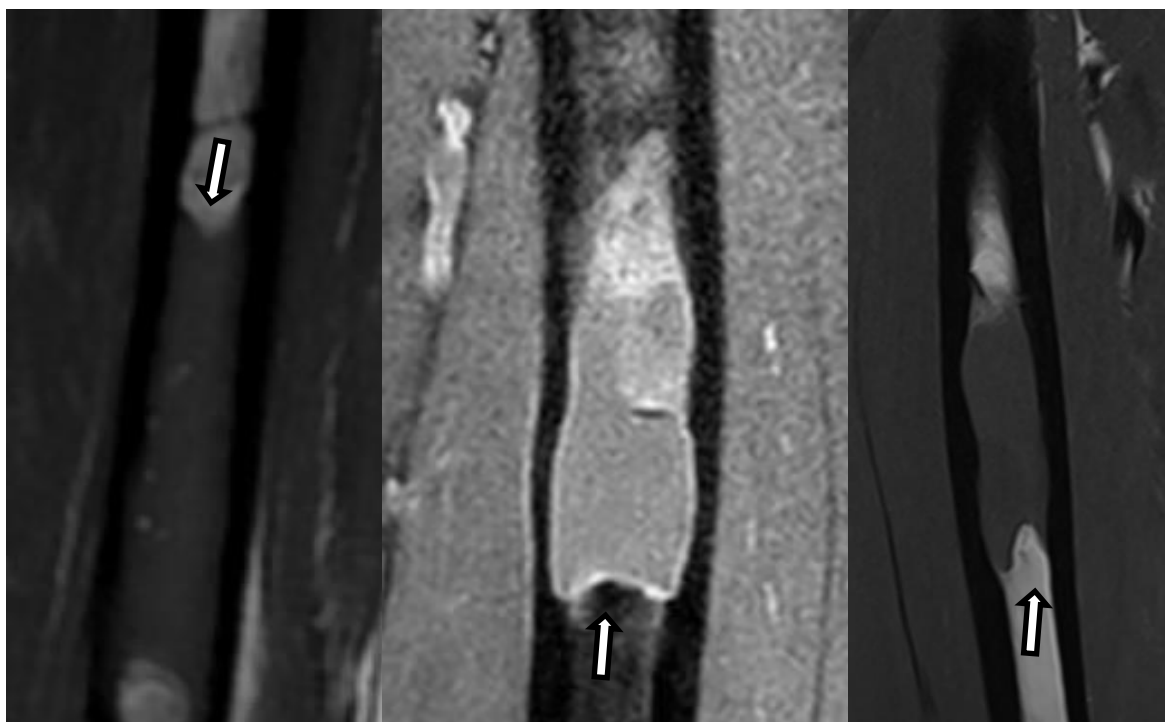


*Figure 14. Dysplasie fibreuse (cas différents)
Bords concaves (flèches)*

3.4 Enchondrome

Tableau 12. Tableau descriptif - Enchondrome

n = 132	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	132 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	132 (100%)	132 (100%)	124 (93,9%)	122 (92,4%)	117 (88,6%)	97 (73,5%)
- Convexe	76 (57,6%)	56 (42,4%)	39 (29,5%)	25 (18,9%)	15 (11,4%)	7 (5,3%)	0 (0%)
- Indentation	0 (0%)	132 (100%)	121 (91,7%)	106 (80,3%)	95 (72%)	71 (53,8%)	56 (42,4%)
- Linéaire	131 (99,2%)	1 (0,8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	97 (73,5%)	35 (26,5%)	15 (11,4%)	10 (7,6%)	8 (6,1%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 132 enchondromes, nous n'avons pas retrouvé de bords concaves.

Toutes les lésions présentaient au moins un bord indenté, et 121 enchondromes (91,7%) en présentaient au moins deux.

Un seul bord linéaire a été mis en évidence.



Figure 15. Enchondrome :
Formation multinodulaire, présentant de multiples indentations, avec une indentation en V déformant le contour en regard de la flèche.

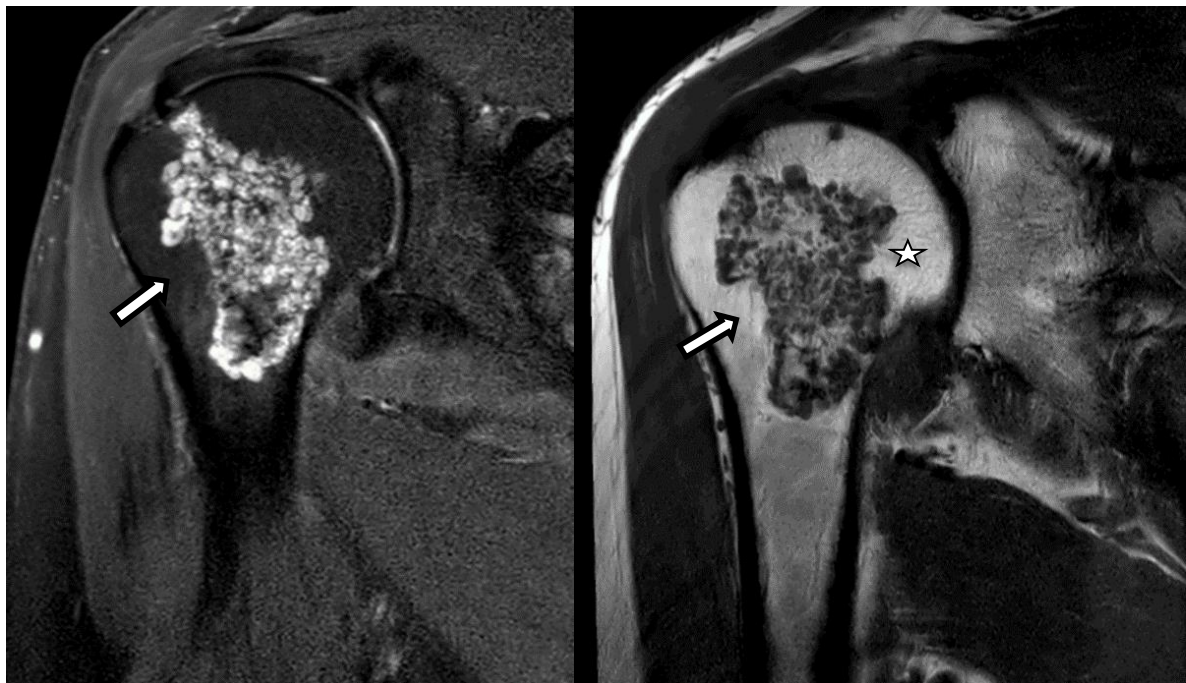


Figure 16. Enchondrome :
Bord latéral irrégulier du fait de la présence de multiples lobules : indentations de type a (flèches). Le bord médial est irrégulier également, et présente en plus des indentations de type a, une indentation avec invagination entre deux lobules convexes, de type c (étoile)



Figure 17. Enchondrome :
Indentations de type a déformant peu le contour, qui est globalement convexe (flèches)

3.5 Fibrome non ossifiant

Tableau 13. Tableau descriptif - Fibrome non ossifiant

n = 79	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	76 (96,2%)	3 (3,8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	79 (100%)	79 (100%)	79 (100%)	72 (91,1%)	22 (27,8%)	0 (0%)
- Convexe	16 (20,3%)	63 (79,7%)	45 (57%)	22 (27,8%)	10 (12,7%)	6 (7,6%)	0 (0%)
- Indentation	23 (29,1%)	56 (70,9%)	38 (48,1%)	22 (27,8%)	11 (13,9%)	1 (1,3%)	0 (0%)
- Linéaire	44 (55,7%)	35 (44,3%)	17 (21,5%)	3 (3,8%)	2 (2,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	0 (0%)	79 (100%)	55 (69,6%)	6 (7,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 79 fibromes non ossifiants, 76 (96,2%) n'en présentaient aucun, 3 (3,8%) en présentaient au moins un, et 0 en présentaient au moins deux.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 23 lésions (29,1%), au moins un bord indenté pour 56 lésions (70,9%), et au moins deux bords indentés pour 38 lésions (48,1%). On note que 17 lésions (21,5%) présentaient au moins 2 bords linéaires.

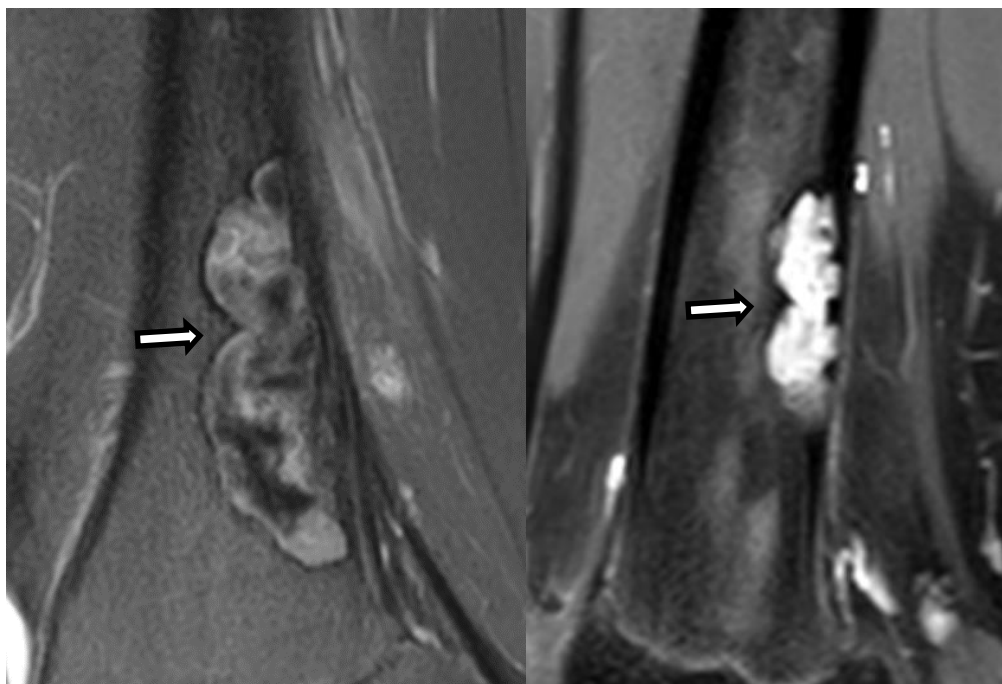


Figure 18. FNO (cas différents) :
Indentations en forme de V déformant le contour, type b (flèches)
Le bord opposé est cortical.



Figure 19. FNO :
Indentations sur le bord médial de type a et c, déformant pas ou peu le contour (flèche). Le bord est indenté, irrégulier.

3.6 Lésion osseuse d'histiocytose Langerhansienne

Tableau 14. Tableau descriptif - Histiocytose Langerhansienne

n = 8	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	6 (75%)	2 (25%)	1 (12,5%)	1 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	8 (100%)	8 (100%)	6 (75%)	5 (62,5%)	2 (25%)	0 (0%)
- Convexe	3 (37,5%)	5 (62,5%)	5 (62,5%)	2 (25%)	1 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)
- Indentation	2 (25%)	6 (75%)	4 (50%)	3 (37,5%)	1 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)
- Linéaire	6 (75%)	2 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	0 (0%)	8 (100%)	5 (62,5%)	2 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 8 lésions d'histiocytose Langerhansienne, 6 (75%) n'en présentaient aucun, 2 (25%) en présentaient au moins un, et 1 (12,5%) en présentaient au moins deux.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 2 lésions (25%), au moins un bord indenté pour 6 lésions (75%), et au moins deux bords indentés pour 4 lésions (50%).

Aucune lésion n'avait au moins 2 bords linéaires.

3.7 Infarctus osseux

Tableau 15. Tableau descriptif - Infarctus osseux

n = 71	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	0 (0%)	71 (100%)	71 (100%)	71 (100%)	67 (94,4%)	54 (76,1%)	34 (47,9%)
Non concave	36 (50,7%)	35 (49,3%)	13 (18,3%)	3 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
- Convexe	47 (66,2%)	24 (33,8%)	4 (5,6%)	2 (2,8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
- Indentation	69 (97,2%)	2 (2,8%)	1 (1,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
- Linéaire	53 (74,6%)	18 (25,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	67 (94,4%)	4 (5,6%)	2 (2,8%)	1 (1,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 71 infarctus osseux, toutes les lésions présentaient au moins trois bords concaves (et par extension au moins un et au moins deux bords concaves).

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 69 lésions (97,2%), et au moins un bord indenté pour 2 lésions (2,8%).

Aucune lésion n'avait au moins 2 bords linéaires.



*Figure 20. Infarctus osseux :
Concavité sur le bord postérieur (étoile).
Indentations de type a sur le bord antérieur, qui est irrégulier.
Invagination de plus d'un cm sur le bord distal, donnant un aspect tubulé (flèche).*

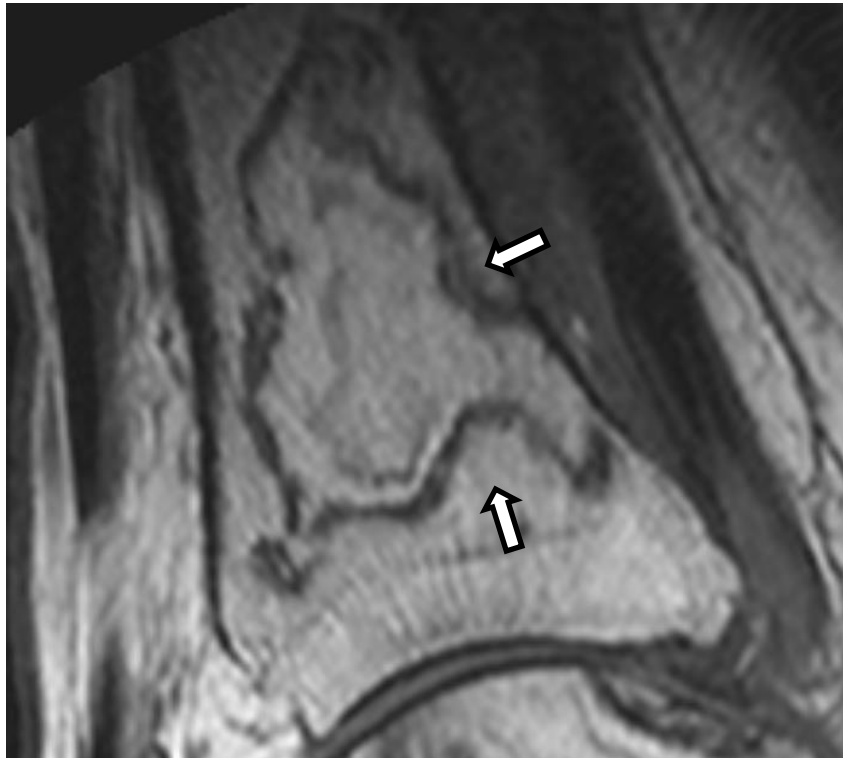


*Figure 21. Infarctus osseux :
Concavité sur le bord postérieur et distal (flèches)*



*Figure 22. Infarctus osseux :
Concavité sur le bord antérieur (flèche)*



*Figure 23. Infarctus osseux :
Concavité sur le bord antérieur (flèche)*

3.8 Kyste mucoïde

Tableau 16. Tableau descriptif - Kyste mucoïde

n = 42	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	42 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	42 (100%)	42 (100%)	42 (100%)	42 (100%)	42 (100%)	38 (90,5%)
- Convexe	8 (19%)	34 (81%)	31 (73,8%)	25 (59,5%)	22 (52,4%)	12 (28,6%)	8 (19%)
- Indentation	9 (21,4%)	33 (78,6%)	27 (64,3%)	19 (45,2%)	16 (38,1%)	11 (26,2%)	8 (19%)
- Linéaire	41 (97,6%)	1 (2,4%)	1 (2,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	38 (90,5%)	4 (9,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 42 kystes mucoïdes, nous n'avons pas retrouvé de bords concaves.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 9 lésions (21,4%), au moins un bord indenté pour 33 lésions (78,6%), et au moins deux bords indentés pour 27 lésions (64,3%).

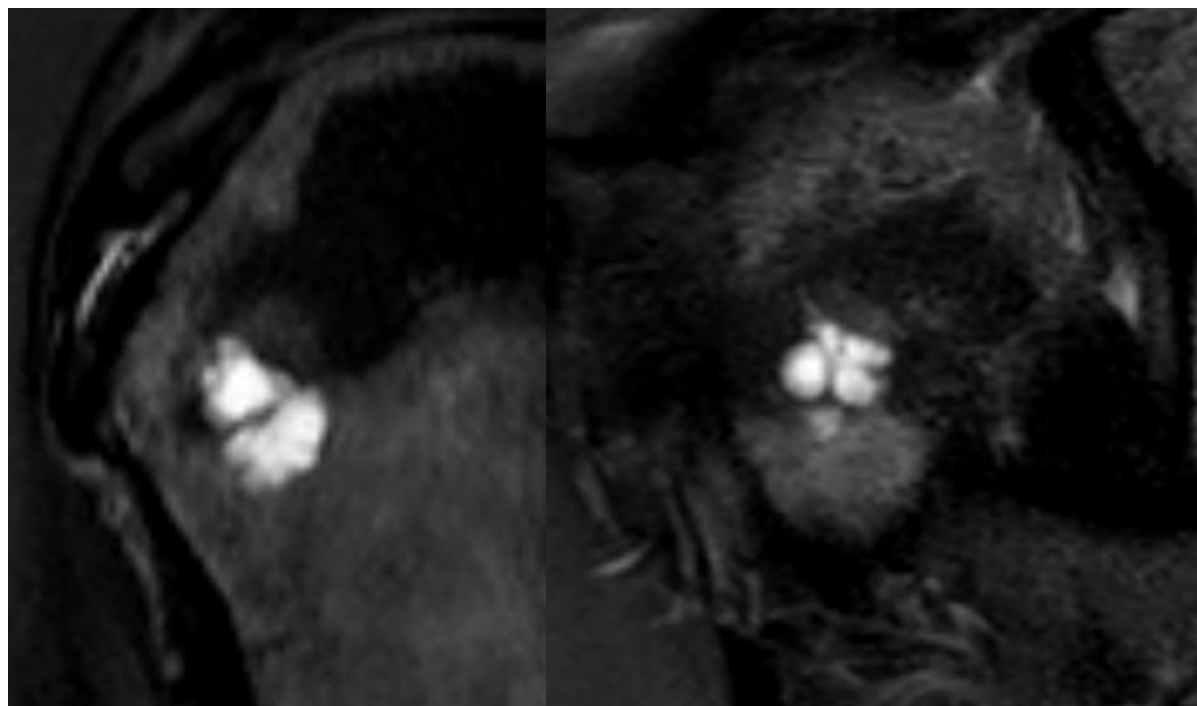


Figure 24. Kyste mucoïde :
Indentations donnant une forme irrégulière à une lésion globalement ronde, convexe.

3.9 Kyste osseux anévrysmal

Tableau 17. Tableau descriptif - Kyste osseux anévrysmal

n = 10	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	7 (70%)	3 (30%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	10 (100%)	10 (100%)	6 (60%)	4 (40%)	2 (20%)	0 (0%)
- Convexe	5 (50%)	5 (50%)	1 (10%)	1 (10%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
- Indentation	0 (0%)	10 (100%)	6 (60%)	5 (50%)	2 (20%)	0 (0%)	0 (0%)
- Linéaire	8 (80%)	2 (20%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	0 (0%)	10 (100%)	8 (80%)	5 (50%)	2 (20%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 10 KOA, 7 (70%) n'en présentaient aucun, 3 (30%) en présentaient au moins un, et aucun n'en présentaient au moins deux.

Pour les bords indentés, toutes les lésions avaient au moins un bord indenté, et 6 lésions (60%) avaient au moins deux bords indentés.

Aucune lésion n'avait au moins 2 bords linéaires.

