

---

## L'aspect chirurgical du traitement des kystes sous-chondraux chez le cheval

**Auteur :** Fels, Marine

**Promoteur(s) :** De La Rebiere de Pouyade, Geoffroy

**Faculté :** Faculté de Médecine Vétérinaire

**Diplôme :** Master en médecine vétérinaire

**Année académique :** 2021-2022

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/15090>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# L'ASPECT CHIRURGICAL DU TRAITEMENT DES KYSTES SOUS-CHONDRAUX CHEZ LE CHEVAL

*SURGICAL ASPECT OF THE TREATMENT OF  
SUBCHONDRAL CYSTIC LESIONS OF THE HORSE*

Marine FELS

**Travail de fin d'études**  
Présenté en vue de l'obtention du grade  
de Médecin Vétérinaire

ANNEE ACADEMIQUE 2021/2022

# L'ASPECT CHIRURGICAL DU TRAITEMENT DES KYSTES SOUS-CHONDRAUX CHEZ LE CHEVAL

## *SURGICAL ASPECT OF THE TREATMENT OF SUBCHONDRAL CYSTIC LESIONS OF THE HORSE*

Marine FELS

Tuteur : Geoffroy DE LA REBIERE DE POUYADE

**Travail de fin d'études**

Présenté en vue de l'obtention du grade  
de Médecin Vétérinaire

ANNEE ACADEMIQUE 2021/2022

# L'ASPECT CHIRURGICAL DU TRAITEMENT DES KYSTES SOUS-CHONDRAUX CHEZ LE CHEVAL

## OBJECTIF DU TRAVAIL :

L'objectif de ce travail de fin d'études est d'explorer les possibilités de traitement chirurgical de kyste sous-chondraux chez le cheval, et de savoir dans quel cas appliquer quel traitement.

## RÉSUMÉ :

Les kystes sous-chondraux peuvent être associés à une boiterie, qui le plus souvent apparaît lors de la mise au travail du cheval, mais peut parfois se manifester plus tard. On en retrouve majoritairement au niveau du condyle fémoral médial, et les pur-sang sont les plus touchés. Ils peuvent être diagnostiqués grâce à différentes techniques d'imagerie telles que la radiographie, le scanner, la scintigraphie ou l'IRM. Une fois que la lésion est caractérisée, une décision thérapeutique pourra être prise.

Deux pistes s'offrent à nous : le traitement chirurgical et le traitement conservateur. Ce dernier comprend avant tout du repos et l'administration d'AINS, éventuellement l'utilisation de biphosphonates ou l'injection de corticoïdes par voie intra-articulaire, mais ne présente pas un taux de réussite satisfaisant. Concernant le traitement chirurgical, il existe différentes techniques. Tout d'abord, l'approche du kyste peut se faire par voie arthroscopique ou non, dépendant de la localisation et de la morphologie du kyste. Dans les cas où ce n'est pas possible, une approche transcorticale sera réalisée, sous contrôle de techniques d'imagerie. Ensuite, il existe deux procédures principales : le débridement du kyste et la pose d'une vis, auxquels peuvent s'ajouter des thérapies complémentaires durant la chirurgie. Il n'y a à ce jour pas de consensus dégageant une technique idéale, il serait donc intéressant d'identifier les critères permettant de privilégier l'une ou l'autre chirurgie.

# SURGICAL ASPECT OF THE TREATMENT OF SUBCHONDRAL CYSTIC LESIONS OF THE HORSE

## AIM OF THE WORK:

This work aims to explore the possibilities of surgical treatment of subchondral cystic lesion of the horse, and in which case apply which treatment.

## SUMMARY:

Subchondral Cystic Lesions can be associated with lameness, which occurs most of the time when the horse is first put to work, but can sometimes appear late. They are mainly located in the medial condyle of the femur, and warmblood horses are the most affected by this pathology. The diagnosis can be made thanks to various imaging techniques, such as radiography, CT scan, scintigraphy or MRI. Once the lesion is well known, a therapeutic decision can be taken.

There are two possible courses of action: surgical or non-surgical treatment. The last one includes above all rest and use of NSAIDs, possibly the use of biphosphonates or the injection of corticosteroids intra-articular, but won't show a satisfying success rate. The surgical treatment includes different techniques. First of all, the cyst can be approached arthroscopically or not, depending on its localization and morphology. When it is not possible, a transcortical approach will be executed, under fluoroscopy guidance. Then there are two main procedures: the curettage of the cystic cavity and placement of a screw, to which complementary technique can be added during the surgery. There still is no consensus about the ideal treatment, therefore it would be interesting to identify the criteria that can be used to favor one treatment or another

---

## *Remerciements*

---

À mon promoteur, le Dr Geoffroy de la Rebière de Pouyade, qui m'a aiguillée et accompagnée au cours de la réalisation de ce travail.

À ma famille, pour leurs encouragements et leur confiance, qui m'ont permis d'entreprendre ces études et de réaliser un rêve.

À mes amies rencontrées ici, qui m'ont accompagnées et avec qui j'ai partagé tant de choses.

Enfin, à Kenny, qui m'a apporté un soutien sans faille et qui a rendu ces dernières années plus douces, merci.

---

# Table des matières

---

<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Aspects cliniques et lésionnels des kystes sous-chondraux .....</b>	<b>8</b>
1.1. Etiopathogénie .....	8
1.1.1. Ostéocondrose .....	8
1.1.2. Traumatisme.....	9
1.2. Description de la lésion .....	10
1.2.1. Aspect macroscopique .....	10
1.2.2. Aspect microscopique .....	12
1.3. Signes cliniques et imagerie .....	12
<b>2. Traitement conservateur .....</b>	<b>16</b>
<b>3. Injection intra-kystique de corticoïdes.....</b>	<b>16</b>
<b>4. Débridement du kyste .....</b>	<b>18</b>
4.1. Approche intra-articulaire.....	18
4.2. Approche extra-articulaire .....	23
4.3. Thérapies adjuvantes au débridement .....	24
4.3.1. Greffe d'os spongieux.....	24
4.3.2. Arthroplastie mosaïque ou Greffe ostéochondrale autologue .....	25
4.3.3. Pose d'implant.....	29
4.3.4. Emploi de phosphate tricalcique .....	32
4.3.5. Application d'hormone parathyroïdienne.....	34
4.3.6. Utilisation de cellules souches mésenchymateuses .....	36
<b>5. Pose de vis.....</b>	<b>37</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>41</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>43</b>

## Introduction

Les kystes osseux sous-chondraux sont une cause majeure de boiterie chez le cheval, pouvant engager son pronostic sportif. Ce sont des lésions le plus souvent développementales, qui sont mises en évidence chez des individus jeunes, lors de la mise au travail, et sont fréquemment retrouvés chez les chevaux pur-sang. On les retrouve majoritairement au niveau du grasset, sur le condyle médial du fémur, mais ils peuvent se former dans toutes les articulations. Ils sont caractérisés par une zone de déminéralisation de l'os sous-chondral, généralement circulaire, pouvant communiquer avec l'articulation au moyen d'un fin canal ou d'un plus large accès, certains kystes ne s'ouvrant pas sur l'articulation. Il existe deux hypothèses majeures concernant l'origine de ces kystes : ils pourraient être secondaires à une lésion d'ostéochondrose, qui entraîne un défaut de développement osseux, ou bien la conséquence d'un traumatisme de l'os sous-chondral. Certains de ces kystes peuvent être asymptomatiques, la plupart des lésions entraînant des boiteries sont des lésions qui se trouvent au niveau de zones portantes de l'articulation (McIlwraith et al., 2020). Il est supposé que les boiteries associées aux kystes résultent de l'inflammation articulaire et de l'augmentation des pressions au sein du kyste, celui-ci se formant préférentiellement au niveau d'une zone de compression.

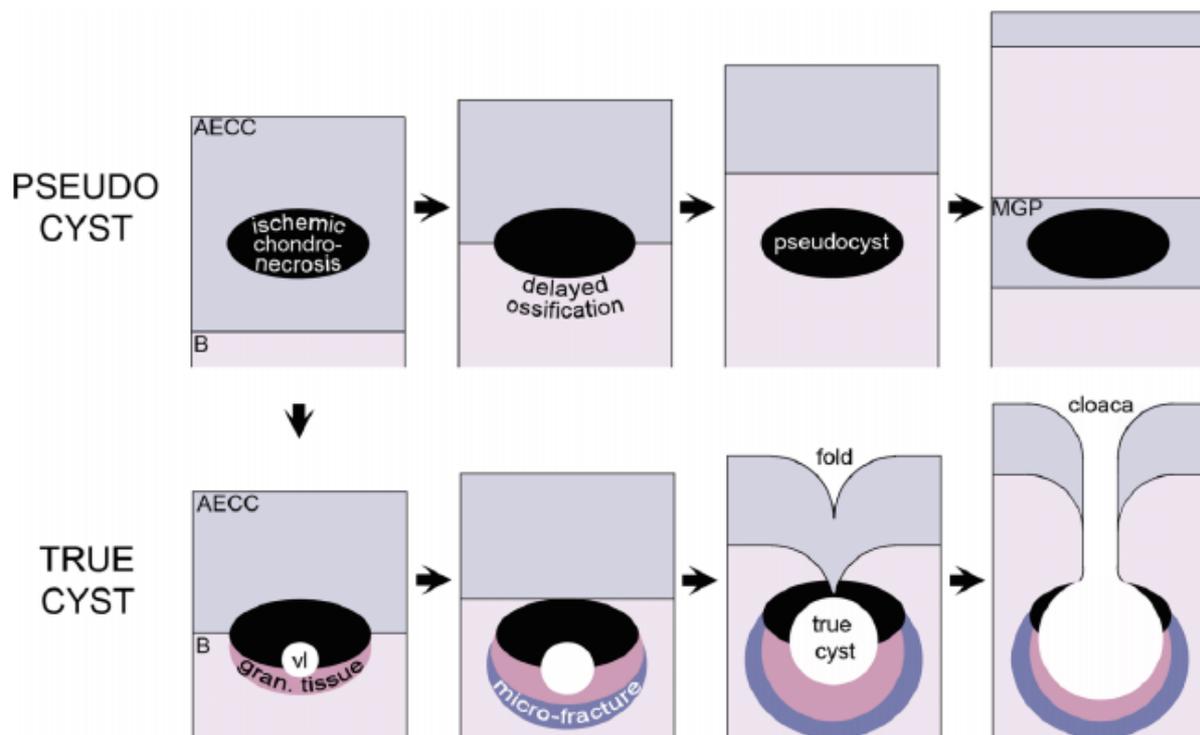
Il existe différentes façons de traiter cette pathologie. Tout d'abord une approche conservatrice, basée principalement sur du repos, l'administration d'anti-inflammatoires non stéroïdiens et éventuellement l'injection de corticostéroïdes intra-articulaire. Celle-ci montre des résultats peu satisfaisants, ce qui amène la plupart des vétérinaires à préférer une approche chirurgicale. Il n'y a cependant pas de consensus quant à la technique chirurgicale qui serait, dans tous les cas, la technique de choix. Il est donc intéressant d'étudier ces procédures en profondeur afin de tenter d'identifier des facteurs permettant de décider vers laquelle il est préférable de se diriger dans chaque cas, et c'est ce que nous allons tenter de faire dans ce travail.