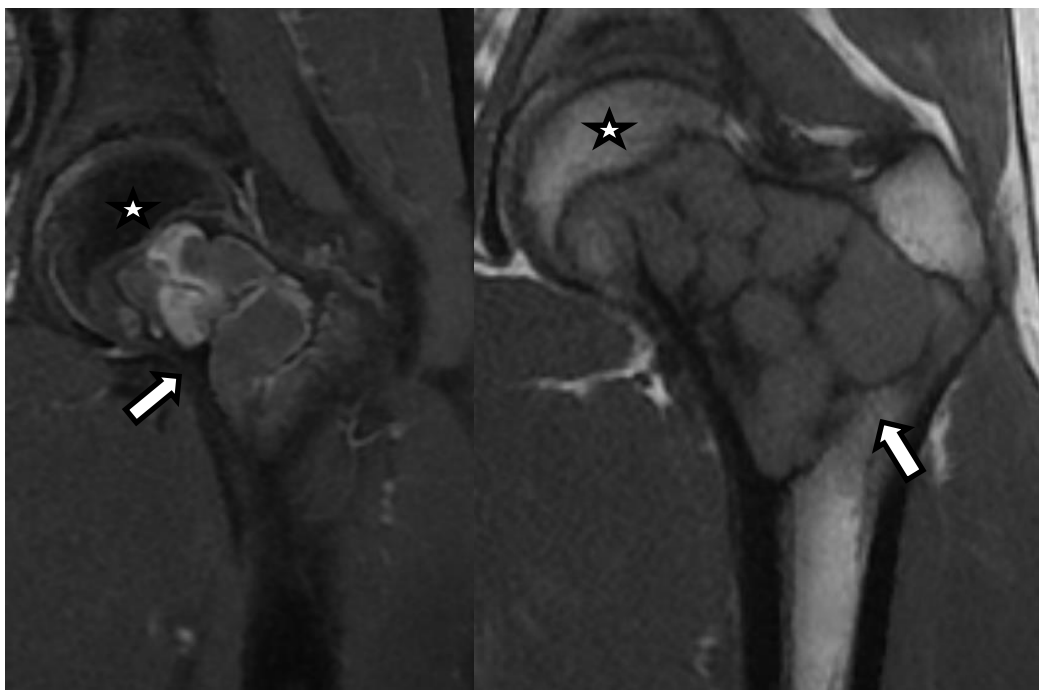


*Figure 25. KOA :
Septas internes réalisant des indentations en V, de type b (flèches).
Le bord proximal est concave (étoile), en regard d'une séquelle de physe.*



*Figure 26. KOA
Bord concave (flèche)*

3.10 Kyste osseux essentiel

Tableau 18. Tableau descriptif - Kyste osseux essentiel

n = 23	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	19 (82,6%)	4 (17,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	23 (100%)	20 (87%)	12 (52,2%)	10 (43,5%)	7 (30,4%)	3 (13%)
- Convexe	7 (30,4%)	16 (69,6%)	10 (43,5%)	4 (17,4%)	3 (13%)	3 (13%)	1 (4,3%)
- Indentation	5 (21,7%)	18 (78,3%)	10 (43,5%)	2 (8,7%)	2 (8,7%)	0 (0%)	0 (0%)
- Linéaire	19 (82,6%)	4 (17,4%)	1 (4,3%)	1 (4,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	3 (13%)	20 (87%)	16 (69,6%)	12 (52,2%)	11 (47,8%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 23 KOE, 19 (82,6%) n'en présentaient aucun, 4 (17,4%) en présentaient au moins un, et aucun n'en présentaient au moins deux.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 5 lésions (21,7%), au moins un bord indenté pour 18 lésions (78,3%), et au moins deux bords indentés pour 10 lésions (43,5%).

3.11 Métastase osseuse

Tableau 19. Tableau descriptif - Métastase osseuse

n = 34	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	30 (88,2%)	4 (11,8%)	1 (2,9%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	34 (100%)	34 (100%)	33 (97,1%)	26 (76,5%)	19 (55,9%)	11 (32,4%)
- Convexe	7 (20,6%)	27 (79,4%)	19 (55,9%)	14 (41,2%)	11 (32,4%)	11 (32,4%)	7 (20,6%)
- Indentation	17 (50%)	17 (50%)	15 (44,1%)	9 (26,5%)	8 (23,5%)	2 (5,9%)	0 (0%)
- Linéaire	25 (73,5%)	9 (26,5%)	5 (14,7%)	2 (5,9%)	1 (2,9%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	13 (38,2%)	21 (61,8%)	14 (41,2%)	6 (17,6%)	1 (2,9%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 34 métastases osseuses, 30 (88,2%) n'en présentaient aucun, 4 (11,8%) en présentaient au moins un, et 1 (2,9%) en présentaient au moins deux.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 17 lésions (50%), au moins un bord indenté pour 17 lésions (50%), et au moins deux bords indentés pour 15 lésions (44,1%).

On note que 5 lésions (14,7%) présentaient au moins 2 bords linéaires.

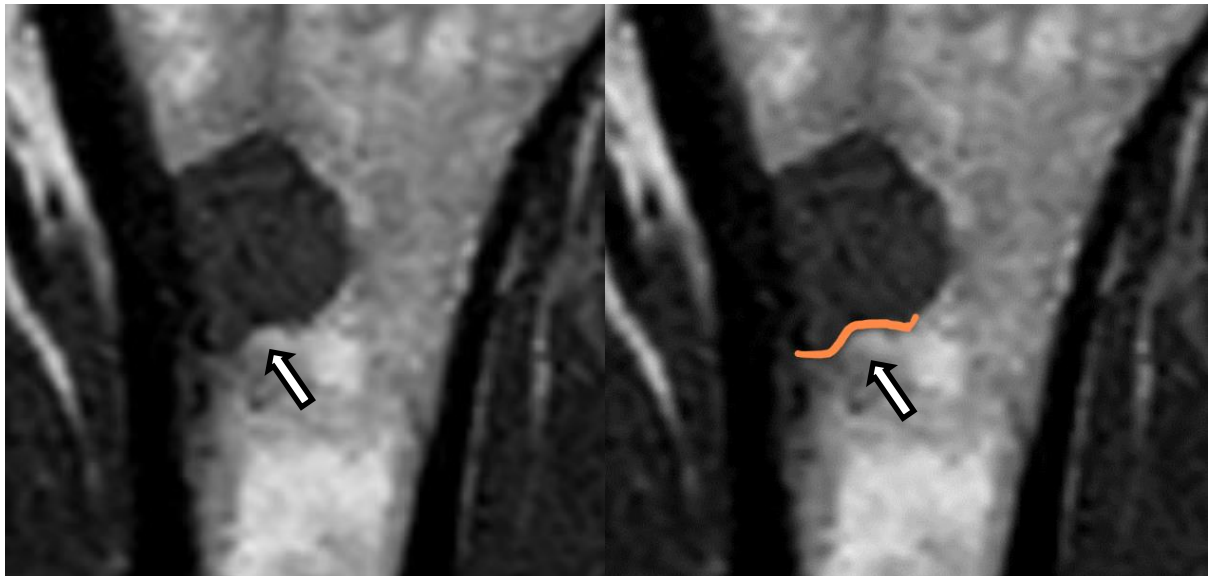


*Figure 27. Métastase :
Concavité inférieure de petite taille (flèche).*

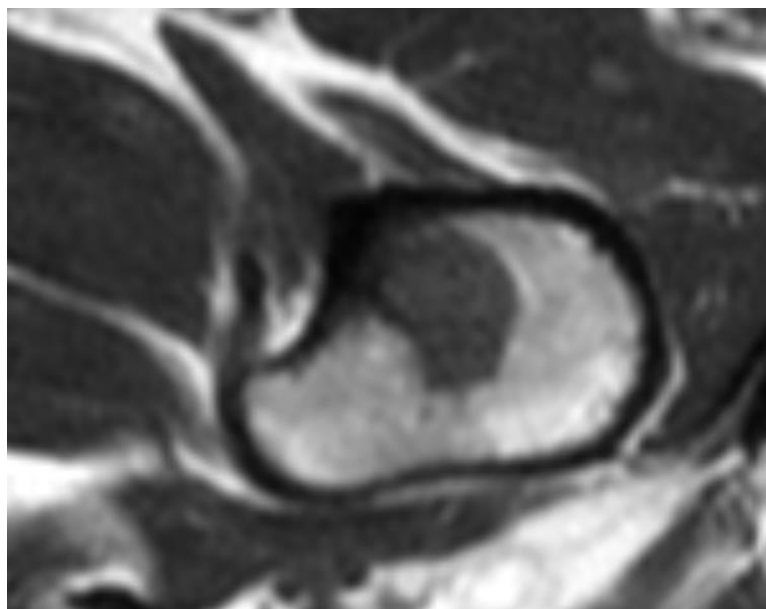


*Figure 28. Métastase (même patiente que fig. 30) :
Concavité médiale (flèche).
Il s'agit du seul cas de lésion métastatique présentant au moins deux bords concaves.*

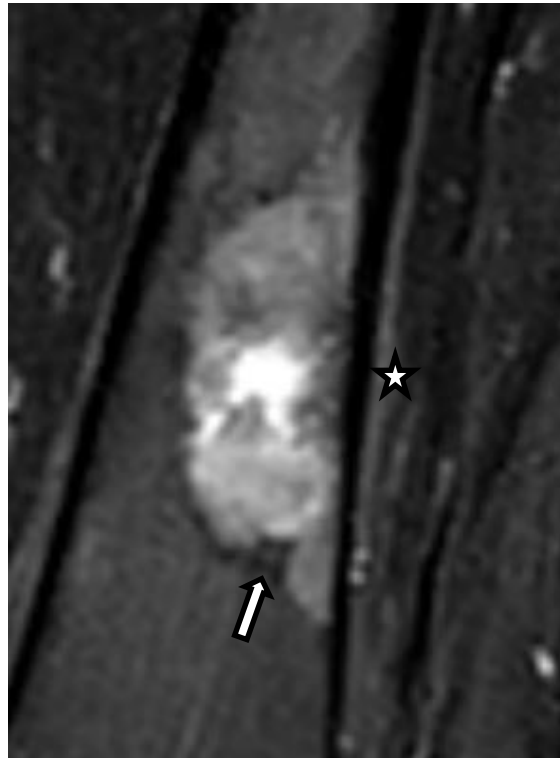


Figure 29. Métastase :
Le bord médial est cortical (étoile).
Le bord inférieur présente une invagination déformant le contour, de type c (flèche)

3.12 Lésion osseuse de myélome et plasmocytome

Tableau 20. Tableau descriptif - Lésion osseuse de myélome et plasmocytome

n = 53	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	52 (98,1%)	1 (1,9%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	53 (100%)	52 (98,1%)	49 (92,5%)	47 (88,7%)	42 (79,2%)	27 (50,9%)
- Convexe	4 (7,5%)	49 (92,5%)	46 (86,8%)	40 (75,5%)	36 (67,9%)	27 (50,9%)	19 (35,8%)
- Indentation	28 (52,8%)	25 (47,2%)	13 (24,5%)	7 (13,2%)	5 (9,4%)	2 (3,8%)	1 (1,9%)
- Linéaire	53 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	27 (50,9%)	26 (49,1%)	11 (20,8%)	6 (11,3%)	4 (7,5%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 53 lésions osseuses de myélome et plasmocytome, 52 (98,1%) n'en présentaient aucun, 1 (1,9%) en présentaient au moins un, et 0 (0%) en présentaient au moins deux.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 28 lésions (52,8%), au moins un bord indenté pour 25 lésions (47,2%), et au moins deux bords indentés pour 13 lésions (24,5%).

Aucune lésion ne présentait de bord linéaire.

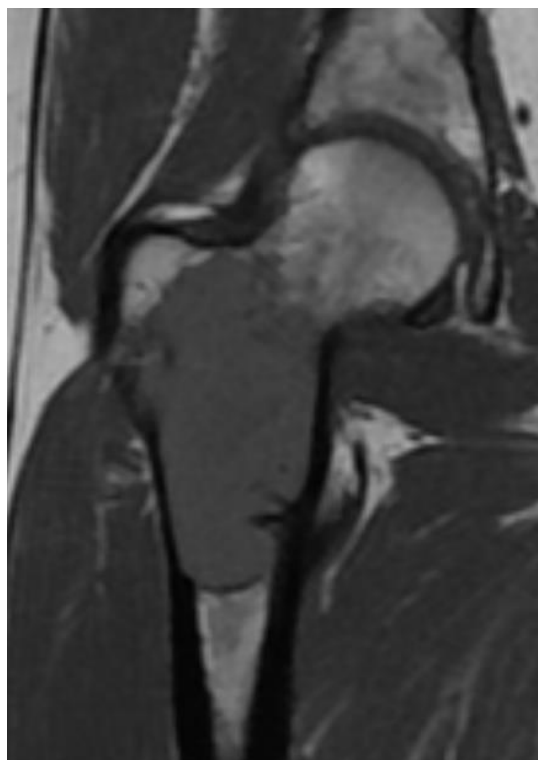


*Figure 30. Myélome :
Le bord distal est convexe*

3.13 Tumeur cartilagineuse atypique et chondrosarcome

Tableau 21. Tableau descriptif - Tumeur cartilagineuse atypique et chondrosarcome

n = 24	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	23 (95,8%)	1 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	24 (100%)	24 (100%)	15 (62,5%)	15 (62,5%)	10 (41,7%)	8 (33,3%)
- Convexe	16 (66,7%)	8 (33,3%)	2 (8,3%)	1 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
- Indentation	2 (8,3%)	22 (91,7%)	20 (83,3%)	15 (62,5%)	13 (54,2%)	8 (33,3%)	4 (16,7%)
- Linéaire	21 (87,5%)	3 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	8 (33,3%)	16 (66,7%)	14 (58,3%)	9 (37,5%)	8 (33,3%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 24 TCA et chondrosarcomes, 22 (95,8%) n'en présentaient aucun, 2 (4,2%) en présentaient au moins un, et aucune lésion n'en présentaient plus d'un.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 2 lésions (8,3%), au moins un bord indenté pour 22 lésions (91,7%), et au moins deux bords indentés pour 19 lésions (83,3%).

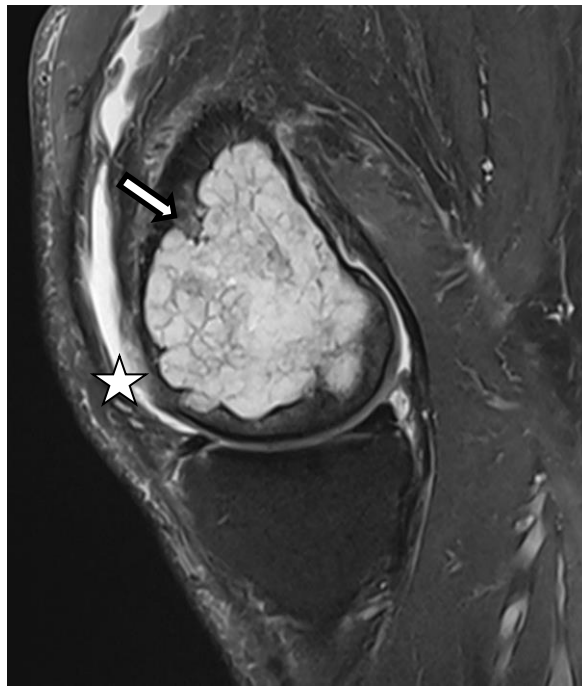


*Figure 31. Chondrosarcome :
Indentation de type c, invaginée entre deux lobules convexes (flèche)
Indentations de type a déformant peu le contour qui est globalement convexe (étoile).*

3.14 Tumeur à cellules géantes

Tableau 22. Tableau descriptif - Tumeur à cellules géantes

n = 12	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	12 (100%)	11 (91,7%)	9 (75%)	7 (58,3%)	2 (16,7%)	1 (8,3%)
- Convexe	6 (50%)	6 (50%)	2 (16,7%)	2 (16,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
- Indentation	1 (8,3%)	11 (91,7%)	9 (75%)	6 (50%)	4 (33,3%)	1 (8,3%)	1 (8,3%)
- Linéaire	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	1 (8,3%)	11 (91,7%)	10 (83,3%)	5 (41,7%)	3 (25%)	1 (8,3%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 12 tumeurs à cellules géantes, nous n'avons pas retrouvé de bords concaves.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour une seule lésion (8,3%), au moins un bord indenté pour 11 lésions (91,7%), et au moins deux bords indentés pour 9 lésions (75%). Aucune lésion ne présentait de bord linéaire.

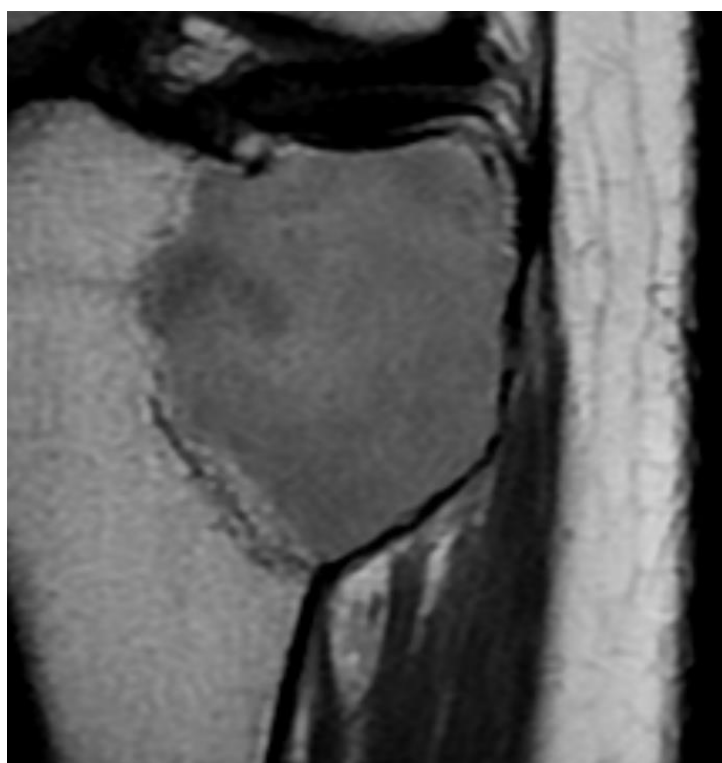


Figure 32. TCG :
Le bord latéral est irrégulier avec de petites indentations de type a déformant peu le contour.

3.15 Tumeur brune

Tableau 23. Tableau descriptif - Tumeur brune

n = 9	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Concave	9 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Non concave	0 (0%)	9 (100%)	9 (100%)	8 (88,9%)	8 (88,9%)	7 (77,8%)	6 (66,7%)
- Convexe	4 (44,4%)	5 (55,6%)	5 (55,6%)	5 (55,6%)	5 (55,6%)	2 (22,2%)	2 (22,2%)
- Indentation	3 (33,3%)	6 (66,7%)	4 (44,4%)	3 (33,3%)	3 (33,3%)	3 (33,3%)	3 (33,3%)
- Linéaire	8 (88,9%)	1 (11,1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cortical	6 (66,7%)	3 (33,3%)	2 (22,2%)	1 (11,1%)	1 (11,1%)	0 (0%)	0 (0%)

Concernant les bords concaves, sur les 9 tumeurs brunes, nous n'avons pas retrouvé de bords concaves.

Pour les bords indentés, on n'observait aucun bord indenté pour 3 lésions (33,3%), au moins un bord indenté pour 6 lésions (66,7%), et au moins deux bords indentés pour 4 lésions (44,4%).

Aucune lésion n'avait au moins 2 bords linéaires.

4 Analyse statistique des concavités

4.1 Analyse globale

Les bords concaves ne présentaient pas une distribution normale ($p < 0,001$ selon le test de Shapiro-Wilk).

Le nombre de bords concaves par lésion était significativement différent entre les groupes de lésions selon le test de Kruskal-Wallis ($p < 0,001$). La taille de l'effet était large ($\eta^2 = 0,74$).

La répartition du nombre de bords concaves par lésion selon les groupes est représentée dans le Diagramme 3.

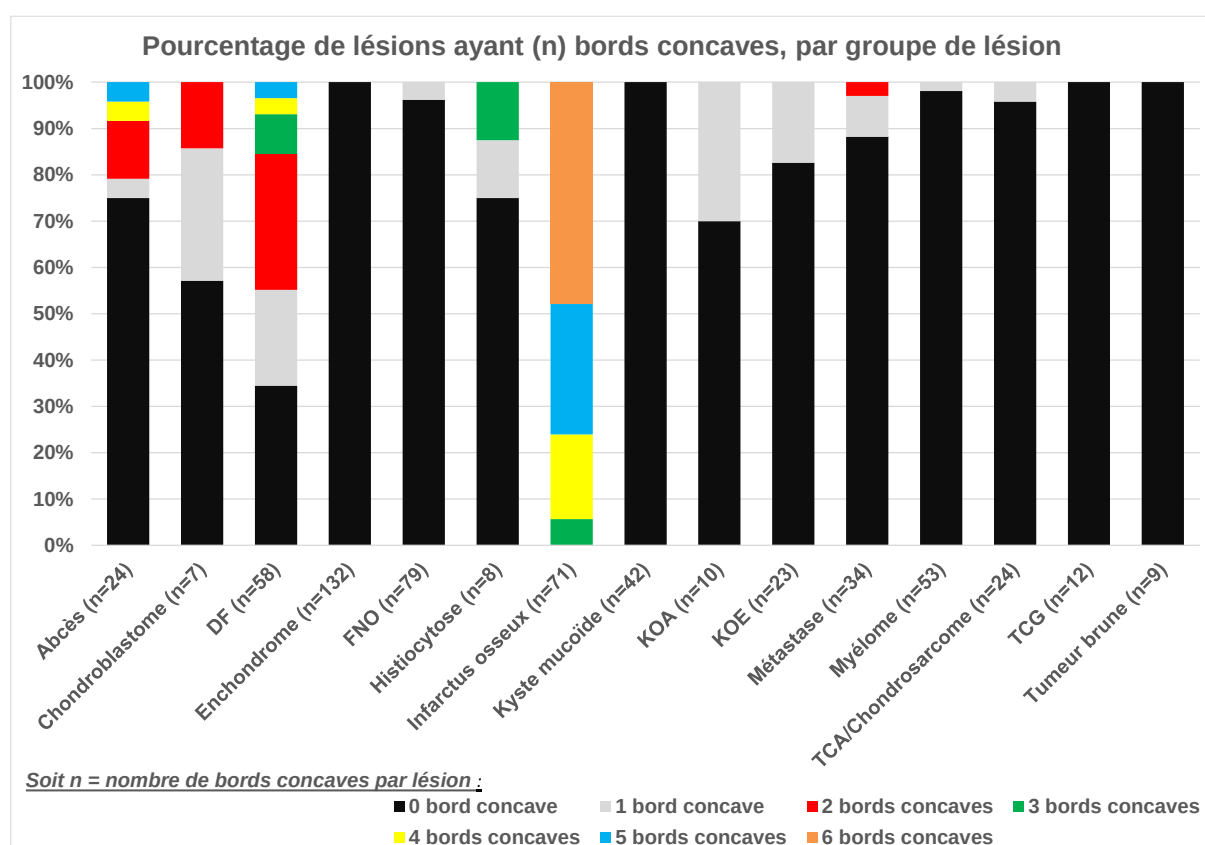


Diagramme 3. Pourcentage de lésions selon le nombre de bords concaves, par groupe de lésion

Le *box-plot* des groupes selon le nombre de bords concaves présentés par lésion est représenté dans le Diagramme 4.

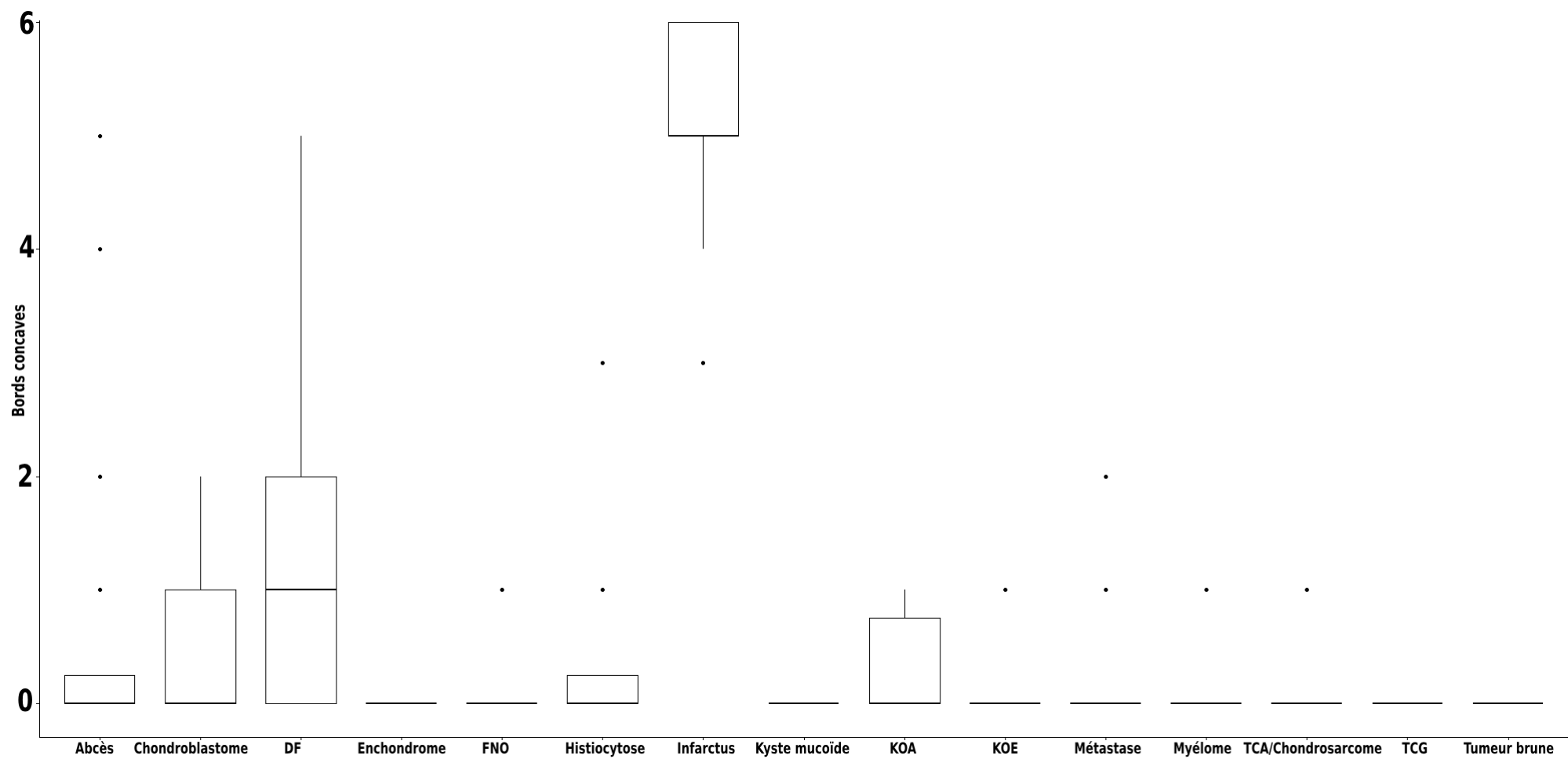


Diagramme 4. Box-plot des groupes selon le nombre de bords concaves présentés par lésion

L'analyse post-hoc de comparaisons multiples par paires à l'aide du test de Dunn avec correction par méthode de Bonferroni montre que :

- Le nombre de bords concaves par lésion était significativement différent entre l'infarctus osseux et le reste des groupes de lésions (p corrigé $<0,01$).
- Le nombre de bords concaves par lésion était significativement différent entre la dysplasie fibreuse d'un côté, et le reste des lésions hormis les abcès, chondroblastomes, histiocytose et KOA (p corrigé $<0,01$).
- Le nombre de bords concaves par lésion n'était pas significativement différent entre le reste des paires (p corrigé $> 0,05$).

4.1.1 Analyse en sous-groupes

Des sous-groupes ont été constitués selon le box-plot et l'analyse post-hoc :

- Sous-groupe 1 : Infarctus osseux
- Sous-groupe 2 : Dysplasie fibreuse
- Sous-groupe 3 : Abcès, chondroblastome, histiocytose Langerhansienne et KOA
- Sous-groupe 4 : Autres lésions

Il existait une différence significative concernant le nombre de bords concaves par lésion entre ces sous-groupes selon le test de Kruskal-Wallis ($p < 0,001$). La taille de l'effet était large ($\eta^2 = 0,738$).

Le *box-plot* des sous-groupes selon le nombre de bords concaves présentés par lésion est représenté dans le Diagramme 5.

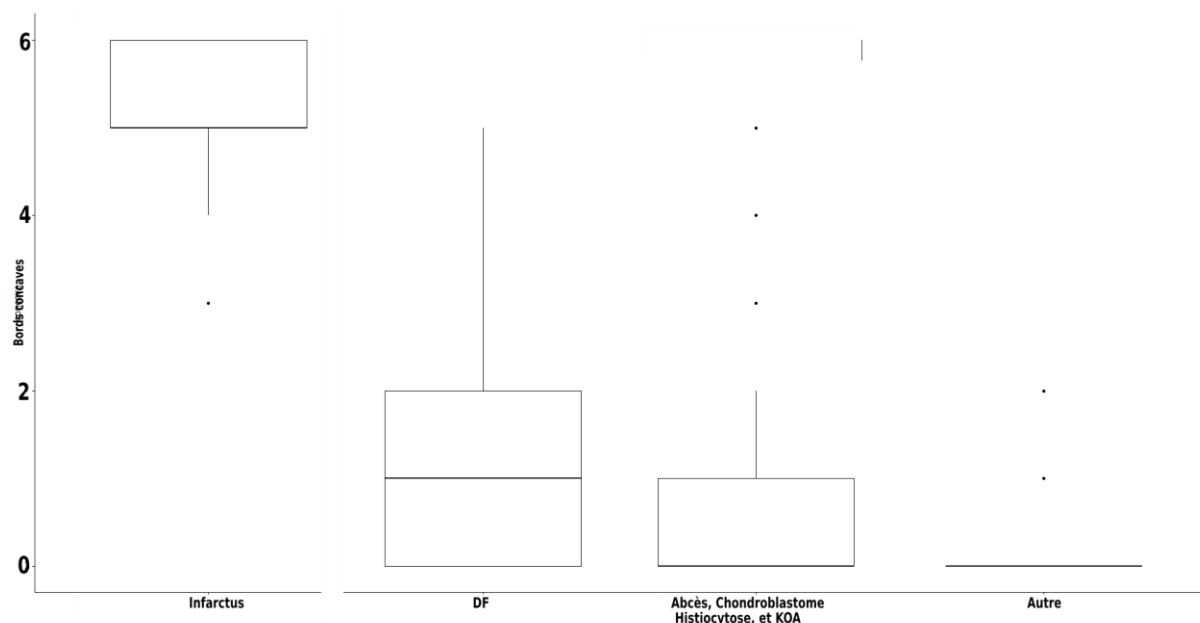


Diagramme 5. Box-plot des sous-groupes selon le nombre de bords concaves présentés par lésion

L'analyse post-hoc des paires de sous-groupes par le test Dunn avec correction du p par la méthode de Bonferroni montrait une différence significative entre l'ensemble des paires de sous-groupes. Les résultats de cette analyse sont repris dans le Tableau 24

Tableau 24. Analyse post-hoc des sous-groupes

Sous-groupe x	Sous-groupe y	p	p corrigé
Abcès, chondroblastome, HL et KOA	Autres lésions	<0,001	0.0025
Abcès, chondroblastome, HL et KOA	DF	<0,001	<0,001
Abcès, chondroblastome, HL et KOA	Infarctus	<0,001	<0,001
Autres lésions	DF	<0,001	<0,001
Autres lésions	Infarctus	<0,001	<0,001
DF	Infarctus	<0,001	<0,001

4.1.2 Lésions non tumorales vs lésions tumorales

Les lésions non tumorales ont plus fréquemment des bords concaves par rapport aux lésions tumorales, avec une différence statistiquement significative ($p < 0,001$ selon le test de Wilcoxon-Mann-Whitney).

Néanmoins, après exclusion des infarctus osseux cette différence n'est plus significative ($p = 0,23$).

4.1.3 Lésions bénignes (lésions non tumorales et tumeur bénignes) vs tumeurs intermédiaires et malignes

Les lésions bénignes ont plus fréquemment des bords concaves par rapport aux tumeurs intermédiaires et malignes ($p < 0,001$ selon le test de Wilcoxon-Mann-Whitney).

Après exclusion des infarctus osseux, cette différence reste significative ($p = 0,0075$).

4.1.4 Tumeurs bénignes vs tumeurs intermédiaires et malignes

Les tumeurs bénignes ont plus fréquemment des bords concaves par rapport aux tumeurs intermédiaires et malignes ($p = 0,0028$ selon le test de Wilcoxon-Mann-Whitney).

Néanmoins, après exclusion des dysplasies fibreuses, cette différence n'est plus significative ($p = 0,69$).

5 Tableau descriptif des concavités

Tableau 25. Tableau descriptif des concavités

Nombre de bords concaves	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Abcès (n = 24)	18 (75%)	6 (25%)	5 (20,8%)	2 (8,3%)	2 (8,3%)	1 (4,2%)	0 (0%)
Chondroblastome (n = 7)	4 (57,1%)	3 (42,9%)	1 (14,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
DF (n = 58)	20 (34,5%)	38 (65,5%)	26 (44,8%)	9 (15,5%)	4 (6,9%)	2 (3,4%)	0 (0%)
Enchondrome (n = 132)	132 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
FNO (n = 79)	76 (96,2%)	3 (3,8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Histiocytose (n = 8)	6 (75%)	2 (25%)	1 (12,5%)	1 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Infarctus osseux (n = 71)	0 (0%)	71 (100%)	71 (100%)	71 (100%)	67 (94,4%)	54 (76,1%)	34 (47,9%)
Kyste mucoïde (n = 42)	42 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
KOA (n = 10)	7 (70%)	3 (30%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
KOE (n = 23)	19 (82,6%)	4 (17,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Métastase (n = 34)	30 (88,2%)	4 (11,8%)	1 (2,9%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Myélome (n = 53)	52 (98,1%)	1 (1,9%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Chondrosarcome (n = 24)	23 (95,8%)	1 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
TCG (n = 12)	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Tumeur brune (n = 9)	9 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

5.1 Présence d'au moins un bord concave

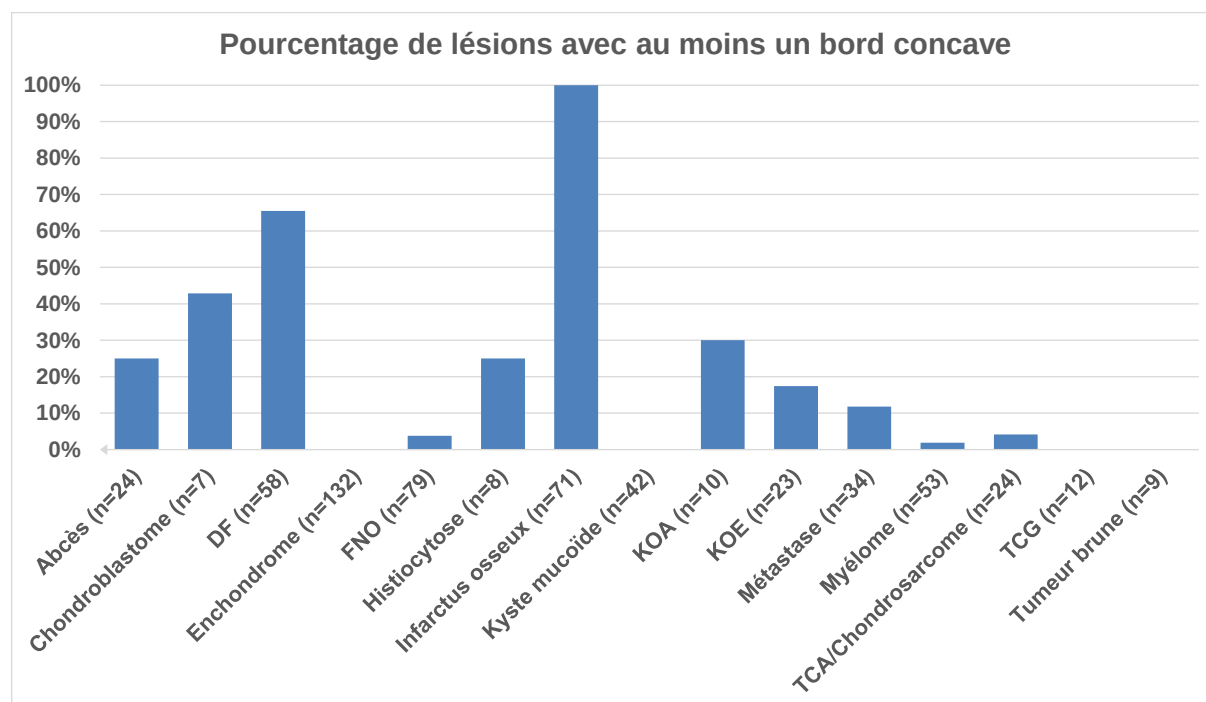


Diagramme 6. Pourcentage de lésions avec au moins un bord concave

Toutes les lésions d'infarctus osseux présentaient au moins un bord concave.

Plus d'un tiers des lésions de dysplasie fibreuse (65,5%) et des chondroblastomes (42,9%) présentaient également au moins un bord concave.

Les abcès, chondrosarcomes, les lésions de myélome et plasmocytome, les fibromes non ossifiants, les lésions d'histiocytose, les kystes osseux anévrysmaux et essentiels, ainsi que les métastases avaient tous une ou plusieurs lésions présentant au moins un bord concave.

Les enchondromes, kyste mucoïdes, TCG et tumeurs brunes ne présentaient jamais de bord concave.

5.2 Présence d'au moins deux bords concaves

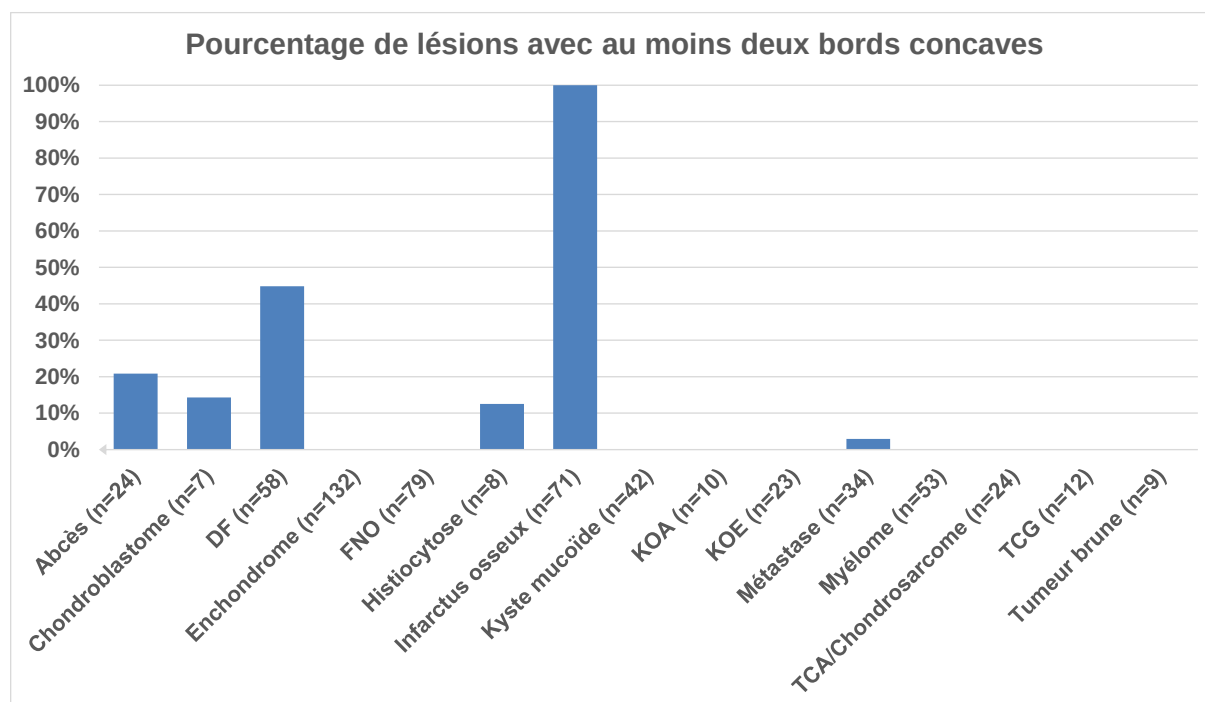


Diagramme 7. Pourcentage de lésions avec au moins deux bords concaves

Par ordre décroissant selon le pourcentage, nous avons noté au moins deux bords concaves pour l'ensemble des 71 lésions d'infarctus osseux (100%), pour 26 lésions de dysplasie fibreuse (44,8%), pour 5 lésions d'abcès osseux (20,8%), pour une lésion de chondroblastome (14,3%), pour une lésion d'histiocytose (12,5%), et pour une métastase (2,9%).