# 1. Aspects cliniques et lésionnels des kystes sous-chondraux

## 1.1. Etiopathogénie

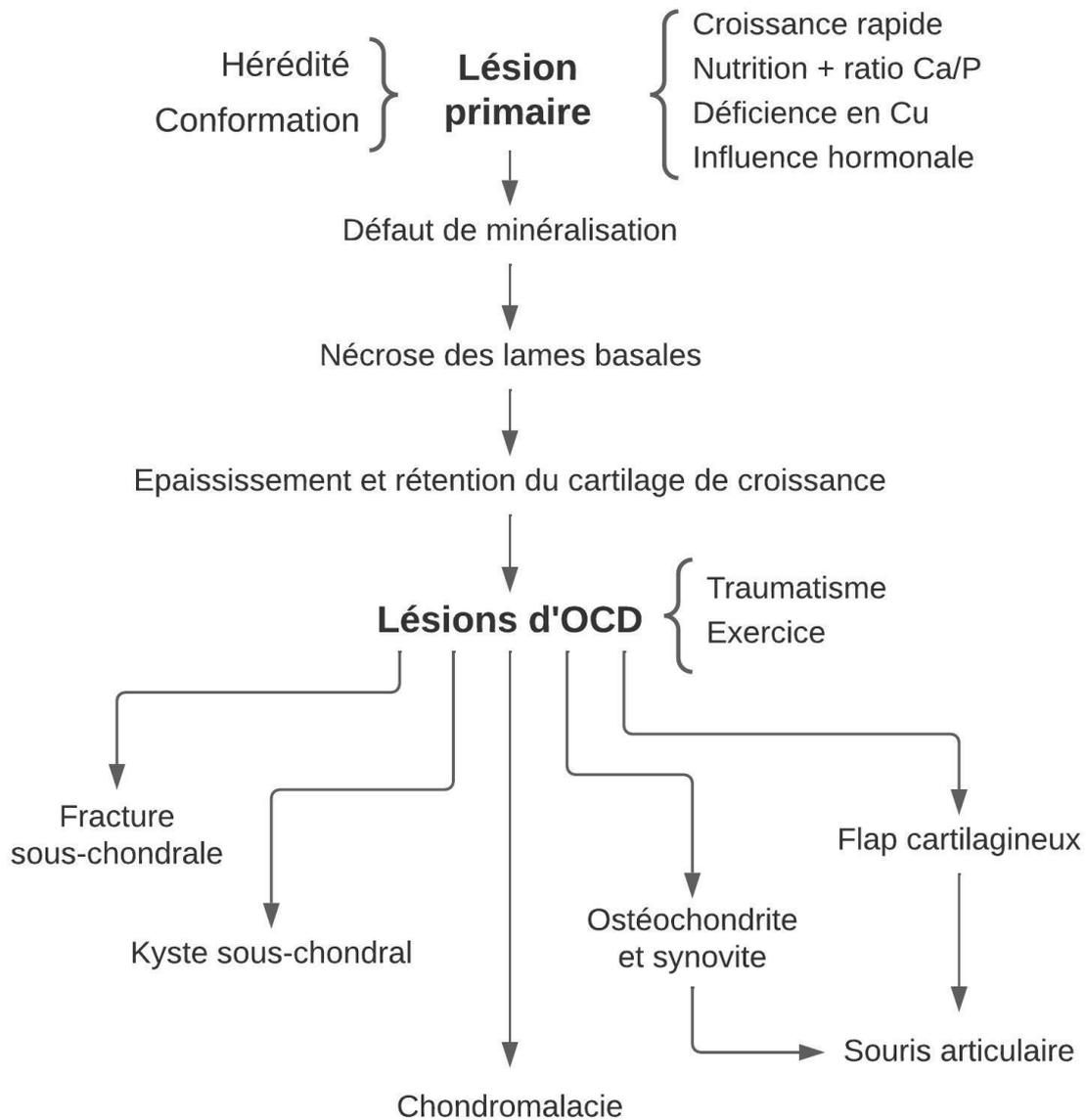
### 1.1.1. Ostéochondrose

Selon Olstad et collaborateurs (2015), l'ostéochondrose se définit comme la perturbation focale du processus de l'ossification endochondrale, menant à une région de cartilage de croissance qui ne parvient pas à se soumettre à l'invasion vasculaire et la calcification de la matrice et, par conséquent, n'est pas convertie en os. Elle a été la première cause identifiée de lésions kystiques sous-chondrales (Jackson and Fürst, 2019 ; Orved, 2017) : la nécrose, suivie ou non de l'invagination d'un cartilage nécrosé et épaissi en regard d'une zone de forte contraintes mécaniques, entraîne la formation d'un kyste. La figure 1 décrit cette théorie.



*Figure 1 : Illustration schématique du processus pathogène entraînant la formation d'un kyste, communiquant avec l'articulation ou non, au niveau de l'épiphyse d'un os trabéculaire (B) secondairement à un défaut de vascularisation au niveau du complexe de cartilage articulaire-épiphysaire (AECC). (Olstad et al., 2015)*

Ainsi, les facteurs favorisant l'apparition de kyste sous-chondral sont tous ceux favorisant le développement d'ostéochondrose (figure 2).



*Figure 2: Schéma modifié d'après Jeffcott (1991) présentant le développement d'ostéochondrose et des lésions associées.*

### 1.1.2. Traumatisme

De nombreuses preuves sont avancées en faveur d'une composante traumatique dans l'origine des lésions kystiques sous-chondrales, notamment le fait qu'elles apparaissent préférentiellement au niveau des zones portantes des articulations, tandis que les lésions

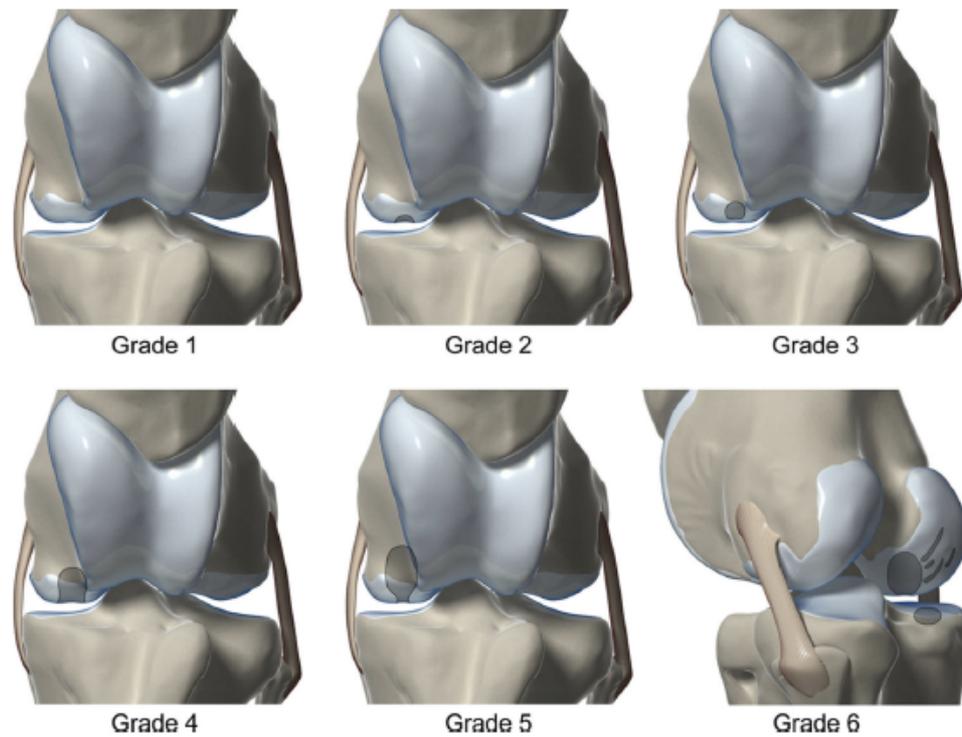
d'OCD se retrouvent également au niveau de zones non portantes (Smith et al., 2005). De plus, l'apparition chez certains chevaux de kystes acquis à un âge avancé suggère qu'il existe une cause autre que développementale. Enfin, des chercheurs ont pu démontrer l'apparition de lésions kystiques après avoir causé expérimentalement des dommages au cartilage articulaire, avec ou sans dommages de l'os sous-jacent (Kold and Hickman, 1986 ; Ray et al., 1996). Une première hypothèse serait qu'en cas de traumatismes répétés, une ischémie de l'os sous-chondral pourrait apparaître, ce qui causerait une nécrose du tissu osseux, entraînant la formation d'un kyste sous-chondral. Une autre hypothèse avance qu'une lésion du cartilage faisant suite à un traumatisme permet une infiltration du liquide synovial : les contraintes mécaniques importantes accentuent la pression exercée sur l'os sous-chondral exposé par la synovie, expliquant de nouveau l'apparition de kystes au niveau des surfaces portantes des articulations.

Ainsi des tissus sains soumis à des pressions excessives, ou des tissus abîmés soumis à des pressions normales, peuvent entraîner l'apparition de kystes sous-chondraux. Quelle que soit la théorie avancée expliquant l'apparition de lésions kystiques, il est convenu que la présence de cytokines pro-inflammatoires au sein du kyste aggrave la lésion en causant un élargissement de la structure (Von Rechenberg et al., 2000).

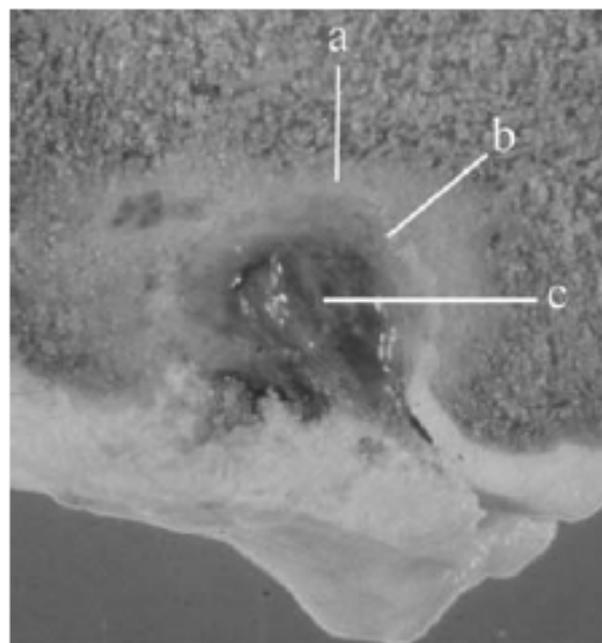
## 1.2. Description de la lésion

### 1.2.1. Aspect macroscopique

Il existe une grande diversité dans la morphologie des kystes (figure 3). Ils peuvent ou non communiquer avec l'articulation, au moyen d'un fin canal ou d'une large ouverture, et sont la plupart du temps recouverts d'une couche de cartilage craquelé, qu'on pourra visualiser en ayant recours à l'arthroscopie. Le contenu du kyste est cartilagineux, et peut contenir ou non des débris nécrotiques (figure 4). L'os qui l'entoure est sclérotique en proximité directe, mais plus loin de la lésion le tissu osseux est sain.