Aucun enchondrome, chondrosarcome, lésion de myélome ou plasmocytome, fibrome non ossifiant, kyste osseux anévrysmal et essentiel, kyste mucoïde, TCG ou tumeur brune ne présentait plus d'un bord concave.

5.3 Présence d'au moins trois bords concaves

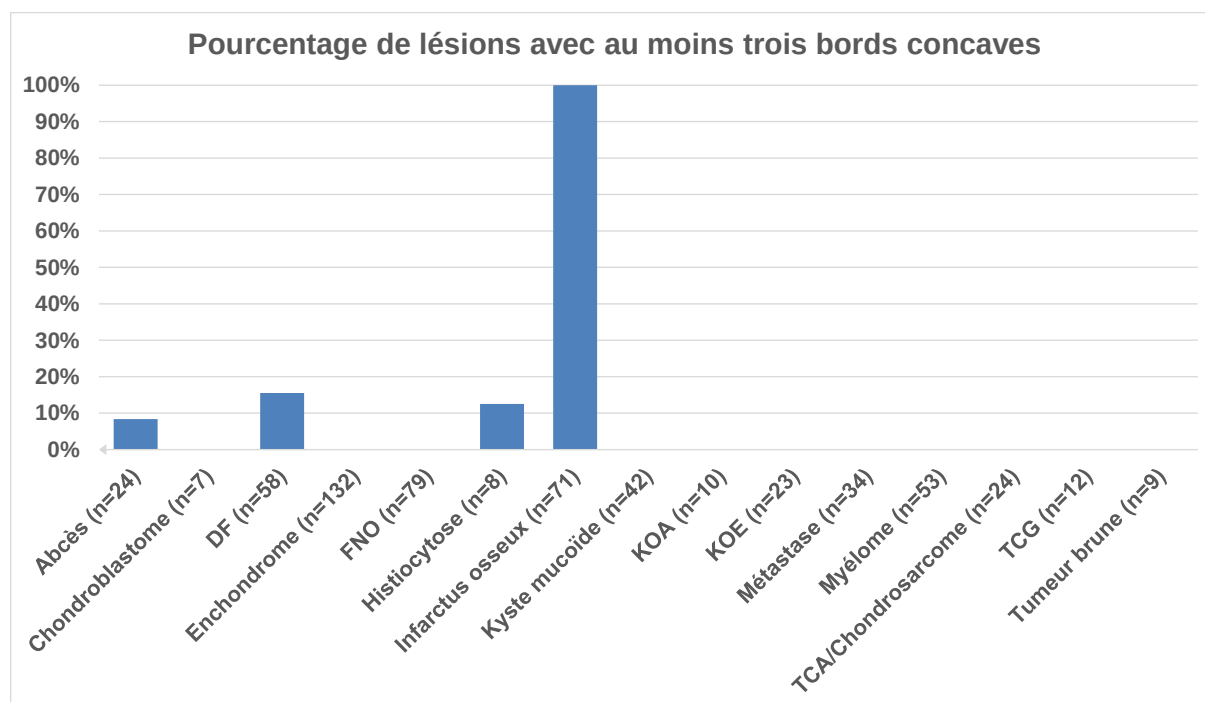


Diagramme 8. Pourcentage de lésions avec au moins trois bords concaves

Par ordre décroissant selon le pourcentage, nous avons noté au moins trois bords concaves pour l'ensemble des 71 lésions d'infarctus osseux (100%), pour 9 lésions de dysplasie fibreuse (15,5%), pour une lésion d'Histiocytose (12,5%), et pour 2 d'abcès osseux (8,3%).

Le reste des groupes de lésions ne présentaient jamais au moins trois bords concaves.

5.4 Présence de 6 bords concaves

34 (47,9%) lésions d'infarctus osseux présentaient uniquement des bords concaves.

Le reste des groupes de lésions ne présentaient jamais que des bords concaves.

6 Les bords tubulés

Un aspect tubulé n'a été retrouvé que sur 10 bords : dans la dysplasie fibreuse (4 lésions), l'histiocytose Langerhansienne (1 lésion) et l'infarctus osseux (5 lésions).

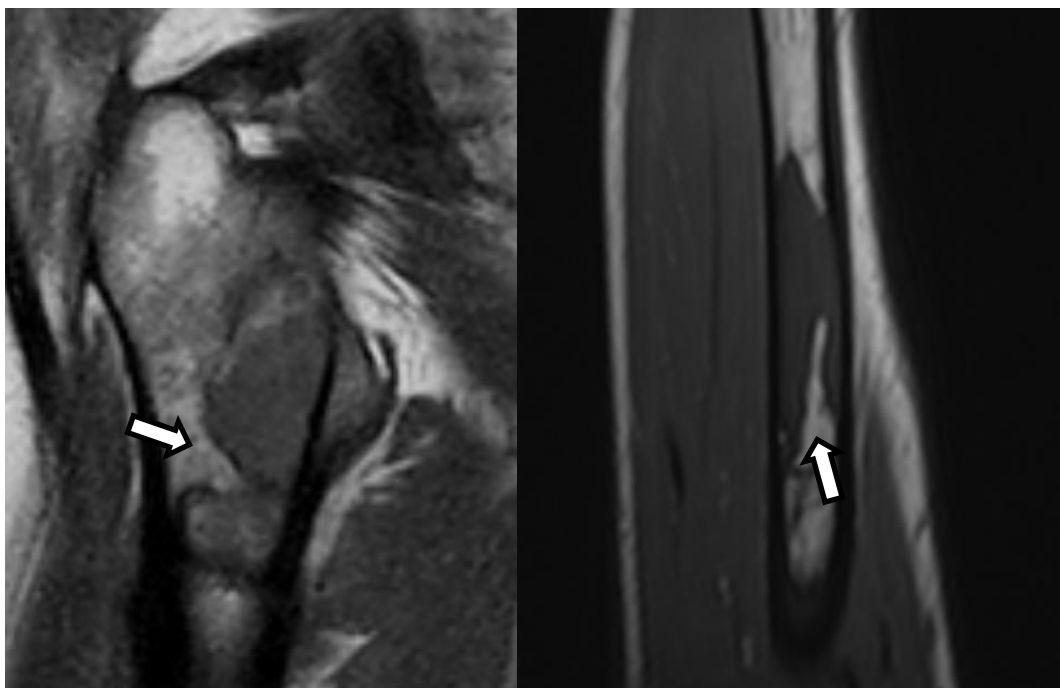


Figure 33. Dysplasie fibreuse (cas différents) : Aspect tubulé, invagination de plus d'un cm (flèches)

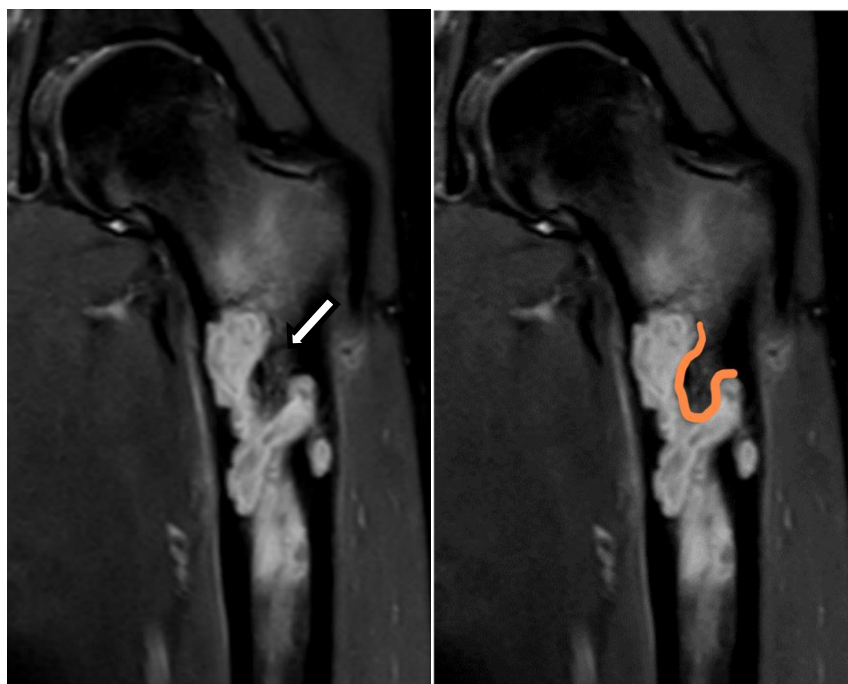


Figure 34. Histiocytose Langerhansienne : Aspect tubulé, invagination de plus d'un cm (flèche)

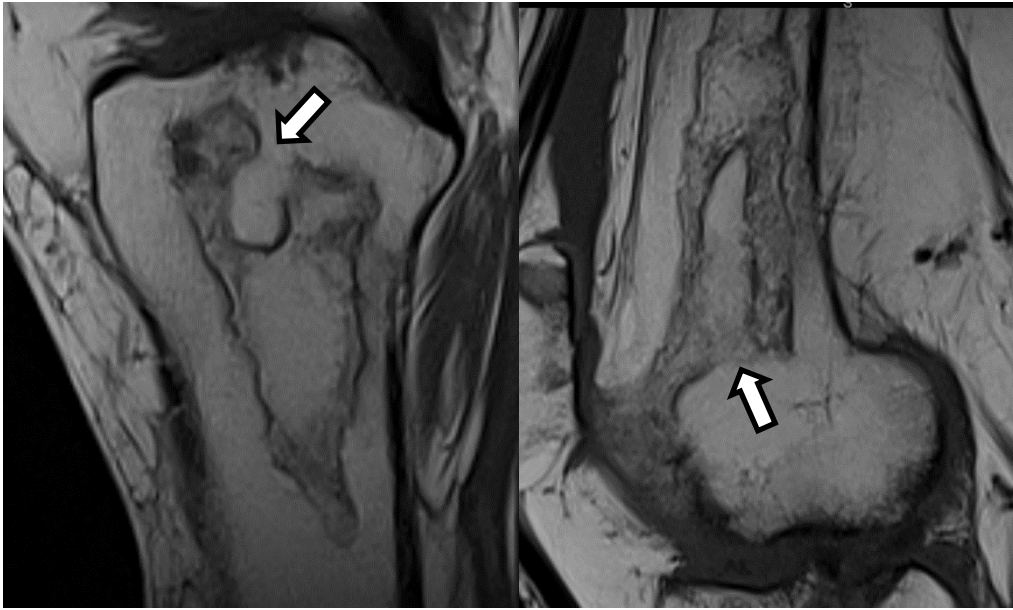


*Figure 35. Infarctus osseux (cas différents) :
Aspect tubulé, invagination de plus d'un cm (flèches)*

7 Les indentations

Tableau 26. Tableau descriptif des indentations

Nombre de bords indentés	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Abcès (n = 24)	13 (54,2%)	11 (45,8%)	8 (33,3%)	6 (25%)	3 (12,5%)	2 (8,3%)	0 (0%)
Chondroblastome (n = 7)	2 (28,6%)	5 (71,4%)	2 (28,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
DF (n = 58)	54 (93,1%)	4 (6,9%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Enchondrome (n = 132)	0 (0%)	132 (100%)	121 (91,7%)	106 (80,3%)	95 (72%)	71 (53,8%)	56 (42,4%)
FNO (n = 79)	23 (29,1%)	56 (70,9%)	38 (48,1%)	22 (27,8%)	11 (13,9%)	1 (1,3%)	0 (0%)
Histiocytose (n = 8)	2 (25%)	6 (75%)	4 (50%)	3 (37,5%)	1 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Infarctus osseux (n = 71)	69 (97,2%)	2 (2,8%)	1 (1,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Kyste mucoïde (n = 42)	9 (21,4%)	33 (78,6%)	27 (64,3%)	19 (45,2%)	16 (38,1%)	11 (26,2%)	8 (19%)
KOA (n = 10)	0 (0%)	10 (100%)	6 (60%)	5 (50%)	2 (20%)	0 (0%)	0 (0%)
KOE (n = 23)	5 (21,7%)	18 (78,3%)	10 (43,5%)	2 (8,7%)	2 (8,7%)	0 (0%)	0 (0%)
Métastase (n = 34)	17 (50%)	17 (50%)	15 (44,1%)	9 (26,5%)	8 (23,5%)	2 (5,9%)	0 (0%)
Myélome (n = 53)	28 (52,8%)	25 (47,2%)	13 (24,5%)	7 (13,2%)	5 (9,4%)	2 (3,8%)	1 (1,9%)
Chondrosarcome (n = 24)	2 (8,3%)	22 (91,7%)	20 (83,3%)	15 (62,5%)	13 (54,2%)	8 (33,3%)	4 (16,7%)
TCG (n = 12)	1 (8,3%)	11 (91,7%)	9 (75%)	6 (50%)	4 (33,3%)	1 (8,3%)	1 (8,3%)
Tumeur brune (n = 9)	3 (33,3%)	6 (66,7%)	4 (44,4%)	3 (33,3%)	3 (33,3%)	3 (33,3%)	3 (33,3%)

On note la présence d'au moins deux bords indentés pour 121 (91,7%) enchondromes, 19 (79,2%) TCA/chondrosarcome, 9 (75%) lésions de TCG, 27 (64,3%) kystes mucoïdes, 6 (60%) kystes osseux anévrysmaux, 4 (50%) des lésions d'HL, 38 (48,1%) FNO, 15 (44,1%) métastases, 4 (44,4%) tumeurs brunes, et 10 (43,5%) KOE.

La présence d'au moins deux bords indentés apparait plus faible pour la dysplasie fibreuse avec 2 lésions (3,4%), et les infarctus osseux avec une lésion (1,4%).

8 Les bords convexes

Tableau 27. Tableau descriptif des bords convexes

Nombre de bords convexes	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Abcès (n = 24)	0 (0%)	24 (100%)	19 (79,2%)	16 (66,7%)	15 (62,5%)	9 (37,5%)	4 (16,7%)
Chondroblastome (n = 7)	0 (0%)	7 (100%)	6 (85,7%)	4 (57,1%)	4 (57,1%)	2 (28,6%)	0 (0%)
DF (n = 58)	24 (41,4%)	34 (58,6%)	21 (36,2%)	12 (20,7%)	6 (10,3%)	5 (8,6%)	1 (1,7%)
Enchondrome (n = 132)	76 (57,6%)	56 (42,4%)	39 (29,5%)	25 (18,9%)	15 (11,4%)	7 (5,3%)	0 (0%)
FNO (n = 79)	16 (20,3%)	63 (79,7%)	45 (57%)	22 (27,8%)	10 (12,7%)	6 (7,6%)	0 (0%)
Histiocytose (n = 8)	3 (37,5%)	5 (62,5%)	5 (62,5%)	2 (25%)	1 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Infarctus osseux (n = 71)	47 (66,2%)	24 (33,8%)	4 (5,6%)	2 (2,8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Kyste mucoïde (n = 42)	8 (19%)	34 (81%)	31 (73,8%)	25 (59,5%)	22 (52,4%)	12 (28,6%)	8 (19%)
KOA (n = 10)	5 (50%)	5 (50%)	1 (10%)	1 (10%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
KOE (n = 23)	7 (30,4%)	16 (69,6%)	10 (43,5%)	4 (17,4%)	3 (13%)	3 (13%)	1 (4,3%)
Métastase (n = 34)	7 (20,6%)	27 (79,4%)	19 (55,9%)	14 (41,2%)	11 (32,4%)	11 (32,4%)	7 (20,6%)
Myélome (n = 53)	4 (7,5%)	49 (92,5%)	46 (86,8%)	40 (75,5%)	36 (67,9%)	27 (50,9%)	19 (35,8%)
Chondrosarcome (n = 24)	16 (66,7%)	8 (33,3%)	2 (8,3%)	1 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
TCG (n = 12)	6 (50%)	6 (50%)	2 (16,7%)	2 (16,7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Tumeur brune (n = 9)	4 (44,4%)	5 (55,6%)	5 (55,6%)	5 (55,6%)	5 (55,6%)	2 (22,2%)	2 (22,2%)

L'ensemble des types de lésions comportaient plus d'un tiers de lésions avec au moins un bord convexe. Toutes les lésions présentaient également au moins deux bords convexes, à des proportions différentes.

9 Les bords linéaires

Tableau 28. Tableau descriptif des bords linéaires

Nombre de bords linéaires	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Abcès (n = 24)	18 (75%)	6 (25%)	2 (8,3%)	1 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Chondroblastome (n = 7)	5 (71,4%)	2 (28,6%)	1 (14,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
DF (n = 58)	20 (34,5%)	38 (65,5%)	17 (29,3%)	8 (13,8%)	2 (3,4%)	1 (1,7%)	0 (0%)
Enchondrome (n = 132)	131 (99,2%)	1 (0,8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
FNO (n = 79)	44 (55,7%)	35 (44,3%)	17 (21,5%)	3 (3,8%)	2 (2,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Histiocytose (n = 8)	6 (75%)	2 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Infarctus osseux (n = 71)	53 (74,6%)	18 (25,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Kyste mucoïde (n = 42)	41 (97,6%)	1 (2,4%)	1 (2,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
KOA (n = 10)	8 (80%)	2 (20%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
KOE (n = 23)	19 (82,6%)	4 (17,4%)	1 (4,3%)	1 (4,3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Métastase (n = 34)	25 (73,5%)	9 (26,5%)	5 (14,7%)	2 (5,9%)	1 (2,9%)	0 (0%)	0 (0%)
Myélome (n = 53)	53 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Chondrosarcome (n = 24)	21 (87,5%)	3 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
TCG (n = 12)	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Tumeur brune (n = 9)	8 (88,9%)	1 (11,1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Seules les TCG et les lésions de myélome et plasmocytome ne présentaient pas de bords linéaires.

10 Statistiques annexes

Le reste des statistiques descriptives réalisées sont reprises dans l'annexe 1.

Discussion

1 Discussion générale

Dans la littérature, à notre connaissance, aucune étude n'a analysé de façon descriptive, qualitative ou quantitative, la morphologie précise des contours des lésions osseuses. La classification de Lodwick et sa version modifiée se sont focalisées plutôt sur la relation des contours lésionnels avec l'os sain adjacent. Les classifications et algorithmes RADS dédiées aux lésions osseuses ont pris en compte certains critères morphologiques, sans analyse précise des contours.

Les autres études décrivant l'aspect morphologique de certains types de lésions (tel que l'aspect lobulé des contours, ou l'aspect serpiginieux) évaluaient la morphologie globale des contours. Ces études ont fréquemment émis des descriptions sur des séries de cas, pour un seul type de lésion.

Notre étude, menée sur plusieurs groupes de lésions osseuses, avait pour objectif de déterminer s'il existait une tendance pour certains groupes de lésions focales à présenter plus fréquemment des bords concaves que d'autres, et par conséquent si la détection de concavités lésionnelles pouvait être utile dans l'analyse lésionnelle. Nous avons donc analysé l'ensemble des bords de 586 lésions osseuses appartenant à 15 groupes de lésions.

Notre étude montre pour la première fois la propension de certaines lésions focales à présenter des concavités de leurs contours lésionnels. D'autres types de contours, tels que les bords indentés, ont également été fréquemment notés pour d'autres lésions.

1.1 Concavités des contours

Seuls 4 groupes de lésions ne présentaient jamais de bord concave : les enchondromes, les kystes mucoïdes, les TCG et les tumeurs brunes. Nous notons cependant le faible effectif au sein des TCG et tumeurs brunes, qui restent peu fréquentes. Pour le reste des 11 groupes de lésions, nous observons au moins un bord concave par groupe, avec des fréquences différentes.

Ces concavités ont une répartition différente entre les groupes de lésions étudiées, et sont plus fréquentes dans l'infarctus osseux, suivi par la dysplasie fibreuse, avec des différences statistiquement significatives.

L'analyse en sous-groupes montre une différence significative entre 4 sous-groupes, avec des concavités fréquentes pour l'infarctus osseux et la dysplasie fibreuse, suivies d'un 3^e sous-groupe comprenant l'abcès, l'histiocytose, le chondroblastome et le KOA. Elles sembleraient peu fréquentes dans le 4^e sous-groupe comprenant le reste des lésions étudiées.

De façon descriptive, la présence d'au moins deux bords concaves nous a semblé être plus pertinente afin de mieux caractériser les lésions ayant une tendance à présenter des concavités lésionnelles. Nous pouvons discuter cela par le risque d'erreur d'attribution d'un bord concave, qui serait plus fréquent que le risque d'en attribuer deux ou plus, notamment sur les dossiers complexes comme nous le verrons par la suite. Ceci reste à explorer par les analyses de variabilité inter-observateur, que nous réaliserons avant la soumission de ce travail.

Nous pouvons stratifier de façon descriptive les lésions en 5 ensembles, selon la fréquence de présenter au moins deux bords concaves, tel que décrit dans le Tableau 29.

Tableau 29. Stratification selon la fréquence de présenter au moins 2 bords concaves

Stratification selon la fréquence de présenter au moins 2 bords concaves	Groupe de lésion	% de lésions
Toujours au moins deux bords concaves	Infarctus osseux	100%
Souvent (>25%)	Dysplasie fibreuse	44,8%
Parfois (entre 10 et 25%)	Abcès osseux	20,8%
	Chondroblastome	14,3%
	Histiocytose	12,5%
Rarement (<10%)	Métastase	2,9%
Jamais	Myélome Enchondrome Chondrosarcome FNO KOA KOE Kyste mucoïde TCG Tumeur brune	0%

Les lésions bénignes (non tumorales et tumorales), avaient plus fréquemment de bords concaves par rapport aux tumeurs intermédiaires et malignes, avec une différence restant significative après exclusion des infarctus osseux.

Cette observation pourrait être intéressante pour la pratique, malgré l'hétérogénéité des bords concaves entre les lésions bénignes étudiées.

Infarctus osseux

Dans notre étude, la totalité des infarctus osseux présentaient au moins deux bords concaves. Cette observation rappelle les descriptions morphologiques globales décrites dans la littérature.

En effet, Madewell et al. caractérisaient en 1981 les infarctus comme des lésions avec des bords curvilinéaires [12]. Des termes tels que "serpigineux" et "en volute de fumée" ont également été fréquemment utilisés pour qualifier leur apparence [53].

Cependant, la signification de cette morphologie serpigineuse reste obscure et peu explorée dans la littérature, alors que la physiopathologie des infarctus osseux fait l'objet de nombreuses hypothèses et débats [54].

La corrélation entre l'anatomopathologie et l'imagerie s'est focalisée sur l'aspect en double contour visualisé en IRM. Ce double contour, très spécifique et lié à un artéfact de déplacement chimique, correspondrait d'un point de vue anatomopathologique à deux zones péri-lésionnelles : un tissu de granulation interne, entre l'os normal et l'os infarci, qui apparaît en hypersignal T2, bordé par un rebord sclérotique externe qui apparaît en hyposignal T2 [55].

Ces tissus de granulation et de sclérose, correspondant à des phénomènes de réparation, pourraient être une piste pour expliquer cet aspect serpigineux.

En effet, une revue systématique de 524 articles conclut que ces phénomènes de réparation induisent un cercle vicieux avec une réparation contre-productive, car formant une cicatrice fibro-sclérotique entre l'os nécrotique et l'os sain, empêchant ainsi la revascularisation et la réparation de la lésion [56]. Cette hypothèse est étayée par des études expérimentales chez le rat, montrant que la nécrose induite par une privation vasculaire entraîne une modification de l'architecture spongieuse normale en

une structure compacte [57]. De plus, le tissu de granulation est le siège d'une infiltration fibrovasculaire inflammatoire, qui provoque une résorption trabéculaire par hyperhémie, contrairement à la zone nécrotique qui présente une trabéculatation accrue [58].

Ces phénomènes nous suggèrent que l'aspect concave observé pourrait possiblement être secondaire à une rétraction cicatricielle.

Néanmoins, les infarctus osseux posent peu de problèmes diagnostiques en pratique quotidienne, et ce signe n'est probablement pas utile en cas de sémiologie typique.

Dysplasie fibreuse

La dysplasie fibreuse était la 2^e lésion en fréquence à présenter des bords concaves. Cette lésion est classée comme une tumeur bénigne dans la classification WHO des tumeurs osseuses de 2020, puisqu'elle est caractérisée par la présence d'une mutation activatrice du gène GNAS [59]. Pourtant, de nombreux articles radiologiques continuent à considérer cette entité comme une pseudotumeur ou une dystrophie osseuse non tumorale, comme par exemple la revue systématique de la littérature de Kinnunen et al. en 2020 [60].

Sur le plan macroscopique, elle est constituée d'un tissu tumoral de couleur blanche jaunâtre, ferme, et de consistance granuleuse [61]. En microscopie, on observe un stroma fibreux peu cellulaire, siège de travées osseuses dysplasiques de forme irrégulière, non connectées entre elles, ayant une disposition non orientée par le stress [61]. Cette organisation anatomopathologique est décrite comme curvilinéaire [62,63] ou en caractères chinois [41,64], comme montrée dans la Figure 36.

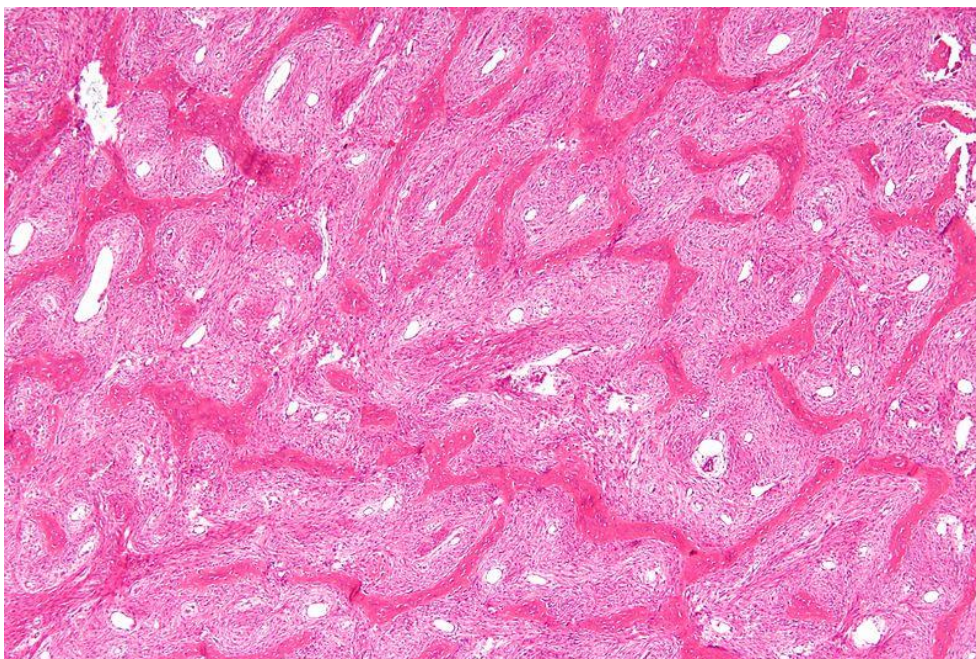


Figure 36. Dysplasie fibreuse - image histologique à faible grossissement, HES, d'après Nephron via Wikimedia Commons [65], reprise sans modification (licence CC BY-SA 3.0 [51])

A notre connaissance, cette possible concavité des contours lésionnels n'a pas été rapportée dans la littérature, malgré sa fréquence dans notre étude. Nous ignorons à ce jour si l'anatomopathologie de ce type de lésion peut l'expliquer.

Cette concavité nous paraît pouvoir être utile dans les formes atypiques de dysplasie fibreuse notamment de grande taille, comme dans la Figure 11 (page 45). C'est d'ailleurs à la suite de l'exploration IRM de cette lésion que nous avons décidé d'entreprendre ce travail. Malgré le caractère tumoral de la dysplasie fibreuse, la présence de telles concavités des bords lésionnels apparaît rassurante et pourrait s'expliquer en partie par la croissance lente de la tumeur et/ou une croissance non uniforme le long de ses bords.

Il reste à déterminer si cette disposition curvilinéaire histologique des travées pourrait également expliquer ces concavités et l'aspect radiologique observé dans notre étude.

Les descriptions macroscopiques n'apporteraient pas d'argument supplémentaire pour expliquer ces concavités.

Abcès

D'après nos observations, les abcès intra-osseux présentaient au moins 2 bords concaves dans 20,8% des cas. Ce pourcentage élevé peut paraître surprenant étant donné le caractère expansif des abcès. Néanmoins, cette concavité des contours correspond probablement en partie à l'aspect sinueux décrit dans la littérature.

C'est l'exemple de Ross et Cole qui décrivaient en 1985 la morphologie globale de 45 abcès osseux, en soit ovale et allongée, soit serpentineuse [66].

Pour d'autres auteurs, les contours des abcès sont décrits comme parfois sinueux [67,68], en guirlande [69], ou serpentineux [70].

Uthoff et Wilet notent dans leur ouvrage « *Behavior of the Growth Plate* » en 1988, que l'abcès est « attaché » par un de ses bords à la physe, se développant en direction de la diaphyse de manière semblable à un mouvement de serpent, donnant ainsi le « *serpentine sign* » [71].

Pour Jennin et al. l'aspect sinueux décrit dans les abcès serait rarement rencontré dans les tumeurs osseuses [68].

Au cours de notre étude, nous avons également remarqué que certains abcès présentaient des bords linéaires à proximité de la physe, cette dernière limitant la progression lésionnelle, tout au moins temporairement (Figure 7, page 42).

La sémiologie clinique et IRM des abcès est habituellement évocatrice, mais la question peut parfois se poser avec certains diagnostics différentiels, notamment tumoraux.

Chondroblastome

Dans notre étude, les chondroblastomes présentaient plus souvent des bords concaves que les autres tumeurs cartilagineuses. En effet, 42,9% des chondroblastomes présentaient au moins un bord concave, et 14,2% en présentaient au moins deux (contre 8,3% et 4,2% respectivement pour les chondrosarcomes, et 0% pour les enchondromes).

Ceci pourrait s'expliquer par :

- Le faible effectif : Sur les 7 chondroblastomes, 3 présentaient au moins un bord concave, et seul un en présentait au moins deux.
- Le centre topographique épiphysaire du chondroblastome, à proximité de la physe. Ce bord péri-physaire moulant alors la physe prendrait une morphologie semblable à celle de la physe. Cela explique trois bords concaves des chondroblastomes explorées dans notre étude.

Effectivement, sur les 4 bords concaves observés dans notre étude, 3 d'entre eux étaient liés à la physe, ainsi, aucune lésion ne présentait au moins 2 bords concaves non péri-physaires (Figure 9, page 43). Ces bords concaves en rapport avec la physe n'ont été observés qu'à une seule autre reprise dans d'autres lésions, à savoir les KOA.

En pratique, ces bords concaves liés à la physe ne semblent pas en rapport avec le pattern de croissance lésionnelle propre aux chondroblastomes, mais plutôt à l'environnement péri-lésionnel. Se discuterait donc la pertinence de ne pas considérer ces bords comme interprétables, en analogie aux bords corticaux.

Histiocytose Langerhansienne

Enfin, pour l'histiocytose Langerhansienne, les bords concaves étaient moins fréquemment retrouvés, avec seulement une lésion présentant au moins deux bords concaves. Cependant, notre effectif était également limité (8 lésions).

Dans les publications traitant de l'histiocytose Langerhansienne, davantage d'attention a été accordée aux types de contours selon la classification de Lodwick, plutôt qu'à leur morphologie globale. On retrouve seulement l'étude de Fisher et al. ayant analysé de façon quantitative la morphologie de ce type de tumeur, et dans laquelle elle présenterait des bords lobulés dans 73% des cas, et des bords lisses dans 11% [72]. Nous n'avons pas d'explication à ces concavités pour ce type de lésion.

Kyste osseux anévrysmal

Aucun KOA ne présentait au moins deux bords concaves. Trois lésions présentaient un bord concave.

Néanmoins, nous signalons comme pour les chondroblastomes la présence d'un bord concave en rapport avec la proximité d'une séquelle de physe en regard de la lésion (Figure 25, page 56), ainsi que l'effectif limité de l'échantillon (10 lésions).

1.2 Les bords non concaves

Nous rappelons que les bords non concaves ont été cotés en convexe, indenté ou linéaire.

Bords convexes

Concernant les bords convexes et réguliers, tous les groupes de lésions étudiés comportaient dans leur effectif au moins une lésion avec plus d'un bord de ce type.

Ceci ne nous apparaît pas inhabituel dans le cadre de lésions expansives. Certaines lésions présentaient cependant une fréquence moindre de bords convexes. Au moins deux bords convexes ont été notés dans seulement 4 (5,6%) infarctus osseux, 2 (8,3%) chondrosarcomes, 1 (10%) KOA, et 2 (16,7%) TCG. Ce pourcentage est supérieur à 29,5% pour le reste des groupes de lésions étudiées. Nous pouvons expliquer cela par la fréquence des bords indentés dans les chondrosarcomes, KOA et TCG, et par la fréquence des bords concaves dans l'infarctus osseux.

Bords indentés

Contrastant avec les lésions plutôt concaves, plusieurs lésions présentaient elles peu ou jamais de bords concaves, mais plutôt des bords indentés. Au moins deux bords indentés ont été fréquemment notés pour 121 (91,7%) enchondromes, 19 (79,2%) TCA/chondrosarcome, 9 (75%) lésions de TCG, 27 (64,3%) kystes mucoïdes, 6 (60%) kystes osseux anévrysmaux, 4 (50%) des lésions d'HL, et 38 (48,1%) FNO.

Ces contours peuvent s'expliquer par la présence de véritables lobules, comme dans certaines tumeurs cartilagineuses (enchondromes, tumeurs cartilagineuses atypiques et chondrosarcomes).

Dans les enchondromes et les tumeurs cartilagineuses atypiques, l'aspect histologique est caractérisé par une matrice cartilagineuse hypocellulaire faite de lobules de cartilage hyalin séparés par du tissu osseux physiologique, ou des septas fibro-conjonctifs [3,73]. Cette organisation lobulaire multinodulaire et bien visible en IRM [74,75], est parfois visible macroscopiquement sur les pièces de résection [3], comme nous pouvons l'observer dans la Figure 37.

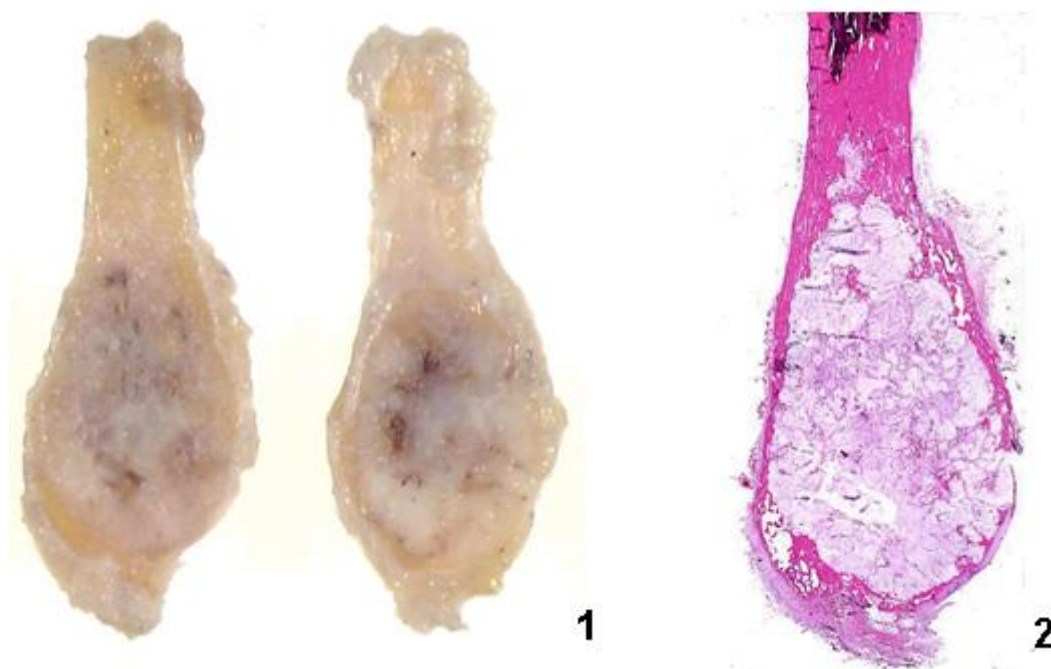


Figure 37. Chondrosarcome de l'extrémité proximale de la fibula
1) Pièce de résection « en bloc »
2) Aspect macroscopique (macro-slice) : architecture lobulaire et indentations des contours
d'après Atlas of Genetics and Cytogenetics in Oncology and Haematology [76], figure reprise sans modification (licence CC BY-NC-ND 2.0 [52])

Cette impression de corrélation radio-histologique a été évoquée dès 1988 par Cohen, démontrant dans son étude une corrélation entre les aspects macroscopiques, histologiques et d'imagerie. Les lobules de cartilage hyalin apparaissant en hypersignal, donnant une morphologie lobulaire, avec des septas fibreux interlobulaires en hyposignal entre les lobules, visibles en histologie [77].

La publication de Douis et al. montre que cet aspect lobulaire est repris de façon constante dans les publications radiologiques sur le sujet [78], notamment avec West et al. qui les décrivent par exemple dans 83% des chondrosarcomes [79].

Ces contours indentés constituaient le principal diagnostic différentiel des bords concaves de notre série.

En effet, la présence de lobulations ou de septas intra-lésionnels est à l'origine de contours lésionnels irréguliers avec soit de petites indentations focales déformant peu le contour que nous avons nommé dans notre série de type a (*Figure 10 page 44, Figure 16 page 48, Figure 18, Figure 17 page 49, Figure 19 page 50, Figure 20 page 52, Figure 31 page 61 et Figure 32 page 62*), soit des indentations plus marquées à l'origine d'invaginations interposées entre deux limites convexes, tel qu'entre deux lobules à titre d'exemple, que nous avons nommé de type c (*Figure 8 page 42, Figure 16 page 48, Figure 19 page 50, Figure 29 page 59 et Figure 31 page 61*). Un troisième type d'indentation, avec une incurvation en forme de V, que nous avons visualisé surtout dans les fibromes non ossifiants, et nommé de type b, sera discuté ultérieurement (page 95). Néanmoins, la principale différence entre les bords indentés et concaves réside dans l'aspect irrégulier des bords indentés, en comparaison avec les concavités vraies. Ces dernières résultent d'une courbe lisse et régulière.

Cette morphologie lobulaire est moins souvent rapportée dans la littérature pour les chondroblastomes : dans 42% des chondroblastomes d'une série radiographique de 104 cas de Bloem et al [80], 72% et 59% dans deux séries IRM de 22 patients de Weatherall et al [81], et de Jee et al [82], respectivement.

Dans notre étude, bien que limitée à sept chondroblastomes, 71,4% présentaient au moins un bord indenté, tandis que 28,6% avaient au moins deux bords indentés. Aucune lésion ne présentait plus de deux bords indentés.

Aussi, trois quarts des tumeurs à cellules géantes présentaient au moins deux bords indentés.

Ces bords irréguliers ont été décrits dans la littérature. He et al. ont noté que les tumeurs à cellules géantes présentaient en IRM des limites tumorales irrégulières ayant une forme en brosse, dus à des protrusions de tissu tumoral au sein de l'os sain adjacent, qu'ils définissent comme le « *paintbrush borders sign* », pouvant être traduit en « signe des bordures en brosse » [83,84]. Ce signe était retrouvé chez 44,8% des 58 patients de leur série, et était un facteur pronostique de récurrence tumorale.

Une corrélation anatomopathologique des données d'IRM a été réalisé sur 2 patients de leur série, afin d'explorer la physiopathologie de ce signe. L'examen macroscopique concordait visuellement avec les constatations de protrusions en IRM. Les coupes histologiques mettaient en évidence des cellules géantes ostéoclastiques dispersées parmi les monocytes au sein de ces protrusions. Ces constatations sont explicitées dans la Figure 38, et rappellent les indentations déformant peu le contour, de type a.