*Figure 3 : Système de gradation défini par Santachi et collaborateurs (2015) présentant la variété des présentations possibles des lésions kystiques sous-chondrales.*



*Figure 4 : Section sagittale post mortem dans une lésion kystique sous-chondrale. Os sous-chondral sclérotique (a), dense couche de tissu fibreux en périphérie du kyste (b), matériel gélatineux emplissant la cavité du kyste (c) (Wallis et al., 2008).*

### 1.2.2. Aspect microscopique

La périphérie du kyste est constituée d'une structure comparable à une membrane synoviale, vascularisée, et entourée d'os fortement sclérotique (importante activité ostéoblastique). Le matériel cartilagineux qu'on trouve dans la cavité du kyste se compose de tissu fibreux riche en collagène. Ce tissu fibreux produit des prostaglandines E2 et du monoxyde d'azote, ainsi que des métalloprotéinases matricielles. C'est dans le contenu kystique que les concentrations de prostaglandines E2 sont les plus élevées, en comparaison à ce qu'on trouve au niveau des articulations saines et des articulations présentant une fracture d'avulsion, indiquant un rôle de ce médiateur dans la résorption osseuse rencontrée en cas de kyste osseux sous-chondral (McIlwraith, 2016).

### 1.3. Signes cliniques et imagerie

- *Examen spécial du système locomoteur*

Les lésions kystiques sous-chondrales peuvent causer ou non des boiteries, comme nous l'avons déjà évoqué, dépendant notamment de leur localisation et de leur morphologie. La douleur associée à la boiterie peut provenir de l'inflammation (synovite), de l'os sous-chondral (soumis à des pressions plus importantes qu'il ne peut en supporter en raison de la lésion), d'une pression augmentée dans la cavité kystique, ou d'une combinaison de ces 3 facteurs (Kold et Hickman, 1986). La boiterie peut apparaître lors de la mise au travail du cheval dans le cas d'un kyste congénital, ou plus tard dans la vie du cheval dans le cas d'un kyste acquis. Ils sont généralement associés à une distension synoviale. La boiterie sera le plus souvent aggravée par les test de flexion, et améliorée par l'anesthésie intra-articulaire ou régionale (Jackson and Fürst, 2019).

- *Imagerie*

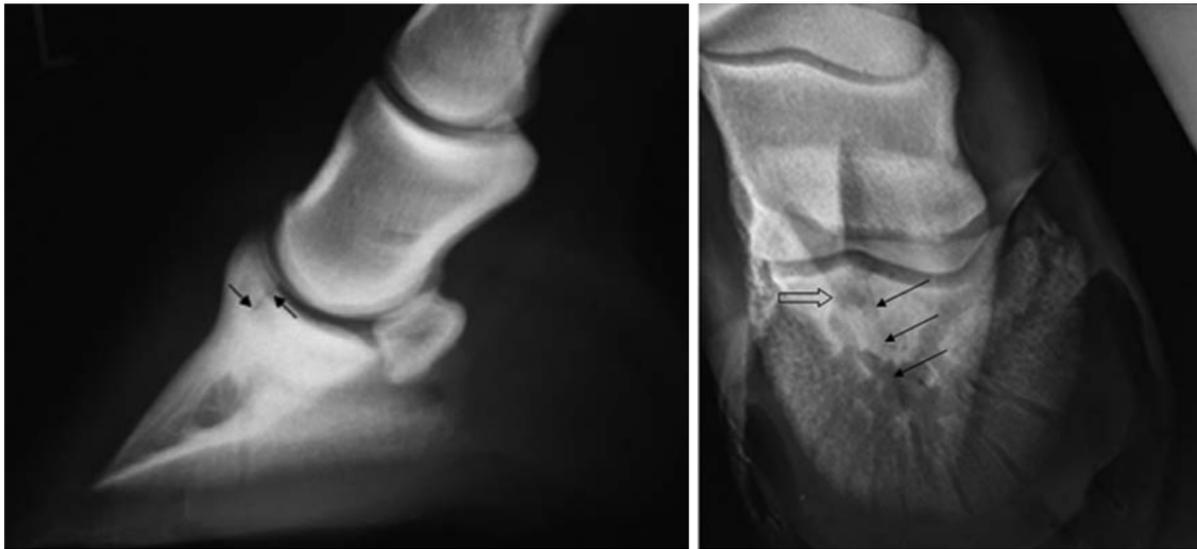
On peut parfois diagnostiquer un kyste sous-chondral grâce à la radiographie : on trouve typiquement une zone plus radio transparente de forme ovale ou ronde, entourée d'un anneau sclérotique plus ou moins important. Les vues de face (dorsopalmaire/dorsoplantaire)

sont les plus indiquées pour détecter un kyste sous-chondral en région distale des membres, les kystes situés au niveau du condyle fémoral médial sont également visibles en vue de face (craniocaudale) mais une vue oblique caudolatérale-craniomédiale peut être plus indiquée (Schön et al., 2017). Il est recommandé de vérifier l'intégrité de l'articulation controlatérale, ainsi que de toute articulation présentant une effusion, en raison de la nature développementale et potentiellement multifocale de cette maladie. Cela reste un défi de déterminer la pertinence des trouvailles radiographiques chez un jeune cheval, étant donné que chez les jeunes individus une rémission spontanée n'est pas à écarter.

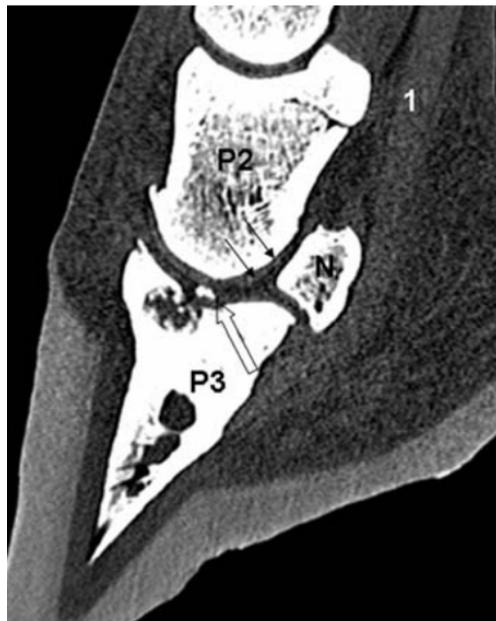
Néanmoins, certaines lésions peuvent être difficiles à diagnostiquer radiographiquement, et par conséquent nécessiter l'emploi d'une autre technique d'imagerie, telles que l'IRM ou le scanner. En effet, de petits kystes peuvent passer inaperçus malgré la réalisation de plusieurs vues radiographiques, en raison des superpositions et d'une anatomie complexe. De plus les lésions récentes ne seront pas forcément visibles à la radio. L'étude de Schön et collaborateurs (2017) reprenant les images de 42 kystes sous-chondraux a montré que seuls 33 (79%) ont pu être identifiés radiologiquement.

Nous avons par exemple le cas, étudié en 2008 par Del Chicca et collaborateurs, d'un hongre de 4 ans présentant une boiterie aiguë (4/5) de l'antérieur gauche, un pouls digital augmenté et pour lequel la réalisation d'une anesthésie palmaire distale a réduit la boiterie considérablement. Des images radiographiques (figure 5) puis de scanner (figure 6) sont réalisées, et montrent bien que dans certains cas, le diagnostic ne peut se faire uniquement grâce à la radiographie.

L'imagerie joue également un rôle important dans le suivi thérapeutique, afin de contrôler l'évolution des lésions. En effet, l'expression clinique peut ne pas refléter une réelle guérison, et une amélioration de la boiterie peut n'être que transitoire. C'est grâce à l'imagerie qu'on pourra conclure d'une réussite durable de la procédure réalisée.

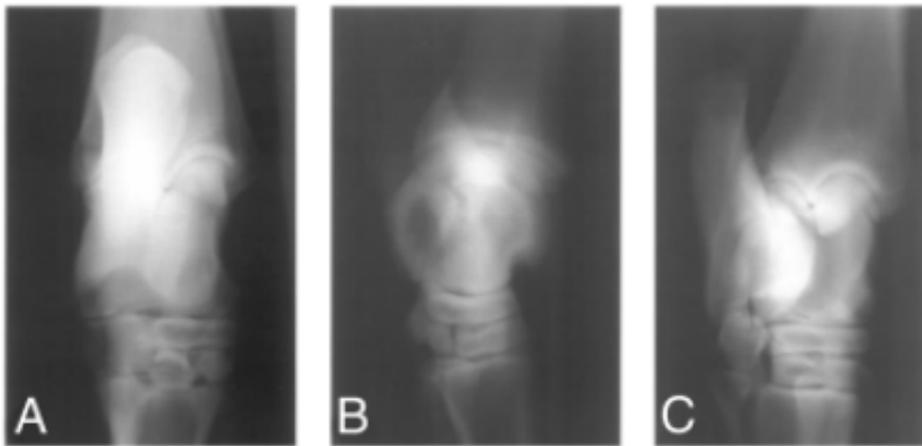


*Figure 5 : Vues de profil latéromédial et oblique de la troisième phalange sur lesquelles on devine une ligne d'opacité réduite (flèches) ne permettant pas de diagnostiquer un kyste sous-chondral (Del Chicca et al., 2008).*

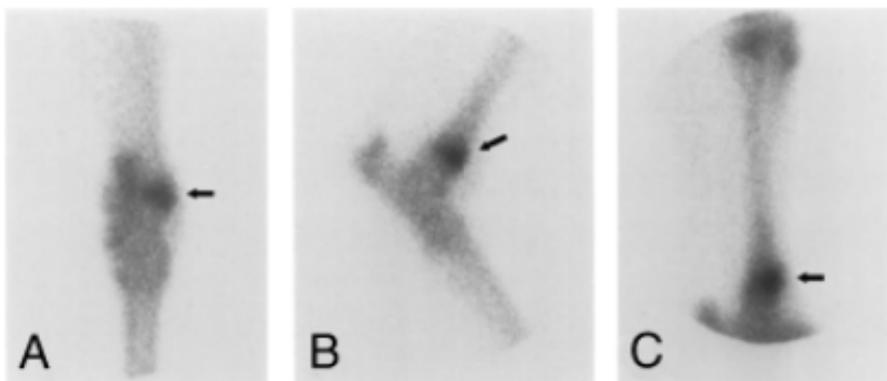


*Figure 6 : Coupe sagittale réalisée au scanner de la troisième phalange, sur laquelle la lésion kystique sous-chondrale est clairement visible (flèche vide) (Del Chicca et al., 2008).*

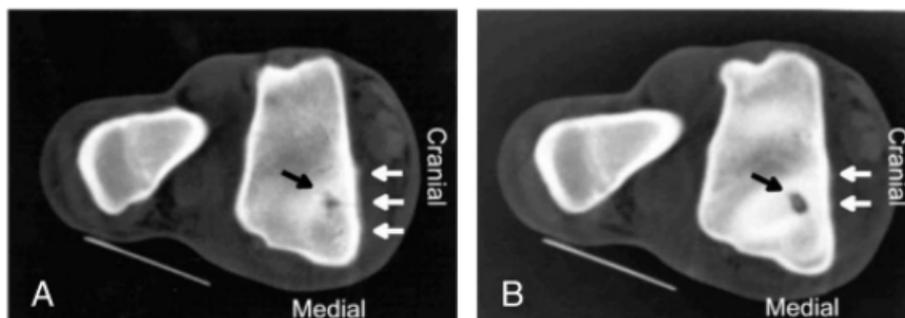
La scintigraphie quant à elle ne donnera pas de diagnostic précis mais peut orienter les recherches sur une région plus précise du membre (figures 7, 8 et 9)



*Figure 7: Différentes vues radiographiques du tarse d'un cheval, aucune lésion n'est identifiable (Garcia-Lopez and Kirker-Head, 2004)*



*Figure 8: Images de scintigraphie du même cheval, avec mise en évidence d'une zone d'inflammation (Garcia-Lopez and Kirker-Head, 2004)*



*Figure 9: Visualisation de la lésion au scanner (Garcia-Lopez and Kirker-Head, 2004)*

## 2. Traitement conservateur

Il consiste en premier lieu à mettre le cheval au repos. En cas de boiterie intense le cheval peut être mis sous anti-inflammatoires non-stéroïdiens par voie générale. L'utilisation de corticoïdes en injection intra-articulaire est également décrite, ainsi que le recours aux biphosphonates, sans pour autant que des progrès à long terme ne soient mis en évidence, que ce soit sur le plan clinique ou sur le plan radiographique. Cependant, bien que plus efficace chez les jeunes individus (McIlwraith, 2010), ce traitement montre un taux de réussite insatisfaisant : entre 33 et 65% selon les études (Ortved, 2017). Des techniques chirurgicales ont donc été développées pour tenter de traiter les chevaux chez lesquels aucun progrès satisfaisant n'est observé après un traitement conservateur.

Ainsi, les chevaux sont souvent présentés en vue d'une intervention chirurgicale sur une lésion kystique sous-chondrale après qu'un traitement conservateur ait été tenté. Ils ont donc un historique de boiterie de plusieurs mois, voire plusieurs années, et ce n'est qu'après échec de la thérapie conservatrice que les propriétaires et les vétérinaires se tournent vers une option chirurgicale, bien qu'elle soit parfois envisagée en première intention. Cela dit, il peut être intéressant d'attendre les résultats d'une période de repos sur l'évolution d'une lésion kystique afin de s'assurer que la lésions ne se résorbe pas d'elle-même, ce qui peut se produire, avant de réaliser une chirurgie couteuse. La conséquence sera donc que les chevaux qui subissent le traitement chirurgical en seconde intention sont ceux dont la lésion est plus persistante, et qui a pu occasionner des dégâts dans l'articulation, secondaires à l'inflammation chronique et la déformation de la surface articulaire atteinte, ce qui influence négativement le pronostic quelle que soit la procédure réalisée (Santschi et al., 2015)

## 3. Injection intra-kystique de corticoïdes

Il est possible d'injecter des corticostéroïdes dans une lésion kystique sur un cheval tranquilisé et sous contrôle échographique. Cette méthode ne permet cependant pas de visualiser la surface articulaire, contrairement à l'arthroscopie.

- *Procédure chirurgicale*

Sous exploration arthroscopique, une aiguille de 18 gauge est insérée dans le kyste, en évitant de pénétrer par le centre du cloaque mais plutôt par sa périphérie (figure 10) : de cette façon, on s'assure que le produit est déposé non pas au centre de la lésion, mais bien dans le tissu fibreux dense qui forme le contour du kyste. Cela permet qu'il ne se répande pas dans la cavité articulaire. Il est recommandé de réaliser 3 à 4 injections pour permettre une bonne répartition des corticostéroïdes dans la lésion.



*Figure 10 : Vue arthroscopique de l'injection de corticostéroïdes au niveau du tissu fibreux d'un kyste sous-chondral chez le cheval (Wallis et al., 2008)*

- *Discussion*

L'étude de Wallis et collaborateurs (2008) a identifié certains facteurs pronostic associés à cette procédure. Tout d'abord, la présence d'ostéophytes sur les radios pré-opératoires se sont révélées être un indicateur de moins bon pronostic, avec un succès significativement diminué (63%) par rapport aux individus dont les radios ne révélaient pas d'anomalies autres que les kystes (87%). Ensuite, il a été dégagé qu'un retour au travail plus tardif était également un facteur pronostic négatif. En effet, et les individus ré-évalués et remis au travail à 30 et 60 jours post-opératoire ont présenté respectivement 89% et 87% de rémission, contre 58% pour

les chevaux ré-évalués et remis au travail à 90 jours (la date de cette réévaluation était dépendante des disponibilités des différents partis impliqués et non pas d'un paramètre clinique du cheval)

En revanche, dans cette étude l'âge n'a pas été identifié comme un facteur pronostic négatif contrairement au cas du traitement conservateur ou des procédures chirurgicales que nous allons étudier plus tard. Les chiffres sont les suivants : les individus âgés de 3 ans ou moins ont présenté un taux de réussite de 78%, tandis que chez ceux de plus de 3 ans le taux de succès était de 72%. Ces résultats sont encourageants pour la prise en charge des chevaux plus âgés, néanmoins il faut souligner que le groupe de plus de 3 ans ne représentait que 25% des individus traités, et que cet âge choisi pour séparer les « jeunes » des « vieux » chevaux reste un âge réduit en comparaison à l'espérance de vie d'un cheval.

## 4. Débridement du kyste

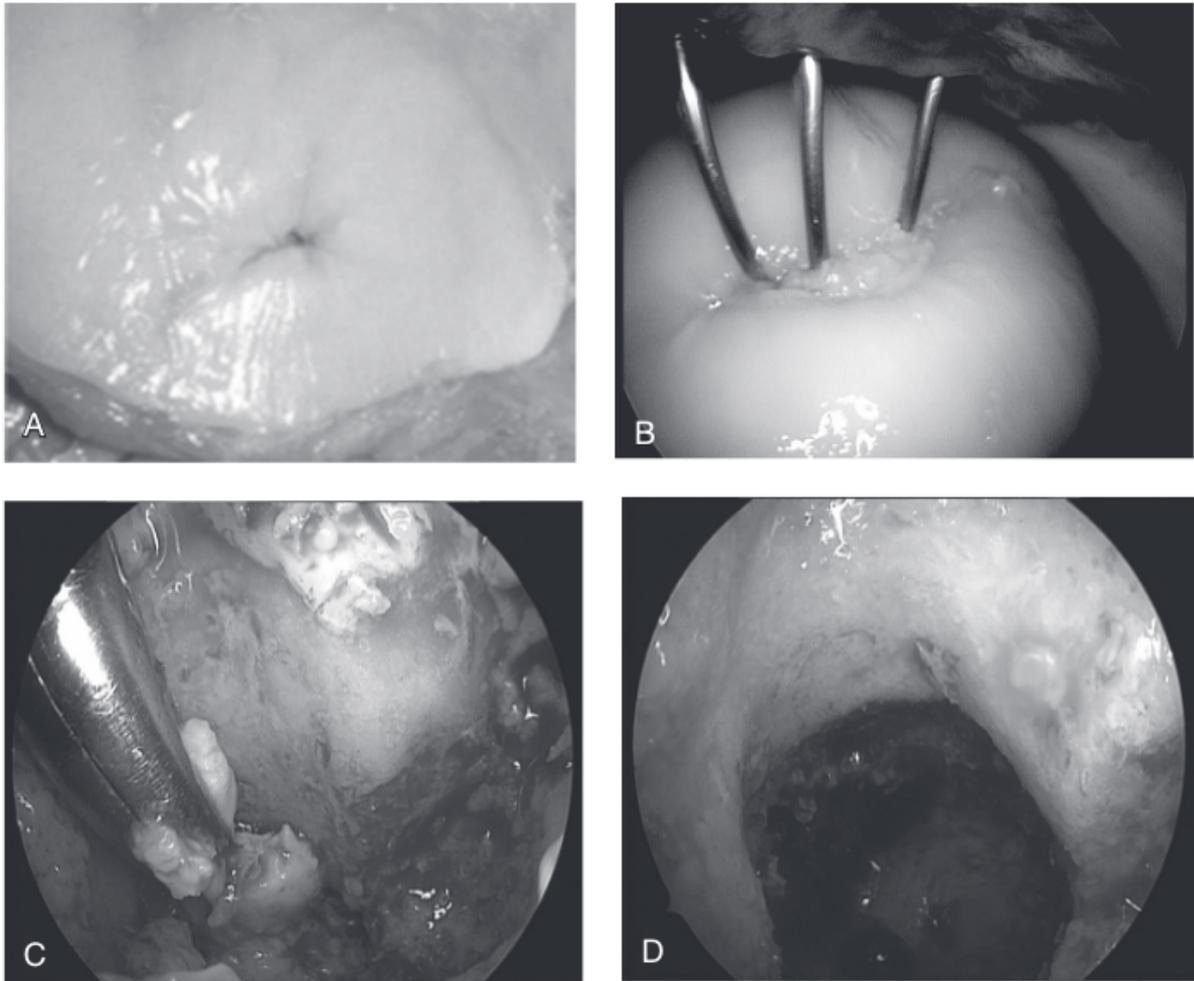
Pour toutes les chirurgies décrites ci-après, le cheval reçoit en préopératoire une couverture antibiotique, des anti-inflammatoires non-stéroïdiens. Il est anesthésié selon un protocole classique comprenant une prémédication et induction par voie injectable puis un entretien par voie respiratoire, le tout étant établi au préalable par le chirurgien. L'administration d'antibiotiques et anti-inflammatoires se poursuit ensuite en post opératoire et le cheval est gardé en hospitalisation pour une période de quelques jours, suivie d'un temps de confinement au box et une réintroduction progressive des déplacements (marche en main, puis reprise de l'activité sportive), tout ceci étant à adapter au type de chirurgie et laissé à l'appréciation du chirurgien.