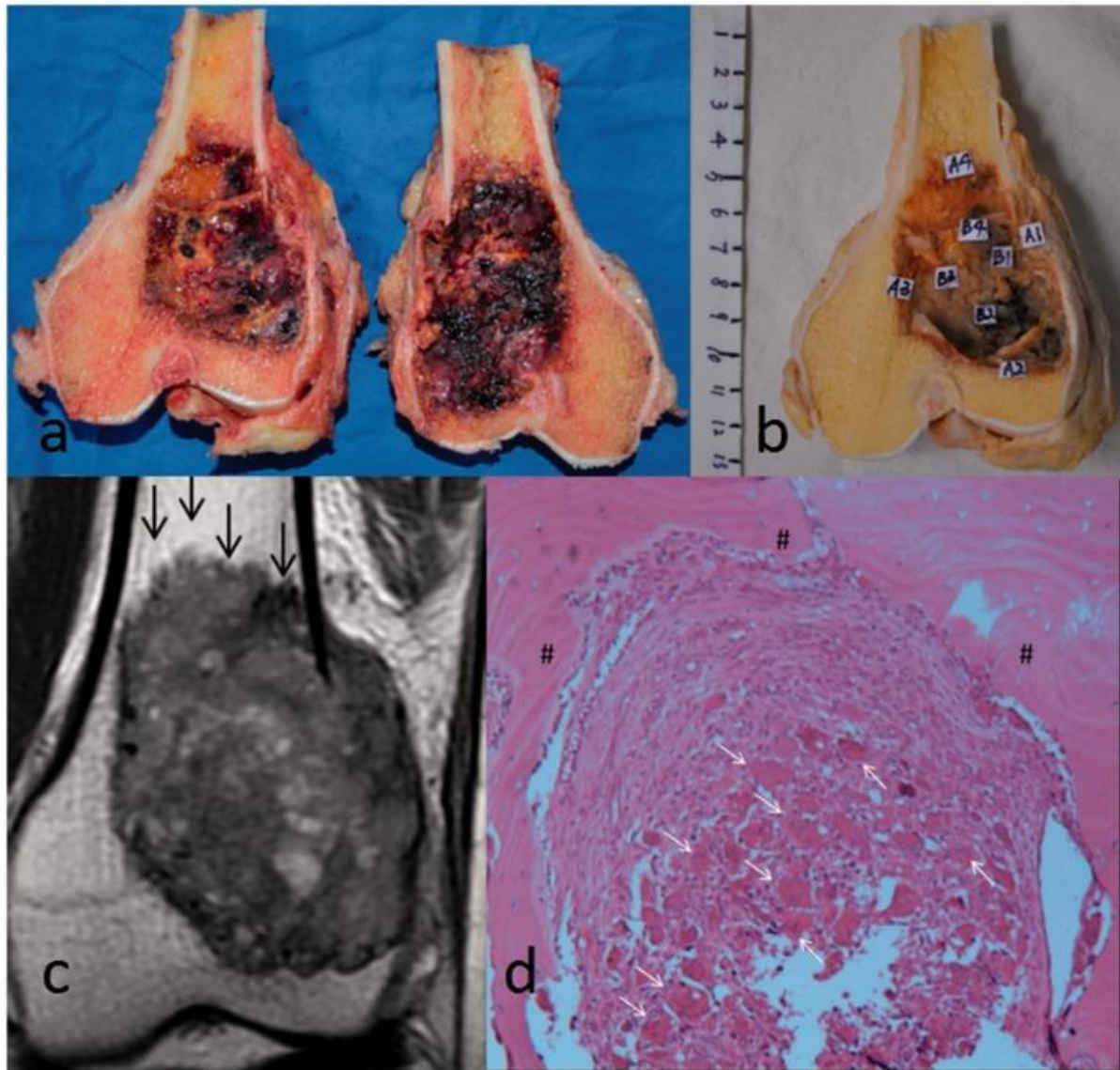


Figure 38. Tumeur à cellules géantes traitée par résection-en-bloc
a, b) Pièce chirurgicale disséquée pour examen de la corrélation avec l'image IRM coronale. Des échantillons ont été prélevés à partir de cette section coronale pour examen anatomopathologique.
c) L'image coronale T2 montre le signe du « paintbrush borders sign », ou le signe de « bordures en brosse », au niveau de la partie supérieure de la tumeur (flèches noires).
d) L'examen anatomopathologique montre avec des cellules géantes multinucléées typiques (flèches blanches) parmi de nombreuses cellules mononucléées, faisant protrusion vers le tissu osseux (#) (coloration à l'hématoxyline-éosine ; grossissement 100×),
d'après He et al [83]. Figure reprise sans modification (licence CC-by 4.0, [29]).

Également, les kystes mucoïdes sont souvent décrits dans la littérature comme présentant une forme lobulaire. Un cas récent de Corée du Sud publié en 2022, a illustré la confusion entre un kyste mucoïde et un chondrosarcome, en raison de cet aspect pluri-lobulaire partagé entre ces deux lésions, mais surtout du fait de l'association atypique de ce kyste mucoïde à des érosions corticales [85].

Ces lobules étaient par ailleurs souvent observés dans les lésions présentant des septas intra lésionnels, comme dans les fibromes non ossifiants, les tumeurs à cellules géantes [18], et les KOA [19–21].

Pour les KOA, ces lésions kystiques sont classiquement décrites comme ovalaires, présentant des lobulations [19], des cloisons et septas osseux intra-lésionnels [19–21,86], ou comme multi-loculées [22]. Freeby et al. décrivent des lobulations dans 70% des KOA [87].

Wortler et al. ont analysé en imagerie 38 cas de KOA en 2000. Les contours polycycliques étaient observés dans 84% des cas, avec des septas internes dans 89%, contribuant à un aspect de projection diverticulaire des parois kystiques dans 68% des cas [21]. Ces septas internes ayant une forme de diverticules ont également été décrits par Bletran et al. en 1986 [88]. Cet aspect correspond aux invaginations (indentation de type c) de notre étude.

Pour l'histiocytose, comme noté dans le paragraphe précédent, ces bords indentés semblent être peu rapportés dans la littérature, car nous retrouvons seulement l'étude de Fisher et al, décrivant des bords lobulés dans 73% des cas de leur série [72].

Enfin, dans notre étude, environ la moitié des fibromes non ossifiants présentaient au moins deux bords indentés. La physiopathologie précise de cette lésion reste mal connue malgré sa fréquence (prévalence estimée à 30-40% chez les enfants) [62].

Ritsch et al. ont proposé en 1988 une classification radio-morphologique en quatre stades, notant une forme polycyclique dans les stades A, B et C, et résultant selon eux de la croissance lésionnelle en lien avec la traction chronique exercée par une insertion tendineuse adjacente [89]. Cette proposition physiopathologique a cependant été rejetée par la suite [90].

En effet, le FNO est une lésion tumorale composée de cellules géantes de type ostéoclastique [3,91]. Son étiologie reste inconnue, malgré son association à des mutations de la voie RAS-MAPK ou à des mutations associées à la neurofibromatose de type I ou le syndrome de Jaffe-Campanacci [92].

Elle présente classiquement une morphologie macroscopique et radiologique décrite comme polycyclique [62,91,93]. Une analyse quantitative de Friedland et al. décrit des lobulations dans 82% des FNO [94]. Cette forme polycyclique, en lien avec des septas internes, tels des incurvations, concorde avec l'analyse de notre étude. Nous rappelons que ces bords indentés, avec des incurvations en V, que nous avons nommés indentations de type b, sont en rapport avec cette morphologie polycyclique, et ne doivent pas être confondus avec des concavités vraies (*Figure 15 page 48, Figure 18 page 50, Figure 19 page 50, et Figure 25 page 56*).

Nous pouvons citer les travaux de Jee et al. dans les années 1990, avec deux études IRM comparant l'aspect morphologique de la dysplasie fibreuse et des FNO, étudiant 19 lésions dans chaque série, notant la présence de septas internes visibles dans 95% des FNO, contre seulement dans 21% des dysplasies fibreuses [95,96]. Toutefois, ces observations sont en contradiction totale avec les résultats d'une étude récente de Kato et al. en 2023, réalisés sur l'aspect IRM de 13 lésions de dysplasie fibreuse et 16 de FNO, où il est noté des septas internes pour 46% des DF contre 6% pour les FNO [97].

Néanmoins, ces études et les travaux de la littérature ne présentent pas de corrélation anatomopathologique ou d'études longitudinales probantes expliquant cette morphologie polycylique et polylobée, possiblement car cette lésion est d'aspect typiquement bénin en radiographie, et nécessite rarement une prise en charge spécialisée. La régression spontanée dans la quasi-totalité des cas après la puberté, ainsi que l'ossification spontanée dans d'autres cas à l'âge adulte [92], pourraient présenter des pistes pour l'explication de cet aspect.

1.3 Les aspects tubulés

Les bords tubulés n'ont été retrouvés que dans 4 lésions de dysplasie fibreuse, une lésion d'histiocytose Langerhansienne et 5 infarctus osseux (Figure 33 à 35, pages 73 et 74)

Cet aspect n'a jamais été décrit ou étudié dans la littérature, et nous n'avons pas d'explications physiopathologiques probantes à ce phénomène.

2 Points forts

Notre étude est originale. En effet, l'exploration de concavités des contours lésionnels n'a jamais été abordée à notre connaissance. Nous avons systématiquement coté les contours lésionnels au niveau des six bords lésionnels ; antérieur, postérieur, proximal, distal, latéral et médial. À ce jour, une telle analyse exhaustive n'a jamais été réalisée, les études précédentes s'étant principalement focalisées sur l'analyse de la morphologie globale des lésions.

De plus, les descriptions des morphologies lésionnelles présentes dans la littérature ont largement été le résultat des expériences individuelles de leurs auteurs, plutôt que

d'une analyse précise. Les rares études mentionnées dans la section précédente sur l'analyse qualitative ou quantitative, se sont essentiellement concentrées sur les caractéristiques morphologiques globales (tel que l'aspect lobulaire, ovale ou rond).

Le choix de l'IRM pour l'analyse des contours revêt un aspect moins sujet à discussion. En effet, l'étude précise de la morphologie lésionnelle peut se révéler complexe sur les radiographies standard en raison de contours peu discernables, particulièrement pour les lésions de petite taille et/ ou intramédullaires pures. De plus, nous avons exclu les lésions pour lesquelles les contours lésionnels ne pouvaient être cotés avec précision en raison d'une ostéolyse agressive ou d'une fracture pathologique. Cette démarche a concerné 26,7 % des lésions exclues (131 lésions sur 490 exclues). Cette décision méthodologique a permis d'écarter des ambiguïtés potentielles dans l'analyse des contours.

Enfin, un point fort majeur de notre recherche réside dans l'ampleur de l'échantillon inclus. Notre étude a porté sur une cohorte de 586 lésions, en lien avec 15 groupes distincts de lésions, couvrant une gamme allant des plus communes aux plus rares. Cette diversité dans l'échantillon renforce la représentativité et la généralisabilité de notre analyse. En comparaison, la classification BTI-RADS décrite dans l'introduction, a été réalisée à partir d'analyses portant sur un échantillon de 230 lésions osseuses.

3 Limites

L'étude que nous avons menée comporte certaines limites

- a. Notre critère principal, qui consistait à évaluer les contours lésionnels, peut être d'appréciation subjective, avec parfois une différenciation difficile entre une importante indentation et une vraie concavité, d'autant qu'elle a été réalisée par

une lectrice expérimentée en imagerie musculosquelettique. Cette limite pourrait être la source de variabilité inter, voire intra-observateur. L'étude de ces variabilités va être réalisée avant soumission de l'article portant sur ce sujet.

- b. Le diagnostic était connu lors de la cotation, même si la nature de la majorité des lésions pouvait être évoquée lors de l'analyse des lésions par une radiologue expérimentée.
- c. Le nombre de lésions étudiés pour certains types de lésions était limité, notamment en comparaison à d'autres types de lésions. Cela concerne en particulier les chondroblastomes (7 lésions), les lésions d'HL (8 lésions), les KOA (10 lésions), les TCG (12 lésions) et les tumeurs brunes (9 lésions). Ce nombre limité s'explique par :
 - La rareté de ces lésions, notamment en comparaison par rapport à d'autre type de lésions plus fréquentes telle que les enchondromes et les infarctus osseux ;
 - L'exclusion des lésions présentant une ostéolyse agressive, des lésions traitées ou mal explorables (dans ce cadre, par exemple, sur les 34 lésions de TCG éligibles, 22 ont été exclues, représentant une proportion importante).
 - L'absence d'analyse en scanner, ce qui explique probablement la faible proportion de lésions condensantes de notre étude (énostose géante, métastase...), celles-ci étant plutôt explorées en scanner qu'en IRM en première intention.

4 Perspectives et significativité clinique

La présence de bords concaves, avec l'aide d'autres indicateurs de caractérisation lésionnelle, tel que ceux explicités dans l'introduction, pourrait aider à mieux différencier certains types de lésions osseuses en IRM. Cela reste cependant à conforter par d'autres études, notamment pour confirmer l'applicabilité de ce signe à la pratique clinique quotidienne et sa généralisabilité.

Notre analyse approfondie des concavités des contours lésionnels, et plus globalement de la morphologie des contours, révèle de probables liens complexes entre leurs aspects morphologiques et anatomopathologiques.

Ceci met en évidence le besoin de recherches futures pour mieux appréhender les mécanismes, la physiopathologie et l'anatomopathologie responsables de ces aspects rencontrés, notamment la nécessité de plus d'études de corrélation histo-radiologique, axées sur l'étude de la croissance et des contours lésionnels.

Conclusion

Au total, notre étude montre la propension de certaines lésions osseuses à présenter des concavités. Ces concavités sont plus fréquemment retrouvées dans les lésions non tumorales et tumorales bénignes. Cette morphologie concave pourrait donc orienter vers la bénignité.

L'infarctus osseux présente très fréquemment des bords concaves, mais ce signe n'est probablement pas utile en cas de sémiologie typique.

La dysplasie fibreuse est la seconde lésion après l'infarctus à avoir une propension à présenter des bords concaves. Ces concavités pourraient être utiles pour certaines formes de dysplasie fibreuse atypiques ou trompeuses.

Les abcès, les lésions osseuses d'histiocytose Langerhansienne et les KOA semblent présenter une discrète propension à présenter des bords concaves, contrastant dans notre étude avec des effectifs limités pour la généralisabilité.

Enfin, nous notons la présence de bords concaves pour les chondroblastomes, expliqués fréquemment par leur proximité avec la physe, et dont la signification ne semble pas en rapport avec le pattern de croissance naturelle de la lésion.

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification WHO des tumeurs osseuses, d'après [3].....	4
Tableau 2. Classification modifiée de Lodwick-Madewell	12
Tableau 3. Indicateurs de la classification BTI-RADS	16
Tableau 4. Classification BTI-RADS.....	17
Tableau 5. Classification OT-RADS	18
Tableau 6. Caractéristiques des patients.....	36
Tableau 7. Classification des lésions et effectifs	37
Tableau 8. Caractéristiques des lésions	39
Tableau 9. Tableau descriptif - Abscès osseux	40
Tableau 10. Tableau descriptif - Chondroblastome	43
Tableau 11. Tableau descriptif - Dysplasie fibreuse	44
Tableau 12. Tableau descriptif - Enchondrome	47
Tableau 13. Tableau descriptif - Fibrome non ossifiant	49
Tableau 14. Tableau descriptif - Histiocytose Langerhansienne	51
Tableau 15. Tableau descriptif - Infarctus osseux	51
Tableau 16. Tableau descriptif - Kyste mucoïde.....	54
Tableau 17. Tableau descriptif - Kyste osseux anévrysmal.....	55
Tableau 18. Tableau descriptif - Kyste osseux essentiel.....	57
Tableau 19. Tableau descriptif - Métastase osseuse	57
Tableau 20. Tableau descriptif - Lésion osseuse de myélome et plasmocytome	59
Tableau 21. Tableau descriptif - Tumeur cartilagineuse atypique et chondrosarcome	60
Tableau 22. Tableau descriptif - Tumeur à cellules géantes	62
Tableau 23. Tableau descriptif - Tumeur brune.....	63
Tableau 24. Analyse post-hoc des sous-groupes.....	67
Tableau 25. Tableau descriptif des concavités.....	69
Tableau 26. Tableau descriptif des indentations	75
Tableau 27. Tableau descriptif des bords convexes.....	77
Tableau 28. Tableau descriptif des bords linéaires	78
Tableau 29. Stratification selon la fréquence de présenter au moins 2 bords concaves	82

Liste des figures

Figure 1. Classification de Lodwick	10
Figure 2. Algorithme d'évaluation des lésions osseuses découvertes en scanner selon Bone-RADS	21
Figure 3. Algorithme d'évaluation des lésions osseuses découvertes en IRM selon Bone-RADS	23
Figure 4. Représentations schématiques de contours osseux	31
Figure 5. Abscès osseux :	41
Figure 6. Abscès osseux :	41
Figure 7. Abscès osseux :	42
Figure 8. Abscès osseux :	42
Figure 9. Chondroblastome (cas différents) :	43
Figure 10. Chondroblastome :	44
Figure 11. Dysplasie fibreuse:	45
Figure 12. Dysplasie fibreuse:	46
Figure 13. Dysplasie fibreuse (cas différents) :	46
Figure 14. Dysplasie fibreuse (cas différents).....	47
Figure 15. Enchondrome :	48
Figure 16. Enchondrome :	48
Figure 17. Enchondrome :	49
Figure 18. FNO (cas différents) :	50
Figure 19. FNO :	50
Figure 20. Infarctus osseux :	52
Figure 21. Infarctus osseux :	53
Figure 22. Infarctus osseux :	53
Figure 23. Infarctus osseux :	54
Figure 24. Kyste mucoïde :	55
Figure 25. KOA :	56
Figure 26. KOA.....	56
Figure 27. Métastase :	58
Figure 28. Métastase (même patiente que fig. 30) :	58
Figure 29. Métastase :	59
Figure 30. Myélome :	60

Figure 31. Chondrosarcome :	61
Figure 32. TCG :	62
Figure 33. Dysplasie fibreuse (cas différents) :	73
Figure 34. Histiocytose Langerhansienne :	73
Figure 35. Infarctus osseux (cas différents) :	74
Figure 36. Dysplasie fibreuse - image histologique à faible grossissement, HES, ...	85
Figure 37. Chondrosarcome de l'extrémité proximale de la fibula	90
Figure 38. Tumeur à cellules géantes traitée par résection-en-bloc	93

Liste des diagrammes

Diagramme 1. Lésions éligibles et exclues.....	26
Diagramme 2. Flowchart.....	35
Diagramme 3. Pourcentage de lésions selon le nombre de bords concaves, par groupe de lésion	64
Diagramme 4. Box-plot du nombre de bords concaves par lésions par rapport aux groupes.....	65
Diagramme 5. Box-plot du nombre de bords concaves par lésions par rapport aux sous-groupes définis.....	67
Diagramme 6. Pourcentage de lésions avec au moins un bord concave	70
Diagramme 7. Pourcentage de lésions avec au moins deux bords concaves	71
Diagramme 8. Pourcentage de lésions avec au moins trois bords concaves	72

Références

- [1] Ahlawat S, Fayad LM. Revisiting the WHO classification system of bone tumours: emphasis on advanced magnetic resonance imaging sequences. Part 2. *Pol J Radiol* 2020;85:e409–19. <https://doi.org/10.5114/pjr.2020.98686>.
- [2] Choi JH, Ro JY. The 2020 WHO Classification of Tumors of Bone: An Updated Review. *Adv Anat Pathol* 2021;28:119–38. <https://doi.org/10.1097/PAP.0000000000000293>.
- [3] International Agency for Research on Cancer. WHO Classification of Tumours Editorial Board. Soft tissue and bone tumours. vol. 3. 5th ed. Lyon (France): 2020.
- [4] Murphey MD, Kransdorf MJ. Staging and Classification of Primary Musculoskeletal Bone and Soft-Tissue Tumors According to the 2020 WHO Update, From the AJR Special Series on Cancer Staging. *AJR Am J Roentgenol* 2021;217:1038–52. <https://doi.org/10.2214/AJR.21.25658>.
- [5] Costelloe CM, Madewell JE. An Approach to Undiagnosed Bone Tumors. *Semin Ultrasound CT MR* 2021;42:114–22. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2020.08.014>.
- [6] Costelloe CM, Madewell JE. Radiography in the Initial Diagnosis of Primary Bone Tumors. *Am J Roentgenol* 2013;200:3–7. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.8488>.
- [7] Miller TT. Bone tumors and tumorlike conditions: analysis with conventional radiography. *Radiology* 2008;246:662–74. <https://doi.org/10.1148/radiol.2463061038>.
- [8] Lodwick GS. Radiographic diagnosis and grading of bone tumors, with comments on computer evaluation. *Proc Natl Cancer Conf* 1964;5:369–80.
- [9] Lodwick GS, Wilson AJ, Farrell C, Virtama P, Dittrich F. Determining growth rates of focal lesions of bone from radiographs. *Radiology* 1980;134:577–83. <https://doi.org/10.1148/radiology.134.3.6928321>.
- [10] Madewell JE, Ragsdale BD, Sweet DE. Radiologic and pathologic analysis of solitary bone lesions. Part I: internal margins. *Radiol Clin North Am* 1981;19:715–48.
- [11] Caracciolo JT, Temple HT, Letson GD, Kransdorf MJ. A Modified Lodwick-Madewell Grading System for the Evaluation of Lytic Bone Lesions. *AJR Am J Roentgenol* 2016;207:150–6. <https://doi.org/10.2214/AJR.15.14368>.
- [12] Sweet DE, Madewell JE, Ragsdale BD. Radiologic and pathologic analysis of solitary bone lesions. Part III: matrix patterns. *Radiol Clin North Am* 1981;19:785–814.
- [13] Woertler K. Benign bone tumors and tumor-like lesions: value of cross-sectional imaging. *Eur Radiol* 2003;13:1820–35. <https://doi.org/10.1007/s00330-003-1902-z>.
- [14] Aoki J, Sone S, Fujioka F, Terayama K, Ishii K, Karakida O, et al. MR of enchondroma and chondrosarcoma: rings and arcs of Gd-DTPA enhancement. *J*

Comput Assist Tomogr 1991;15:1011–6. <https://doi.org/10.1097/00004728-199111000-00021>.