### 4.1. Approche intra-articulaire

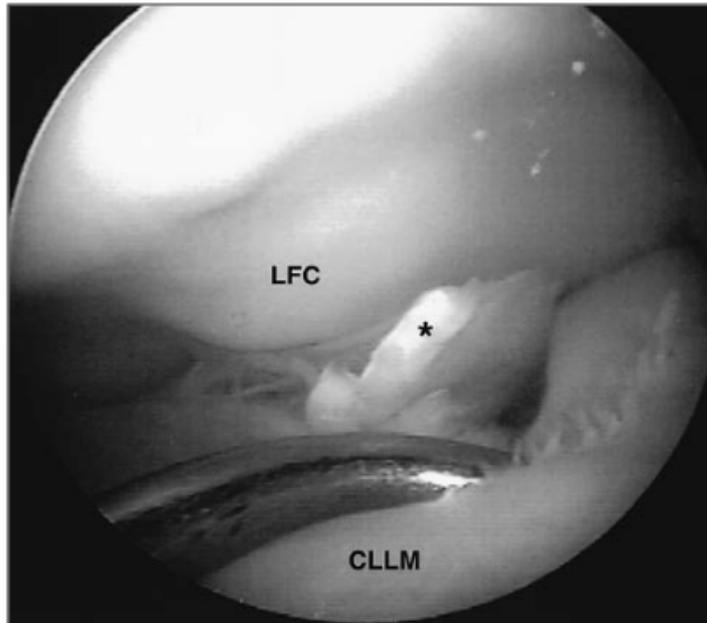
- *Procédure chirurgicale*

Le kyste est cureté par voie arthroscopiques (figure 11, 12 et 13), c'est-à-dire que le matériel contenu à l'intérieur du kyste est retiré et l'articulation est lavée pour permettre l'évacuation des débris (Santschi et al., 2020). La réalisation de cette étape est cruciale et doit

être faite avec une grande minutie, car il a été démontré que la présence de résidus de contenu kystique peut mener à de l'inflammation et à l'apparition d'enzymes destructrices, compromettant la cicatrisation et risquant de causer, au contraire, un élargissement de la lésion (von Rechenberg et al., 2000).



*Figure 11 : Étapes du débridement d'un kyste par arthroscopie au niveau du condyle fémoral médial, sous insufflation de CO<sub>2</sub> (Jackson et Fürst, 2019). A : Visualisation de l'abouchement du kyste dans l'articulation. B : Détermination de la position idéale des instruments pour le curetage du kyste. C : Débridement de la cavité à l'aide d'une curette. D : Visualisation de la cavité après retrait de tout le contenu kystique.*

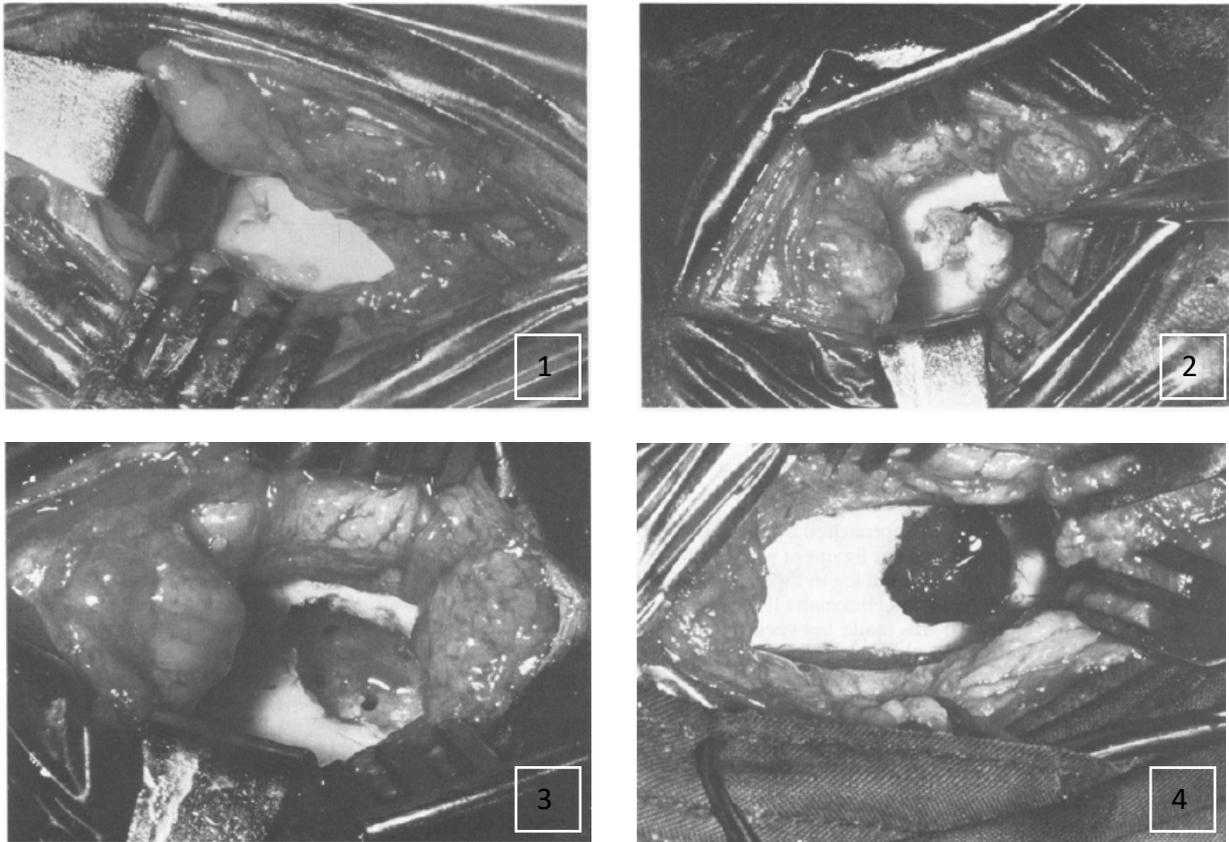


*Figure 12* : Vue arthroscopique du curetage d'un kyste sous-chondral, avec son flap cartilagineux (\*), situé caudalement au ligament crânial du ménisque latéral (CLLM). Le condyle fémoral latéral est visible (LFC) (Textor et al., 2001).



*Figure 13* : Illustration de l'approche arthroscopique durant laquelle la photo précédente (figure 12) a été prise (Textor et al., 2001).

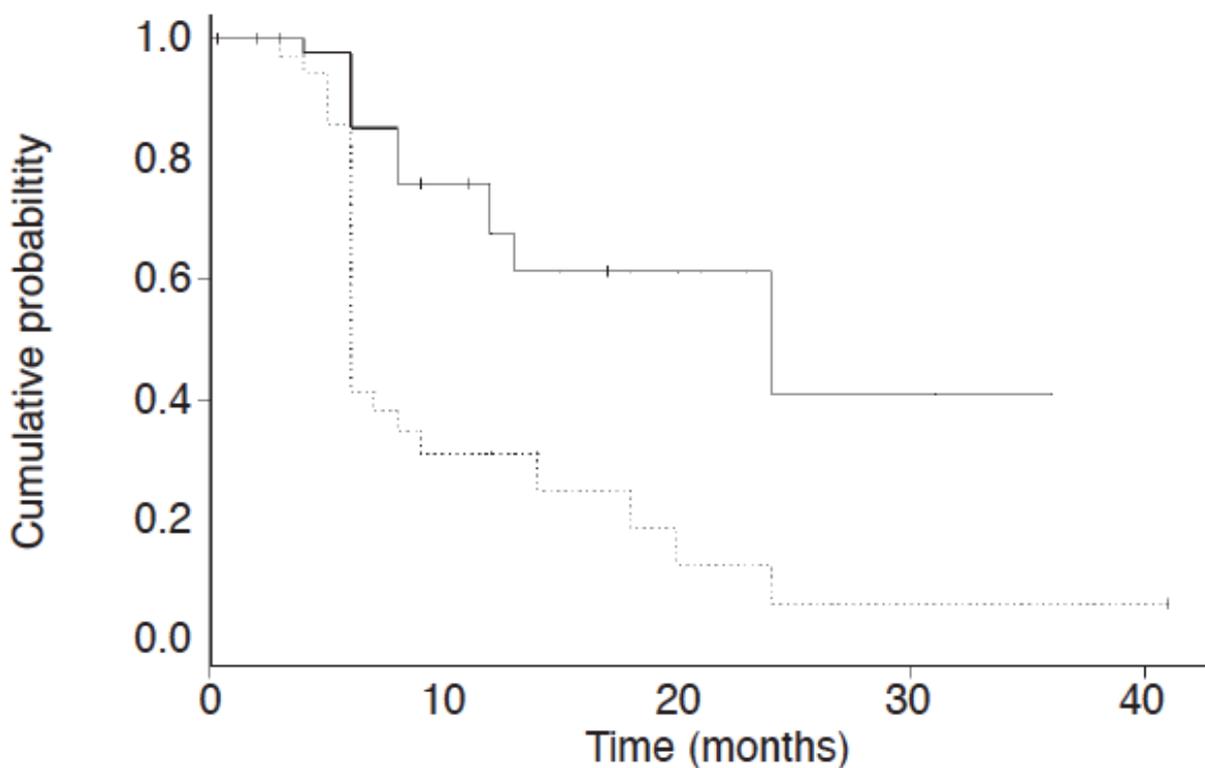
L'étude précoce de White et collaborateurs (1988) a montré un taux de réussite très élevé pour une procédure de curetage de lésion par arthrotomie dorsale (figure 14), cependant ces résultats n'ont jamais pu être atteints à nouveau (Jackson and Fürst, 2019). Il n'est plus recommandé aujourd'hui de réaliser cette approche mais bien de privilégier l'abord arthroscopique pour réaliser un curetage, en raison d'un taux nettement plus élevé de complications liées à l'arthrotomie, d'une plus longue période de récupération et d'une asepsie plus difficilement garantie, de par son caractère plus invasif.



*Figure 14 : Étapes du débridement d'un kyste par arthrotomie (White et al., 1988). 1 : Aspect de l'abouchement du kyste avant débridement. 2 : Curetage de la lésion. 3 : Aspect du kyste après débridement complet. 4 : Formation d'un caillot de sang immédiatement après de curetage.*

- *Discussion*

Comme nous l'avons déjà évoqué, l'âge joue un rôle important dans la rémission lors du traitement conservateur, où les jeunes chevaux présentent de meilleurs résultats et ce quelle que soit la morphologie de la lésion (figure 15). On retrouve cette tendance dans le traitement chirurgical par débridement arthroscopique, et on le verra également pour d'autres chirurgies. C'est pourquoi, sans préférer une procédure à une autre sur base uniquement de l'âge de l'animal à traiter, il est important de prendre en compte ce facteur lors de la prise de décision, et de bien en informer le propriétaire afin qu'il puisse prendre une décision éclairée concernant la réalisation ou non de cette chirurgie coûteuse.



*Figure 15 : Effet de l'âge sur la rémission après traitement d'un kyste osseux sous-chondral par débridement arthroscopique. Probabilité du retour au travail en fonction de l'âge : Représentation de 2 groupes de chevaux traités selon leur tranche d'âge (ligne continue : 3 ans et plus, ligne en pointillés : moins de 3 ans) (Smith et al., 2005).*

De plus, la réalisation d'un débridement arthroscopique nécessite d'avoir un accès au kyste par l'articulation. Cette technique n'est donc pas réalisable dans le cas où ceux-ci ne

communiquent pas, ou si le canal d'aboutement du kyste n'est pas assez large pour permettre l'accès aux instruments chirurgicaux. Dans ces cas-là, il est possible de réaliser le curetage par une autre voie d'accès.

#### 4.2. Approche extra-articulaire

- *Procédure chirurgicale*

Pour que cette chirurgie soit rendue possible, il est important de la planifier à l'aide d'imagerie avancée, radiographie numérique, scanner ou fluoroscopie, l'idéal étant d'avoir une image en 3D de la zone à opérer. Si le chirurgien n'a pas accès à un fluoroscope, permettant d'avoir une image en temps réel, il sera indiqué de faire des radiographies tout au long de la procédure afin de s'assurer du bon placement des instruments chirurgicaux (Jackson et Fürst, 2019). Il est également possible d'employer un dispositif de guidage des instruments (figure 16). Un outil de forage est ensuite utilisé pour accéder au kyste, et celui-ci est débridé à l'aide d'une curette.



*Figure 16 : Étapes permettant un bon positionnement des instrument chirurgicaux dans la réalisation du débridement d'une lésion kystique sous-chondrale chez le cheval. Photo A : Une aiguille est positionnée à l'entrée supposée du kyste, et une première image est prise. Photo B : Un dispositif de visée peut être placé, qui rendra plus aisé le respect de la trajectoire définie lors du forage de l'os. Photo C : Image du positionnement de cet outil. (Jackson et al., 2019).*

- *Discussion*

L'abord transcortical sera choisi dans tous les cas où l'abord arthroscopique n'est pas possible, comme dans le cas où le kyste n'est pas ouvert sur l'articulation. Il se peut également

que l'articulation touchée par la lésion ne laisse pas un accès facile aux instruments d'arthroscopie, comme c'est le cas de l'articulation interphalangienne distale situées dans la boîte cornée (Balducci et al., 2019). Cependant, Story et Bramlage (2004) montrent dans leur étude que l'accès à cette même articulation est possible par arthroscopie. Dans le cas où les 2 abords sont réalisables, il est important de notifier que l'abord transcortical présente l'inconvénient de ne pas permettre la réalisation d'un examen visuel de l'articulation et de la lésion, et donc l'impossibilité de s'assurer de l'intégrité du cartilage articulaire. Cependant, cette technique présente comme avantage sur l'arthroscopie que le débridement peut se faire tout en conservant le cartilage présent à l'abouchement du kyste sur l'articulation, permettant donc de le préserver.

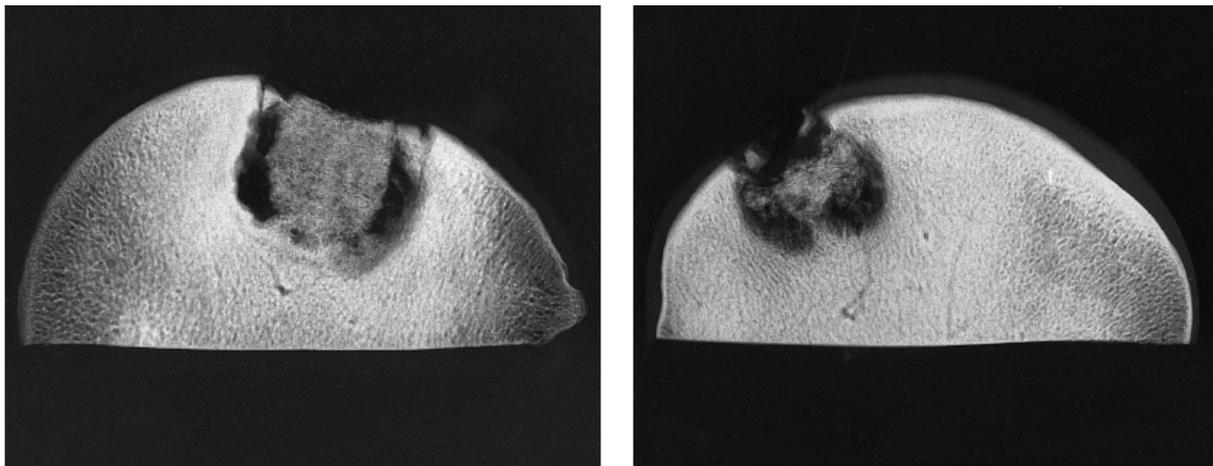
### 4.3. Thérapies adjuvantes au débridement

Il est possible d'associer le curetage du kyste à l'ajout d'agents visant à favoriser la cicatrisation des tissus. Les différentes techniques présentées ci-après sont issues d'études réalisées à petite échelle, sur un nombre restreint d'individus, ne visant pas toujours le traitement spécifique des lésions kystiques mais parfois des lésions ostéochondrales en général. Ce sont donc des pistes de recherche, dont il faut comprendre les contraintes pour pouvoir poursuivre les recherches et tenter de développer des thérapies adaptées à toutes les formes de lésions kystiques auxquelles un vétérinaire peut être confronté. Il est important, dans les investigations présentes et futures, de réaliser des études reprenant un groupe témoin pour lequel le débridement du kyste est l'unique traitement appliqué, afin de pouvoir comparer les résultats et s'assurer de l'origine des progrès observés.

#### 4.3.1. Greffe d'os spongieux

Cette technique n'est plus utilisée aujourd'hui. En effet, une étude a prouvé l'absence de différence significative entre le résultat d'une greffe osseuse associée à un curetage, et celui d'un curetage seul (Jackson et collaborateurs, 2000). Ni les images radiographiques ni le degré de boiterie n'ont été différents entre les deux groupes, et à l'histologie les lésions traitées par greffe osseuse présentaient des tissus de greffons nécrosés. De plus, l'élargissement des

kystes primaires et la formation de kystes secondaires ont été mis en évidence (figure 17) chez les individus ayant reçu une greffe osseuse, et les auteurs suggèrent pour expliquer ce phénomène la théorie hydraulique, qui était avancée pour justifier l'apparition initiale de kystes : le fluide synovial poussé dans la lésion par compression s'insinue entre le greffon et les tissus sains, les comprime, empêchant une correcte vascularisation du greffon ce qui rend impossible sa survie. Par conséquent cette technique n'est indiquée dans aucun cas et ne sera pas détaillée.



*Figure 17 : Images miroradiographiques au niveau d'un condyle fémoral gauche et droit de deux chevaux, 180 jours après une chirurgie de greffe d'os spongieux afin de traiter des lésions kystiques sous-chondrale (Jackson et al., 2000)*

#### 4.3.2. Arthroplastie mosaïque ou Greffe ostéochondrale autologue

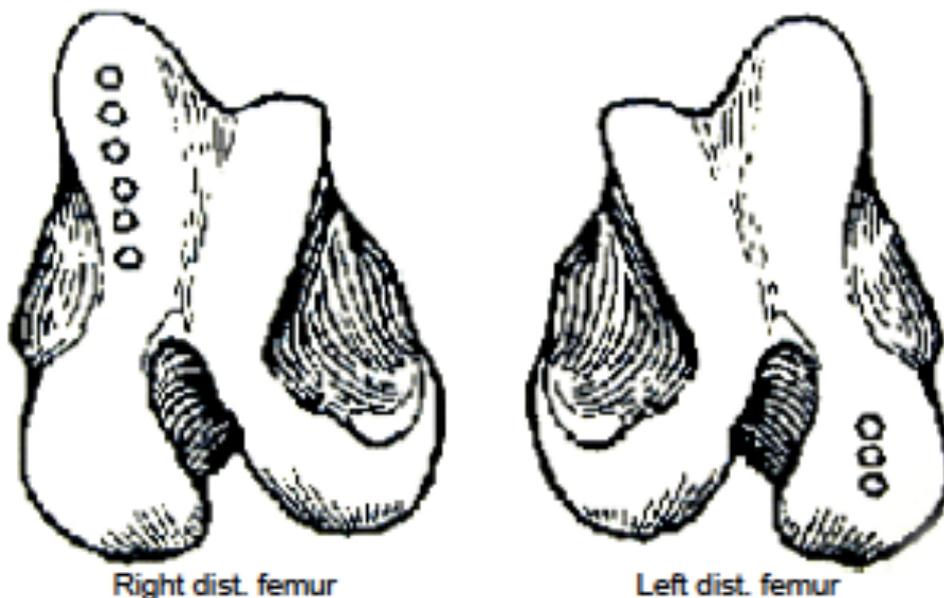
Comme son nom l'indique, cette procédure a recours à des greffons autologues, c'est-à-dire provenant de l'individu nécessitant la greffe. La réalisation de cette chirurgie nécessite 2 procédures : le retrait des greffons au niveau du site donneur, et l'implantation au niveau du site receveur (la lésion kystique)

- *Procédure chirurgicale*

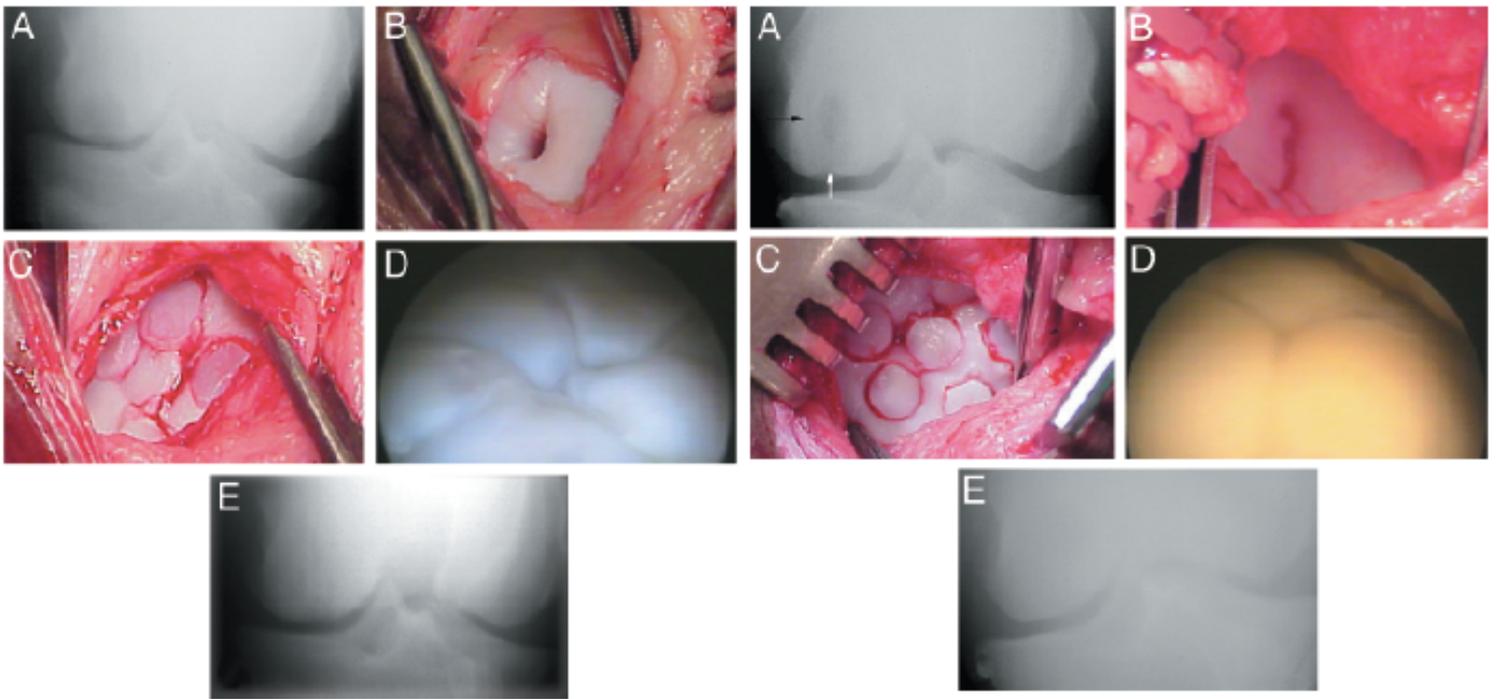
Cette procédure peut se réaliser sous arthroscopie ou arthrotomie, avec les enjeux respectifs qui ont été évoqués précédemment. Les instruments chirurgicaux utilisés sont empruntés à la médecine humaine (Bodó et collaborateurs, 2000).