- [15] Murphey MD, Flemming DJ, Boyea SR, Bojescul JA, Sweet DE, Temple HT. Enchondroma versus chondrosarcoma in the appendicular skeleton: differentiating features. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc* 1998;18:1213–37; quiz 1244–5. <https://doi.org/10.1148/radiographics.18.5.9747616>.
- [16] Vanel D, Kreshak J, Larousserie F, Alberghini M, Mirra J, De Paolis M, et al. Enchondroma vs. chondrosarcoma: a simple, easy-to-use, new magnetic resonance sign. *Eur J Radiol* 2013;82:2154–60. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.11.043>.
- [17] Kaim AH, Hügli R, Bonél HM, Jundt G. Chondroblastoma and clear cell chondrosarcoma: radiological and MRI characteristics with histopathological correlation. *Skeletal Radiol* 2002;31:88–95. <https://doi.org/10.1007/s00256-001-0450-3>.
- [18] McGrath PJ. Giant-cell tumour of bone: an analysis of fifty-two cases. *J Bone Joint Surg Br* 1972;54:216–29.
- [19] Mahnken AH, Nolte-Ernsting CCA, Wildberger JE, Heussen N, Adam G, Wirtz DC, et al. Aneurysmal bone cyst: value of MR imaging and conventional radiography. *Eur Radiol* 2003;13:1118–24. <https://doi.org/10.1007/s00330-002-1668-8>.
- [20] Munk PL, Helms CA, Holt RG, Johnston J, Steinbach L, Neumann C. MR imaging of aneurysmal bone cysts. *AJR Am J Roentgenol* 1989;153:99–101. <https://doi.org/10.2214/ajr.153.1.99>.
- [21] Wörtler K, Blasius S, Hillmann A, Marx C, Brinkschmidt C, Heindel W. [MR morphology of primary aneurysmal bone cysts: a retrospective analysis of 38 cases]. *ROFO Fortschr Geb Rontgenstr Nuklearmed* 2000;172:591–6. <https://doi.org/10.1055/s-2000-4648>.
- [22] Ma LD, Frassica FJ, Scott WW, Fishman EK, Zerbouni EA. Differentiation of benign and malignant musculoskeletal tumors: potential pitfalls with MR imaging. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc* 1995;15:349–66. <https://doi.org/10.1148/radiographics.15.2.7761640>.
- [23] Burnside ES, Sickles EA, Bassett LW, Rubin DL, Lee CH, Ikeda DM, et al. The ACR BI-RADS® Experience: Learning From History. *J Am Coll Radiol JACR* 2009;6:851–60. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2009.07.023>.
- [24] Ribeiro GJ, Gillet R, Blum A, Teixeira PAG. Imaging report and data system (RADS) for bone tumors: where do we stand and future directions. *Skeletal Radiol* 2023;52:151–6. <https://doi.org/10.1007/s00256-022-04179-2>.
- [25] Balaji R. The RADS—Panacea or Pain? *Indian J Radiol Imaging* 2022;32:149–50. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1755236>.
- [26] Ribeiro GJ, Gillet R, Hossu G, Trinh J-M, Euxibie E, Sirveaux F, et al. Solitary bone tumor imaging reporting and data system (BTI-RADS): initial assessment of a systematic imaging evaluation and comprehensive reporting method. *Eur Radiol* 2021;31:7637–52. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-07745-9>.

- [27] Chhabra A, Gupta A, Thakur U, Pezeshk P, Dettori N, Callan A, et al. Osseous Tumor Reporting and Data System-Multireader Validation Study. *J Comput Assist Tomogr* 2021;45:571–85. <https://doi.org/10.1097/RCT.0000000000001184>.
- [28] Chang CY, Garner HW, Ahlawat S, Amini B, Bucknor MD, Flug JA, et al. Society of Skeletal Radiology- white paper. Guidelines for the diagnostic management of incidental solitary bone lesions on CT and MRI in adults: bone reporting and data system (Bone-RADS). *Skeletal Radiol* 2022;51:1743–64. <https://doi.org/10.1007/s00256-022-04022-8>.
- [29] Creative Commons — Attribution 4.0 International — CC BY 4.0 n.d. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> (accessed August 2, 2023).
- [30] Anderson SE, Steinbach LS, Schlicht S, Powell G, Davies M, Choong P. Magnetic resonance imaging of bone tumors and joints. *Top Magn Reson Imaging TMRI* 2007;18:457–65. <https://doi.org/10.1097/rmr.0b013e318161e594>.
- [31] Vives MJ. Orthopedic Imaging: A Practical Approach. 4th Ed. *J Spinal Cord Med* 2006;29:173. [https://doi.org/10.1043/1079-0268\(2005\)29\[173:BR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/1079-0268(2005)29[173:BR]2.0.CO;2).
- [32] Jacobson JA, Girish G, Jiang Y, Sabb BJ. Radiographic evaluation of arthritis: degenerative joint disease and variations. *Radiology* 2008;248:737–47. <https://doi.org/10.1148/radiol.2483062112>.
- [33] Amjad A, Hafez AT, Nawab Ditta A, Jan W. Synovial Pit of the femoral neck: a rare disease with rare presentations. *J Surg Case Rep* 2020;2020:rjaa195. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjaa195>.
- [34] Goodin GS, Shulkin BL, Kaufman RA, McCarville MB. PET/CT characterization of fibroosseous defects in children: 18F-FDG uptake can mimic metastatic disease. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:1124–8. <https://doi.org/10.2214/AJR.06.0171>.
- [35] Mascard E, Gomez-Brouchet A, Lambot K. Bone cysts: unicameral and aneurysmal bone cyst. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2015;101:S119-127. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.06.031>.
- [36] Saito N, Nadgir RN, Flower EN, Sakai O. Clinical and radiologic manifestations of sickle cell disease in the head and neck. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc* 2010;30:1021–34. <https://doi.org/10.1148/rg.304095171>.
- [37] Palmer W, Bancroft L, Bonar F, Choi J-A, Cotten A, Griffith JF, et al. Glossary of terms for musculoskeletal radiology. *Skeletal Radiol* 2020;49:1–33. <https://doi.org/10.1007/s00256-020-03465-1>.
- [38] Vanel D, Ruggieri P, Ferrari S, Picci P, Gambarotti M, Staals E, et al. The incidental skeletal lesion: ignore or explore? *Cancer Imaging* 2009;9:S38–43. <https://doi.org/10.1102/1470-7330.2009.9009>.
- [39] Franz D, Wechselberger J, Rasper M, Specht K, Kehl V, Rummeny EJ, et al. Milk cloud appearance-a characteristic sign of fibrous dysplasia on contrast-enhanced MR imaging. *Eur Radiol* 2019;29:3424–30. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06245-1>.
- [40] Hwang D, Jeon J, Hong SH, Yoo HJ, Choi J-Y, Chae HD. Radiographic Follow-Up of Fibrous Dysplasia in 138 Patients. *AJR Am J Roentgenol* 2020;215:1430–5. <https://doi.org/10.2214/AJR.20.22978>.

- [41] Kushchayeva YS, Kushchayev SV, Glushko TY, Tella SH, Teytelboym OM, Collins MT, et al. Fibrous dysplasia for radiologists: beyond ground glass bone matrix. *Insights Imaging* 2018;9:1035–56. <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0666-6>.
- [42] Parlier-Cuau C, Bousson V, Ogilvie CM, Lackman RD, Laredo J-D. When should we biopsy a solitary central cartilaginous tumor of long bones? Literature review and management proposal. *Eur J Radiol* 2011;77:6–12. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.06.051>.
- [43] Sampath Kumar V, Tyrrell PNM, Singh J, Gregory J, Cribb GL, Cool P. Surveillance of intramedullary cartilage tumours in long bones. *Bone Jt J* 2016;98-B:1542–7. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B11.37864>.
- [44] Bernstein ZS, Kim EB, Raje N. Bone Disease in Multiple Myeloma: Biologic and Clinical Implications. *Cells* 2022;11:2308. <https://doi.org/10.3390/cells11152308>.
- [45] Rajkumar SV. Multiple Myeloma: 2022 update on Diagnosis, Risk-stratification and Management. *Am J Hematol* 2022;97:1086–107. <https://doi.org/10.1002/ajh.26590>.
- [46] Isaac A, Dalili D, Dalili D, Weber M-A. State-of-the-art imaging for diagnosis of metastatic bone disease. *Radiol* 2020;60:1–16. <https://doi.org/10.1007/s00117-020-00666-6>.
- [47] Shibata H, Kato S, Sekine I, Abe K, Araki N, Iguchi H, et al. Diagnosis and treatment of bone metastasis: comprehensive guideline of the Japanese Society of Medical Oncology, Japanese Orthopedic Association, Japanese Urological Association, and Japanese Society for Radiation Oncology. *ESMO Open* 2016;1:e000037. <https://doi.org/10.1136/esmoopen-2016-000037>.
- [48] Diacinti D, Cipriani C, Biamonte F, Pepe J, Colangelo L, Kripa E, et al. Imaging technologies in the differential diagnosis and follow-up of brown tumor in primary hyperparathyroidism: Case report and review of the literature. *Bone Rep* 2020;14:100745. <https://doi.org/10.1016/j.bonr.2020.100745>.
- [49] Can Ö, Boynueğri B, Gökçe AM, Özdemir E, Ferhatoğlu F, Canbakan M, et al. Brown Tumors: A Case Report and Review of the Literature. *Case Rep Nephrol Dial* 2016;6:46–52. <https://doi.org/10.1159/000444703>.
- [50] Xie C, Tsakok M, Taylor N, Partington K. Imaging of brown tumours: a pictorial review. *Insights Imaging* 2019;10:75. <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0757-z>.
- [51] Creative Commons — Attribution-ShareAlike 3.0 Unported — CC BY-SA 3.0 n.d. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en> (accessed August 19, 2023).
- [52] Creative Commons — Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.0 France — CC BY-NC-ND 2.0 FR n.d. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr/deed.en> (accessed August 24, 2023).
- [53] Boulet B, Caramella C, Couanet D, Balleyguier C, Bidault F, Dromain C. [MR imaging patterns of bone marrow]. *J Radiol* 2010;91:935–49. [https://doi.org/10.1016/s0221-0363\(10\)70141-4](https://doi.org/10.1016/s0221-0363(10)70141-4).
- [54] Lafforgue P, Trijau S. Bone infarcts: Unsuspected gray areas? *Joint Bone Spine* 2016;83:495–9. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2016.02.003>.

- [55] Barakat E, Guischer N, Houssiau F, Lecouvet FE. The “birth of death”: MRI step-by-step reveals the early appearance of a bone marrow infarct. *Acta Radiol Open* 2019;8:2058460119834691. <https://doi.org/10.1177/2058460119834691>.
- [56] Assouline-Dayana Y, Chang C, Greenspan A, Shoenfeld Y, Gershwin ME. Pathogenesis and natural history of osteonecrosis. *Semin Arthritis Rheum* 2002;32:94–124.
- [57] Levin D, Norman D, Zinman C, Misselevich I, Reis DN, Boss JH. Osteoarthritis-like disorder in rats with vascular deprivation-induced necrosis of the femoral head. *Pathol Res Pract* 1999;195:637–47. [https://doi.org/10.1016/S0344-0338\(99\)80129-0](https://doi.org/10.1016/S0344-0338(99)80129-0).
- [58] Murphey MD, Foreman KL, Klassen-Fischer MK, Fox MG, Chung EM, Kransdorf MJ. From the radiologic pathology archives imaging of osteonecrosis: radiologic-pathologic correlation. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc* 2014;34:1003–28. <https://doi.org/10.1148/rq.344140019>.
- [59] Jour G, Oultache A, Sadowska J, Mitchell T, Healey J, Nafa K, et al. GNAS Mutations in Fibrous Dysplasia: A Comparative Study of Standard Sequencing and Locked Nucleic Acid PCR Sequencing on Decalcified and Nondecalcified Formalin-fixed Paraffin-embedded Tissues. *Appl Immunohistochem Mol Morphol AIMM* 2016;24:660–7. <https://doi.org/10.1097/PAI.0000000000000242>.
- [60] Kinnunen A-R, Sironen R, Sipola P. Magnetic resonance imaging characteristics in patients with histopathologically proven fibrous dysplasia-a systematic review. *Skeletal Radiol* 2020;49:837–45. <https://doi.org/10.1007/s00256-020-03388-x>.
- [61] DiCaprio MR, Enneking WF. Fibrous dysplasia. Pathophysiology, evaluation, and treatment. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:1848–64. <https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02942>.
- [62] De Salvo S, Pavone V, Coco S, Dell’Agli E, Blatti C, Testa G. Benign Bone Tumors: An Overview of What We Know Today. *J Clin Med* 2022;11:699. <https://doi.org/10.3390/jcm11030699>.
- [63] Fitzpatrick KA, Taljanovic MS, Speer DP, Graham AR, Jacobson JA, Barnes GR, et al. Imaging findings of fibrous dysplasia with histopathologic and intraoperative correlation. *AJR Am J Roentgenol* 2004;182:1389–98. <https://doi.org/10.2214/ajr.182.6.1821389>.
- [64] Riminucci M, Liu B, Corsi A, Shenker A, Spiegel AM, Robey PG, et al. The histopathology of fibrous dysplasia of bone in patients with activating mutations of the Gs alpha gene: site-specific patterns and recurrent histological hallmarks. *J Pathol* 1999;187:249–58. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9896\(199901\)187:2<249::AID-PATH222>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9896(199901)187:2<249::AID-PATH222>3.0.CO;2-J).
- [65] Nephron. English: Low magnification micrograph of fibrous dysplasia. H&E stain, 2012, Wikimedia Commons, Accessed August 19 2023 from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibrous_dysplasia_-_add_-_low_mag.jpg#filelinks.
- [66] Ross ER, Cole WG. Treatment of subacute osteomyelitis in childhood. *J Bone Joint Surg Br* 1985;67:443–8. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.67B3.3997957>.

- [67] Bossini B, Da Lozzo P, Conversano E, Murru FM, Della Paolera S, Taddio A, et al. Swollen Ankle with a Hole: Brodie Abscess. *J Pediatr* 2021;236:319–20. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2021.05.052>.
- [68] Jennin F, Bousson V, Parlier C, Jomaah N, Khanine V, Laredo J-D. Bony sequestrum: a radiologic review. *Skeletal Radiol* 2011;40:963–75. <https://doi.org/10.1007/s00256-010-0975-4>.
- [69] Kornaat PR, Camerlinck M, Vanhoenacker FM, De Praeter G, Kroon HM. Brodie's abscess revisited. *JBR-BTR Organe Soc R Belge Radiol SRBR Orgaan Van K Belg Ver Voor Radiol KBVR* 2010;93:81–6.
- [70] Tehranzadeh J, Wong E, Wang F, Sadighpour M. Imaging of osteomyelitis in the mature skeleton. *Radiol Clin North Am* 2001;39:223–50. [https://doi.org/10.1016/s0033-8389\(05\)70275-x](https://doi.org/10.1016/s0033-8389(05)70275-x).
- [71] Uhthoff HK, Wiley JJ. Behavior of the Growth Plate. Raven Press; 1988.
- [72] Fisher AJ, Reinus WR, Friedland JA, Wilson AJ. Quantitative analysis of the plain radiographic appearance of eosinophilic granuloma. *Invest Radiol* 1995;30:466–73. <https://doi.org/10.1097/00004424-199508000-00003>.
- [73] Stomp W, Reijnierse M, Kloppenburg M, de Mutsert R, Bovée JVMG, den Heijer M, et al. Prevalence of cartilaginous tumours as an incidental finding on MRI of the knee. *Eur Radiol* 2015;25:3480–7. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3764-6>.
- [74] Champsaur P, Laredo JD. [-Infarction or chondroma?-. *Ann Radiol (Paris)* 1997;40:121–6.
- [75] De Beuckeleer LH, De Schepper AM, Ramon F, Somville J. Magnetic resonance imaging of cartilaginous tumors: a retrospective study of 79 patients. *Eur J Radiol* 1995;21:34–40. [https://doi.org/10.1016/0720-048x\(96\)81067-9](https://doi.org/10.1016/0720-048x(96)81067-9).
- [76] Bone: Chondrosarcoma n.d. <https://atlasgeneticsoncology.org/solid-tumor/5063/bone-chondrosarcoma> (accessed August 24, 2023).
- [77] Cohen EK, Kressel HY, Frank TS, Fallon M, Burk DL, Dalinka MK, et al. Hyaline cartilage-origin bone and soft-tissue neoplasms: MR appearance and histologic correlation. *Radiology* 1988;167:477–81. <https://doi.org/10.1148/radiology.167.2.3162774>.
- [78] Douis H, Saifuddin A. The imaging of cartilaginous bone tumours. I. Benign lesions. *Skeletal Radiol* 2012;41:1195–212. <https://doi.org/10.1007/s00256-012-1427-0>.
- [79] West OC, Reinus WR, Wilson AJ. Quantitative analysis of the plain radiographic appearance of central chondrosarcoma of bone. *Invest Radiol* 1995;30:440–7. <https://doi.org/10.1097/00004424-199507000-00008>.
- [80] Bloem JL, Mulder JD. Chondroblastoma: a clinical and radiological study of 104 cases. *Skeletal Radiol* 1985;14:1–9. <https://doi.org/10.1007/BF00361187>.
- [81] Weatherall PT, Maale GE, Mendelsohn DB, Sherry CS, Erdman WE, Pascoe HR. Chondroblastoma: classic and confusing appearance at MR imaging. *Radiology* 1994;190:467–74. <https://doi.org/10.1148/radiology.190.2.8284401>.
- [82] Jee WH, Park YK, McCauley TR, Choi KH, Ryu KN, Suh JS, et al. Chondroblastoma: MR characteristics with pathologic correlation. *J Comput Assist Tomogr* 1999;23:721–6. <https://doi.org/10.1097/00004728-199909000-00016>.