Le prélèvement des greffons doit se faire au niveau d'une articulation saine et dans une zone non portante (figure 18). Les dimensions et le nombre de greffons cylindriques nécessaires sont définis au préalable sur base d'imagerie préopératoire, la taille oscillant autour de 6,5 millimètres de diamètre pour 25 à 50 millimètres de profondeur, pour 3 à 5 greffons nécessaires dans le cas d'un kyste situé sur le condyle fémoral médial. Un espacement de 5 millimètres environ entre chaque greffon prélevé permet une bonne cicatrisation du site donneur. Une fois retirés, les greffons sont placés dans une solution saline isotonique (Bodó et collaborateurs, 2004).

Pour chaque greffon, un forage dont la profondeur dépasse celle de la lésion kystique d'une dizaine de millimètres est percé, puis il est élargi légèrement au-delà des dimensions en diamètre du greffon. Ce dernier, avant d'être mis en place, doit être calibré en longueur afin de pas faire protrusion dans l'articulation une fois la procédure terminée, car cela pourrait mener à leur dégradation due à des contraintes mécaniques. L'action de forer dans le kyste présente l'avantage de retirer le tissu fibreux et sclérotique, favorisant ainsi la réparation, mais aussi la vascularisation du greffon. Une distance de 1 à 2 millimètres doit séparer chaque greffon. Des photos de la procédure sont disponibles pour celles réalisées par arthrotomie, ainsi que des images d'arthroscopie de contrôle 6 mois post chirurgie (figure 19).



*Figure 18 : Schéma représentant les sites donneur (gauche) et receveur (droite) des greffons au niveau de l'épiphyse distale du fémur (Bodó et al., 2014)*



*Figure 19 : Suivi d'une lésion kystique sur 2 chevaux traités par greffe ostéochondrale autologue. Photos A : Radiographies préopératoire du jarret vu de face mettant en évidence une lésion kystique. Photos B : Vues des lésion kystiques durant la chirurgie, avant la greffe. Photos C : Vues des zones receveuses après la pose des greffons. Photos D : Arthroscopies de contrôle 6 mois post-opératoire. Photos E : Radiographies 6 mois post-opératoire du jarret vu de face, montrant une diminution de la lésion (Bodó et al., 2004).*

Les greffons doivent être disposés de façon parfaitement perpendiculaire à la surface articulaire, il en va du succès de la chirurgie : la présence d'un angle entre le greffon et l'organe receveur peut entraîner l'apparition de tissus fibreux, qui compromettra le bon développement du greffon et fera échouer la procédure par nécrose du tissu greffé.

- *Discussion*

Avant toute chose, il est important de noter que les différentes études présentées ici ont été dirigées par un seul et même praticien. En conséquence, les conclusions qu'on en tire peuvent être biaisées par une absence de diversité. Néanmoins, la répétition de la procédure au fil des ans sur différents individus a permis de tirer de précieuses conclusions.

Tout d’abord, cette procédure ne semble pas s’adapter à un kyste de grandes dimensions. En effet, le nombre et la taille des greffons nécessaires seront proportionnels à la taille et la profondeur de la lésion à traiter. Or nous sommes limités au niveau du site donneur, afin de ne pas causer plus de dégâts et engager/aggraver la santé de l’articulation. Quand bien même les quantités prélevées restent raisonnables, il est naturel de s’inquiéter des conséquences de cette procédure sur le site donneur, bien que jusqu’à maintenant rien n’ait mis en évidence de dommages à long terme. Cette approche sera donc à considérer dans le cas de kystes de taille réduite à moyenne, et à abandonner si les images radiologiques ou de scanner montrent la présence d’un kyste de grande envergure.

Ensuite cette chirurgie peut, comme expliqué, se réaliser par arthroscopie ou par une arthrotomie, il y a ici un conflit entre différentes recommandations. En effet, il est très important de placer les greffons de façon perpendiculaire dans les forages du tissu receveur. Or cette manœuvre délicate est rendue plus aisée par l’arthrotomie. Par voie arthroscopique, la liberté de mouvements est limitée par le champ d’action restreint et l’usage obligé d’instruments rendant le travail du chirurgien moins précis et plus laborieux (Ortved et al., 2012). Ainsi, malgré les risques plus élevés liés à une moins bonne asepsie et une ouverture chirurgicale plus large, il sera conseillé pour réaliser une greffe ostéochondrale autologue de procéder à une arthrotomie.

Type of insertion	Smooth surface without abnormalities	Too deep insertion	Non-perpendicular insertion		
			$\Sigma$	Folding with fissures	Irregularly ripping surface
Arthrotomic (15)	9	2	4	3	1
Arthroscopic (15)	3	1	7	3	4

*Tableau 1 : Apparence des greffons lors de l’arthroscopie de contrôle, selon l’approche (Bodó et al., 2014).*

Enfin, on retrouve dans ces diverses études le facteur pronostic négatif de l'âge. Les chirurgies effectuées chez les animaux d'âge avancé montrent un moins bon taux de réussite que chez les individus plus jeunes : lors du prélèvement, certains greffons peuvent se fracturer, rendant leur utilisation impossible (figure 20). Or, chez les chevaux âgés, le nombre de greffons inutilisables est significativement augmenté (Bodó et al., 2001).



*Figure 20 : Greffons inutilisables dont la région subchondrale est fracturée (Bodó et al., 2001).*

#### 4.3.3. Pose d'implant

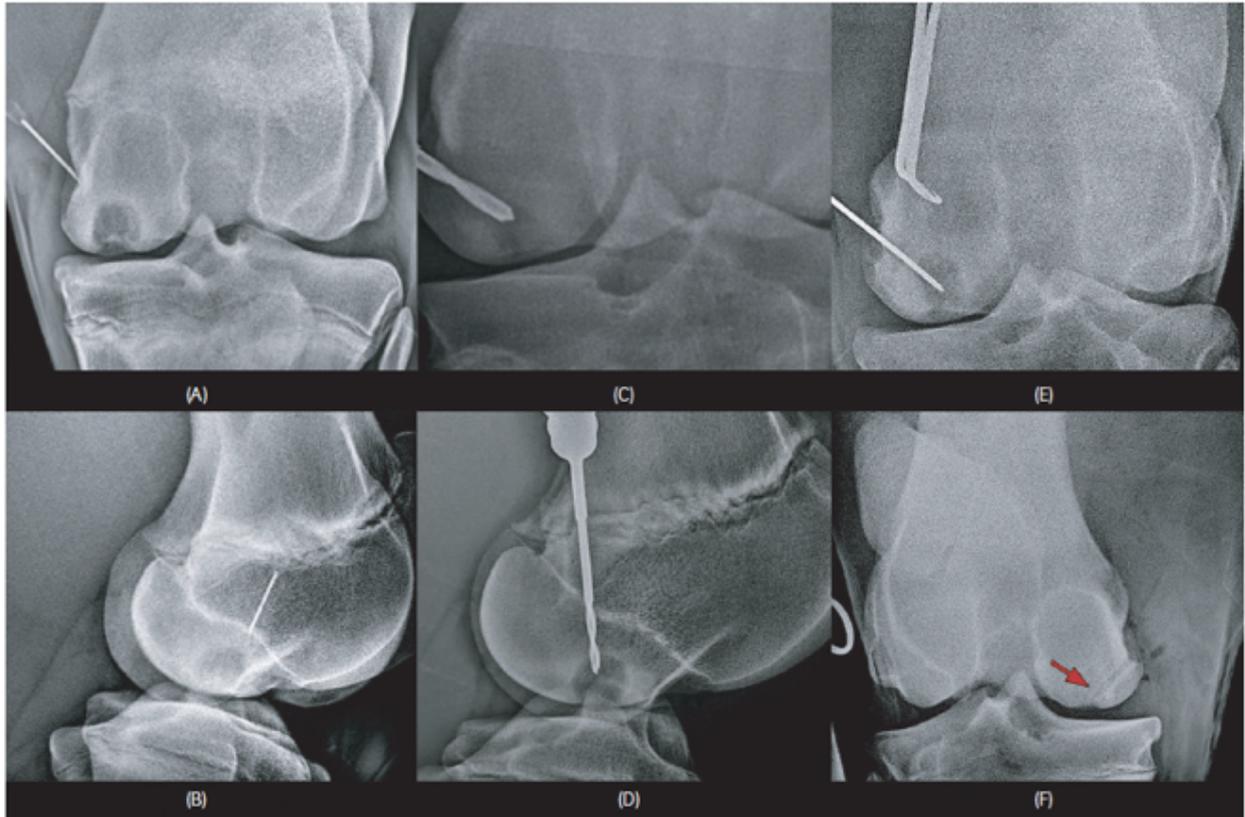
Une étude menée par Ravanetti et collaborateurs (2021) porte sur le placement d'implants contenant entre autres de l'hydroxyapatite, un cristal très proche de la composition osseuse. Deux types d'implants sont utilisés dans cette étude, le choix est fait selon la taille du kyste : une tige de 4,6 millimètres de diamètre est sélectionnée pour des lésions de diamètre inférieur à 9 millimètres, tandis qu'une vis d'interférence de 9 millimètres est préférée pour les lésions plus larges. Les chevaux ciblés par l'étude ont été sélectionnés selon les critères suivants : la présence d'une lésion kystique d'au moins 8 millimètres de diamètre et située à moins de 10 millimètres de l'articulation, ayant été diagnostiquée comme la cause de la boiterie et n'ayant pas été traitée antérieurement (traitement chirurgical ou médicamenteux)

- *Procédure chirurgicale*

Le cheval anesthésié est placé en décubitus dorsal ou latéral en fonction de la zone à opérer et selon la préférence du chirurgien. La première partie de la chirurgie consiste en un débridement de la lésion, par abord transcortical selon la méthode classique précédemment décrite. Comme toute chirurgie performée par une approche transcorticale, des images radiographiques doivent être prises avant et pendant la procédure. Une fois le kyste cureté, l'implant sera déposé dans la cavité. Les figures 21 et 22 décrivent les étapes de la réalisation de cette opération chirurgicale.



*Figure 21 : Chirurgie sur une lésion kystique sous-chondrale au bord distal de la phalange proximale. (A) vue dorsopalmaire et (B) vue latéromédiale : Utilisation d'une aiguille pour identifier l'approche chirurgicale optimale. (C) : Foreuse de 4,5 millimètres dirigée vers le kyste. (D) : Cavité de 4,5 millimètres (flèche rouge). (E) : Mesure de la profondeur de la cavité pour adapter la longueur de l'implant. (F) : Position de l'implant au milieu de la cavité (flèche rouge). (Ravanetti et al., 2021).*



*Figure 22 : Chirurgie sur une lésion kystique sous-chondrale sur le condyle fémoral médial du grasset. (A) vue dorsopalmare et (B) vue latéromédiale : Utilisation d'une aiguille pour identifier l'approche chirurgicale optimale. (C) vue dorsopalmare et (D) vue latéromédiale : Foreuse de 4,5 millimètres dirigée vers le kyste. (E) : Mesure de la profondeur de la cavité pour adapter la longueur de l'implant. (F) : Position de l'implant au milieu de la cavité (flèche rouge). (Ravanetti et al., 2021).*

Étant donné que cette étude de Ravanetti et collaborateurs (2021) a été réalisée récemment, impossible de connaître l'évolution à long terme des patients, mais les observations à moyen terme sont très satisfaisants. En effet, les résultats montrent une résolution de la boiterie sur 36 des 38 chevaux opérés, ainsi qu'un remplissage radiographique de la lésion dans 77% des cas (120 jours post opératoire), et 71% des chevaux ont pu courir à nouveau après la chirurgie. Il a été montré que la longue durée nécessaire aux composés de l'implant pour se résorber était bénéfique dans le traitement de kystes osseux.

- *Discussion*

Cette procédure peut se réaliser sur diverses articulations, et ne se limite pas à des kystes ouverts sur l'espace articulaire étant donné l'abord transcortical employé. Néanmoins, avec la variété présente dans la morphologie des kystes et de leur localisation au sein d'une région, comme par exemple le condyle fémoral médial, il est impossible de standardiser la procédure pour chaque articulation. Le chirurgien doit, à chaque nouveau patient, adapter son approche à la lésion. C'est bien pour cette raison que l'imagerie est à ce point indispensable lors d'un accès transcortical. Cette technique laisse dans l'animal un implant qui ne causera pas d'artéfact ou d'interférence en cas de réalisation d'IRM ou de scanner, ce qui permet d'éviter la dissimulation de pathologies autres. Elle ne nécessite pas non plus d'intervention chirurgicale préliminaire, comme c'est le cas de l'arthroplastie mosaïque. Cependant, la pose d'implant se couple à un curetage du kyste, une méthode qui a déjà fait ses preuves, avec des pourcentages de réussite comparables, ce qui amène légitimement à se poser la question de la nécessité de cette étape additionnelle, induisant un coût supplémentaire. De plus, l'étude est réalisée exclusivement sur des jeunes chevaux (10 à 24 mois) dont on sait qu'ils n'ont pas reçu de traitement auparavant, deux facteurs qui jouent en faveur de l'obtention de résultats très satisfaisants.

#### 4.3.4. Emploi de phosphate tricalcique

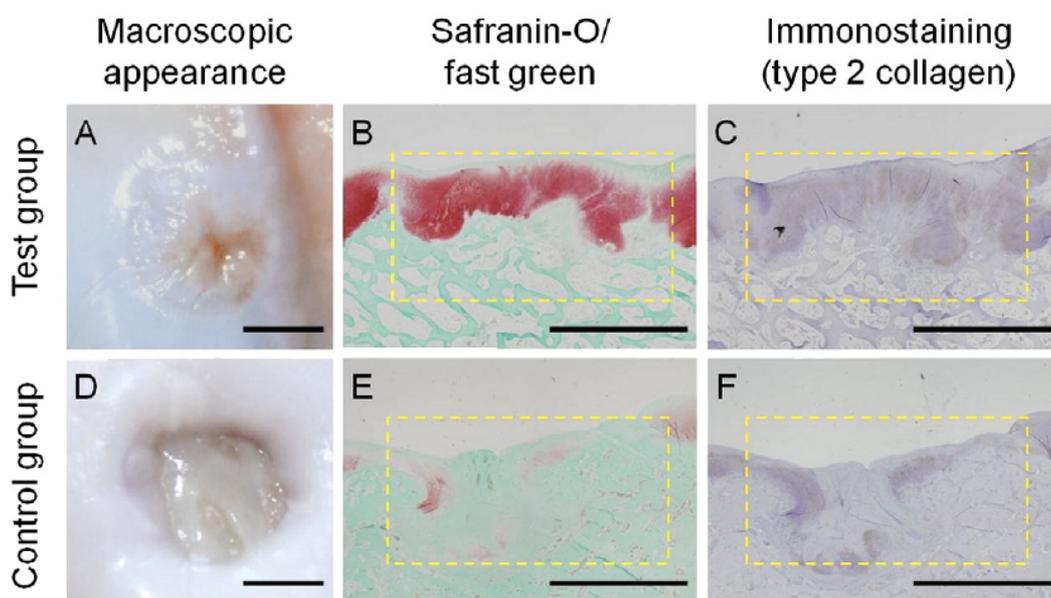
Le phosphate tricalcique est un matériau dont la composition chimique se rapproche de celle de l'os, et dont l'efficacité en tant que substitut osseux a été démontrée en médecine humaine (Mainard and Netter, 2018). Il peut être utilisé dans le traitement des kystes sous-chondraux du cheval sous forme de granules (Jackson and Fürst, 2019) après débridement chirurgical de la lésion kystique. Avant d'être implantés, les granules sont placés dans une seringue contenant du sang de l'animal traité, puis le vide y est fait : ce processus permet de remplacer l'air présent entre les granules par du sang. Le kyste est ainsi rempli de ces granules, ainsi que le trajet transcortical permettant d'accéder au kyste (Fürst et al., 1997).

Un autre cas a été traité à l'aide de granules de phosphate tricalcique dans l'étude menée par Balducci et collaborateurs (2019), celui d'un cheval de 4 ans présentant un kyste au niveau de la phalange moyenne. Les granules, assurant un soutien mécanique, ont cette

fois été combinées à un aspirât de moelle osseuse afin de fournir des cellules ostéogénétiques, et les chirurgiens ont en plus réalisé une injection de plasma enrichi en plaquettes, dont on connaît les vertus régénératrices et cicatrisantes.

Pour que des granules de phosphate tricalcique puissent être employés, le débridement doit se faire par voie transcorticale, étant donné que les granules ne sont pas fixés mais simplement déposés dans la cavité. Or un débridement arthroscopique nécessite de retirer le cartilage recouvrant l'entrée du kyste osseux, ce qui entraînerait la dispersion des granules dans l'articulation. Ainsi on ne peut pas non plus employer cette méthode si la communication entre la cavité kystique et l'articulation est trop large, pour les mêmes raisons.

L'étude de Seo et collaborateurs (2015) présente l'intérêt d'avoir comparé, chez le cheval, l'utilisation de phosphate tricalcique à un groupe témoin – contrairement aux deux études de cas précédentes – et a obtenu des résultats encourageants : une différence significative en termes de récupération et de régénération des tissus (figure 23). Bien que ce traitement soit appliqué à des lésions ostéochondrales créées artificiellement (10 millimètres de diamètre pour 5 millimètres de profondeur) et non pas des kystes sous-chondraux, les conclusions sont prometteuses et invitent à poursuivre les essais cliniques. De plus le support utilisé, une éponge de gélatine, pourrait présenter une meilleure adhérence au sein de la lésion, permettant d'envisager la possibilité d'un abord arthroscopique.



*Figure 23 : Apparence macroscopique et histologique des lésions du groupe test (A, B, C) et du groupe témoin (D, E, F) 4 mois après chirurgie.*

#### 4.3.5. Application d'hormone parathyroïdienne

- *Procédure chirurgicale*

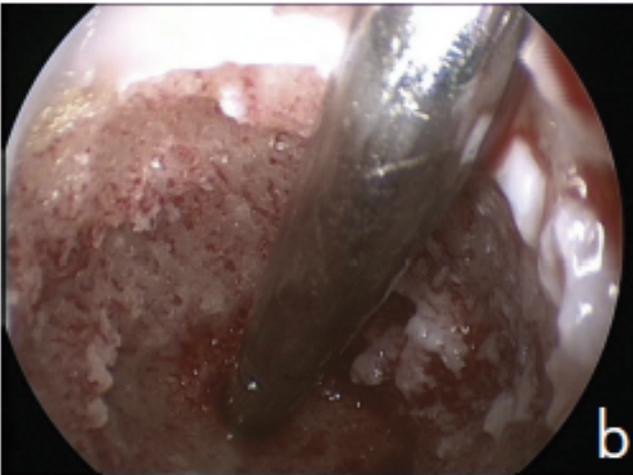
Il s'agit à nouveau d'une thérapie utilisée en médecine humaine, notamment en cas d'ostéoporose en raison des capacités anaboliques de l'hormone parathyroïdienne sur les tissus osseux. Une étude de cas menée par Jackson et collaborateurs (2012) présente 15 chevaux atteints de kyste osseux sous-chondraux à diverses localisations et traités chirurgicalement par débridement et remplissage de la lésion d'hormone parathyroïdienne dans une matrice de fibrine. Parmi les 15 chevaux, 6 ont subi un débridement par voie transcorticale, sous contrôle fluoroscopique, puis un lavage de la lésion au Ringer Lactate a permis de retirer le contenu résiduel dû au curetage. Enfin, une injection composite de parathormone, fibrine et thrombine est réalisée dans la lésion par l'accès creusé chirurgicalement, et la coagulation de l'hydrogel a lieu en 3 minutes. Les autres chevaux ont été opérés par abord arthroscopique (figure 24), sous irrigation continue de Ringer Lactate durant le débridement du kyste. Une fois cette étape réalisée, le relai a été fait avec du CO2 pour maintenir la distension de la cavité articulaire et permettre l'injection selon le même procédé, cette fois par le canal de communication du kyste avec l'articulation.

- *Discussion*

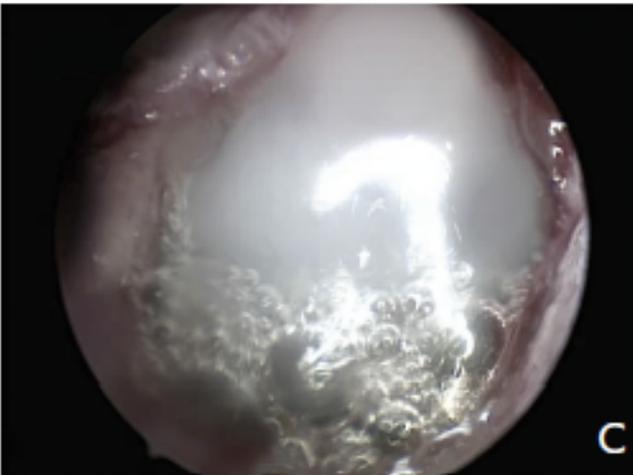
Parmi ces 15 chevaux traités par débridement et application d'hormone parathyroïdienne, 11 présentèrent une rémission complète, dont 8 individus âgés de moins de 3 