- [83] He Y, Wang J, Zhang J, Du L, Lu Y, Xu J, et al. Magnetic resonance feature of “paintbrush borders” sign as a novel way to predict recurrence of giant cell tumor of bone after curettage: a pilot study. *J Int Med Res* 2018;46:710–22. <https://doi.org/10.1177/0300060517720345>.
- [84] He Y, Wang J, Rui W, Lin J, Yuan F, Du L, et al. Retrospective investigation of “paint brush borders” sign in association with local recurrence of giant cell tumor of bone after intralesional curettage. *J Bone Oncol* 2017;10:41–8. <https://doi.org/10.1016/j.jbo.2017.11.002>.
- [85] Seo EH, Yoon YS, Cha JG, Kim HK. Intraosseous ganglion cyst mimicking chondrosarcoma on MRI: a case report. *Eur J Med Res* 2022;27:8. <https://doi.org/10.1186/s40001-022-00631-0>.
- [86] Liu H, Liu D, Jiang X, Qin Z, Lv D, Meng D, et al. Aneurysmal bone cyst secondary to giant cell tumor of the extremities: a case series of 30 patients. *Am J Transl Res* 2022;14:3198–206.
- [87] Freeby JA, Reinus WR, Wilson AJ. Quantitative analysis of the plain radiographic appearance of aneurysmal bone cysts. *Invest Radiol* 1995;30:433–9. <https://doi.org/10.1097/00004424-199507000-00007>.
- [88] Beltran J, Simon DC, Levy M, Herman L, Weis L, Mueller CF. Aneurysmal bone cysts: MR imaging at 1.5 T. *Radiology* 1986;158:689–90. <https://doi.org/10.1148/radiology.158.3.3945739>.
- [89] Ritschl P, Karnel F, Hajek P. Fibrous metaphyseal defects--determination of their origin and natural history using a radiomorphological study. *Skeletal Radiol* 1988;17:8–15. <https://doi.org/10.1007/BF00361448>.
- [90] Goldin A, Muzykewicz DA, Dwek J, Mubarak SJ. The aetiology of the non-ossifying fibroma of the distal femur and its relationship to the surrounding soft tissues. *J Child Orthop* 2017;11:373–9. <https://doi.org/10.1302/1863-2548.11.170068>.
- [91] Herget GW, Mauer D, Krauß T, El Tayeh A, Uhl M, Südkamp NP, et al. Non-ossifying fibroma: natural history with an emphasis on a stage-related growth, fracture risk and the need for follow-up. *BMC Musculoskelet Disord* 2016;17:147. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-1004-0>.
- [92] Bovée JV, Hogendoorn PC. Non-ossifying fibroma: A RAS-MAPK driven benign bone neoplasm. *J Pathol* 2019;248:127–30. <https://doi.org/10.1002/path.5259>.
- [93] Błaż M, Palczewski P, Świątkowski J, Gołębiowski M. Cortical fibrous defects and non-ossifying fibromas in children and young adults: The analysis of radiological features in 28 cases and a review of literature. *Pol J Radiol* 2011;76:32–9.
- [94] Friedland JA, Reinus WR, Fisher AJ, Wilson AJ. Quantitative analysis of the plain radiographic appearance of nonossifying fibroma. *Invest Radiol* 1995;30:474–9. <https://doi.org/10.1097/00004424-199508000-00004>.
- [95] Jee WH, Choe BY, Kang HS, Suh KJ, Suh JS, Ryu KN, et al. Nonossifying fibroma: characteristics at MR imaging with pathologic correlation. *Radiology* 1998;209:197–202. <https://doi.org/10.1148/radiology.209.1.9769832>.

- [96] Jee WH, Choi KH, Choe BY, Park JM, Shinn KS. Fibrous dysplasia: MR imaging characteristics with radiopathologic correlation. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:1523–7. <https://doi.org/10.2214/ajr.167.6.8956590>.
- [97] Kato H, Kawaguchi M, Miyase R, Iwashima K, Nagano A, Matsuo M. Comparison of MRI Findings among Osteofibrous Dysplasia, Fibrous Dysplasia, and NonOssifying Fibroma of the Long Bone. *Indian J Radiol Imaging* 2023;33:150–6. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1760363>.

Annexe 1 : Autres statistiques descriptives

Tableau annexe 1. Répartition des bords corticaux

Nombre de bords corticaux	0 bord	Au moins 1 bord	Au moins 2 bords	Au moins 3 bords	Au moins 4 bords	Au moins 5 bords	6 bords
Abcès (n = 24)	23 (95,8%)	1 (4,2%)	1 (4,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Chondroblastome (n = 7)	4 (57,1%)	3 (42,9%)	2 (28,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
DF (n = 58)	15 (25,9%)	43 (74,1%)	35 (60,3%)	22 (37,9%)	16 (27,6%)	1 (1,7%)	0 (0%)
Enchondrome (n = 132)	97 (73,5%)	35 (26,5%)	15 (11,4%)	10 (7,6%)	8 (6,1%)	0 (0%)	0 (0%)
FNO (n = 79)	0 (0%)	79 (100%)	55 (69,6%)	6 (7,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Histiocytose (n = 8)	0 (0%)	8 (100%)	5 (62,5%)	2 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Infarctus osseux (n = 71)	67 (94,4%)	4 (5,6%)	2 (2,8%)	1 (1,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Kyste mucoïde (n = 42)	38 (90,5%)	4 (9,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
KOA (n = 10)	0 (0%)	10 (100%)	8 (80%)	5 (50%)	2 (20%)	0 (0%)	0 (0%)
KOE (n = 23)	3 (13%)	20 (87%)	16 (69,6%)	12 (52,2%)	11 (47,8%)	0 (0%)	0 (0%)
Métastase (n = 34)	13 (38,2%)	21 (61,8%)	14 (41,2%)	6 (17,6%)	1 (2,9%)	0 (0%)	0 (0%)
Myélome (n = 53)	27 (50,9%)	26 (49,1%)	11 (20,8%)	6 (11,3%)	4 (7,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Chondrosarcome (n = 24)	8 (33,3%)	16 (66,7%)	14 (58,3%)	9 (37,5%)	8 (33,3%)	0 (0%)	0 (0%)
TCG (n = 12)	1 (8,3%)	11 (91,7%)	10 (83,3%)	5 (41,7%)	3 (25%)	1 (8,3%)	0 (0%)
Tumeur brune (n = 9)	6 (66,7%)	3 (33,3%)	2 (22,2%)	1 (11,1%)	1 (11,1%)	0 (0%)	0 (0%)

Tableau annexe 2. Répartition « brute détaillée » de l'ensemble des 3516 bords selon le type de lésion

Nombre de bords	Concaves	Corticaux	Non concaves	Dont :	Convexes	Linéaires	Indentés
Abcès (n = 144)	16 (11,1%)	2 (1,4%)	126 (87,5%)		87 (60,4%)	9 (6,3%)	30 (20,8%)
Chondroblastome (n = 42)	4 (9,5%)	5 (11,9%)	33 (78,6%)		23 (54,8%)	3 (7,1%)	7 (16,7%)
DF (n = 348)	79 (22,7%)	117 (33,6%)	152 (43,7%)		79 (22,7%)	66 (19%)	7 (2%)
Enchondrome (n = 792)	0 (0%)	68 (8,6%)	724 (91,4%)		142 (17,9%)	1 (0,1%)	581 (73,4%)
FNO (n = 474)	3 (0,6%)	140 (29,5%)	331 (69,8%)		146 (30,8%)	57 (12%)	128 (27%)
Histiocytose (n = 48)	4 (8,3%)	15 (31,3%)	29 (60,4%)		13 (27,1%)	2 (4,2%)	14 (29,2%)
Infarctus osseux (n = 426)	368 (86,4%)	7 (1,6%)	51 (12%)		30 (7%)	18 (4,2%)	3 (0,7%)
Kyste mucoïde (n = 252)	0 (0%)	4 (1,6%)	248 (98,4%)		132 (52,4%)	2 (0,8%)	114 (45,2%)
KOA (n = 60)	3 (5%)	25 (41,7%)	32 (53,3%)		7 (11,7%)	2 (3,3%)	23 (38,3%)
KOE (n = 138)	4 (2,9%)	59 (42,8%)	75 (54,3%)		37 (26,8%)	6 (4,3%)	32 (23,2%)
Métastase (n = 204)	5 (2,5%)	42 (20,6%)	157 (77%)		89 (43,6%)	17 (8,3%)	51 (25%)
Myélome (n = 318)	1 (0,3%)	47 (14,8%)	270 (84,9%)		217 (68,2%)	0 (0%)	53 (16,7%)
Chondrosarcome (n = 144)	1 (0,7%)	47 (32,6%)	96 (66,7%)		11 (7,6%)	3 (2,1%)	82 (56,9%)
TCG (n = 72)	0 (0%)	30 (41,7%)	42 (58,3%)		10 (13,9%)	0 (0%)	32 (44,4%)
Tumeur brune (n = 54)	0 (0%)	7 (13%)	47 (87%)		24 (44,4%)	1 (1,9%)	22 (40,7%)
TOTAL (n = 3516)	490 (13,9%)	615 (17,5%)	2413 (68,6%)		1047 (29,8%)	187 (5,3%)	1177 (33,5%)

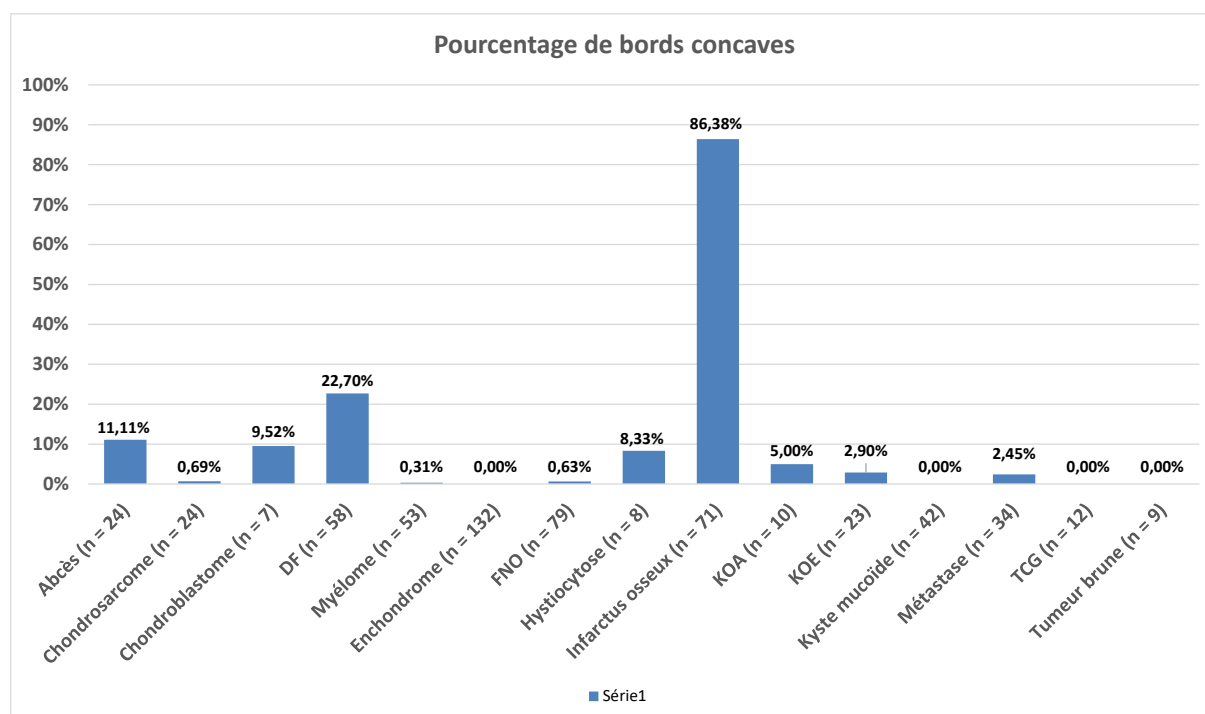


Diagramme annexe 1. Répartition « brute » des concavités de l'ensemble des 3516 bords selon le type de lésion

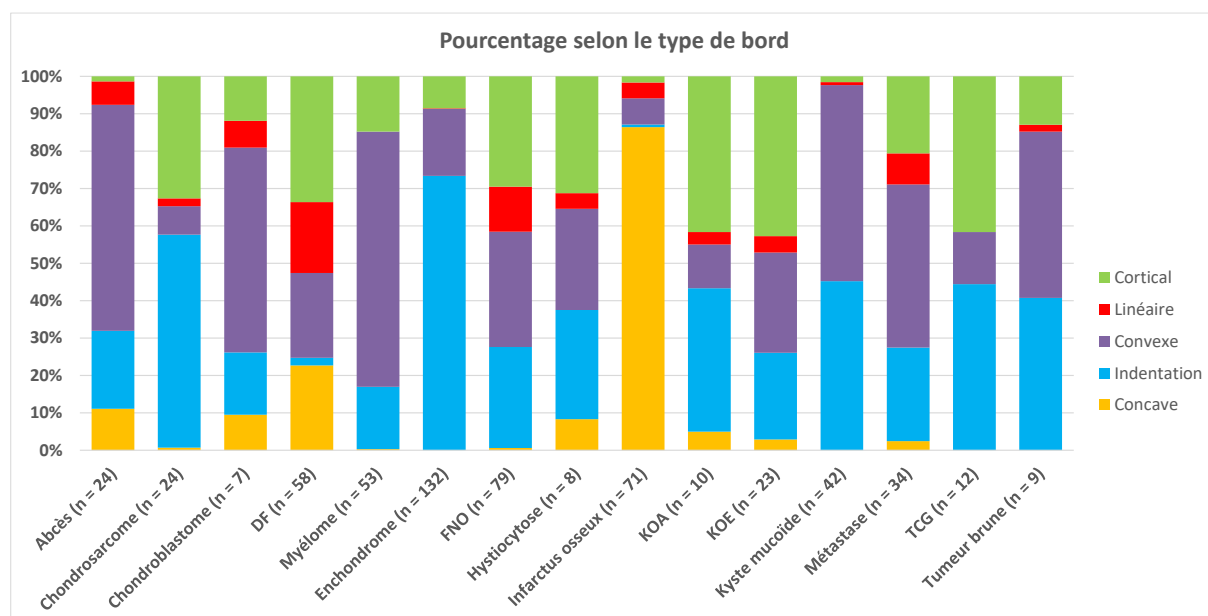
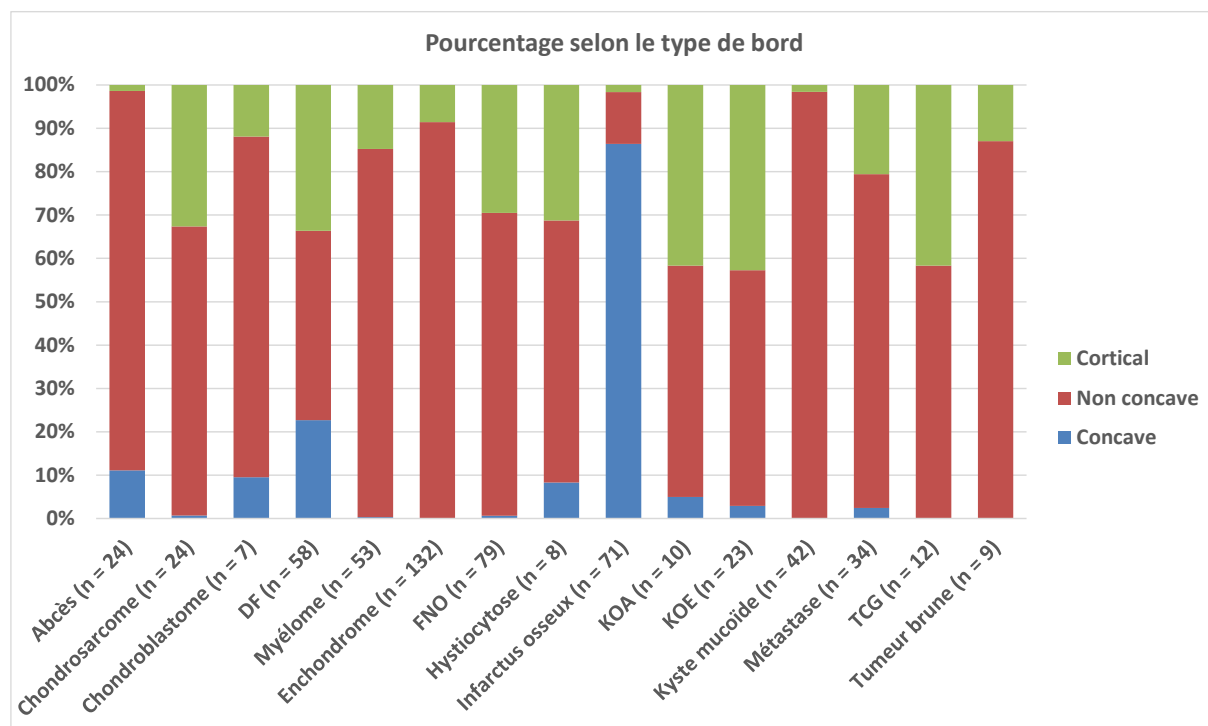


Diagramme annexe 2. Répartition « brute détaillée » de l'ensemble des 3516 bords selon le type de lésion

AUTEUR : Nom : KALAAJI

Prénom : Abdulrazak

Date de soutenance : 25 septembre 2023

Titre de la thèse : Concavité des contours des lésions osseuses en IRM :
étude rétrospective sur 586 cas

Thèse - Médecine - Lille 2023

Cadre de classement : Radiologie et imagerie médicale

DES + FST/option : Radiologie et imagerie médicale

Mots-clés : lésion osseuse, concavité, contour, IRM, tumeur.

Résumé :

Contexte : L'analyse des lésions osseuses focales en imagerie est souvent complexe et s'appuie sur de nombreux critères, dont les contours lésionnels. Cependant, la morphologie précise de ces contours a été peu étudiée. Nous avons observé que certaines lésions présentaient des bords concaves en IRM, ce qui, à notre connaissance, n'a jamais été décrit dans la littérature, et semble paradoxal pour un processus expansif.

Objectif : Évaluer la fréquence des bords concaves dans les lésions focales des os longs en IRM.

Matériel et méthodes : Nous avons réalisé une étude observationnelle rétrospective monocentrique sur 586 lésions intra-osseuses focales des os longs, étudiées en IRM dans notre centre de 2015 à 2021. Nous avons évalué le type de contour (concave, non concave ou cortical) pour chaque bord lésionnel, puis comparé le nombre de bords concaves selon le groupe de lésion, le caractère tumoral, et la bénignité.

Résultats : Les 586 lésions correspondaient à 15 groupes de lésions différentes, dont 440 tumeurs (314 bénignes et 126 non bénignes) et 146 processus non tumoraux.

Le nombre de bords concaves par lésion variait significativement selon le groupe de lésion ($p < 0,001$).

Quatre sous-groupes ont été identifiés selon le nombre de bords concaves par lésion, par ordre décroissant : infarctus osseux (sous-groupe 1), dysplasie fibreuse (sous-groupe 2), un ensemble formé par les abcès, chondroblastomes, histiocytoses et kystes osseux anévrysmaux (sous-groupe 3), puis les autres étiologies (sous-groupe 4).

Les lésions bénignes présentaient plus fréquemment des bords concaves que les lésions non bénignes ($p < 0,001$).

Le caractère concave était présent pour au moins deux bords pour toutes les lésions d'infarctus osseux, 44,8% des lésions de dysplasie fibreuse, 20,8% des abcès, 14,8% des chondroblastomes, 12,5% des histiocytoses, 2,9% des métastases. Aucune lésion dans les autres groupes n'avait au moins deux bords concaves.

Conclusion : Notre étude montre la propension de certaines lésions à présenter des bords concaves. Ces bords concaves pourraient constituer un critère sémiologique nouveau et pertinent pour l'analyse des lésions osseuses focales en IRM, et la distinction entre certains groupes de lésions.

Composition du Jury :

Président : Madame le Professeur Anne COTTEN

Assesseurs : Madame le Professeur Nathalie BOUTRY
Monsieur le Professeur Sébastien AUBERT
Monsieur le Docteur Sammy BADR

Directeur de thèse : Madame le Professeur Anne COTTEN

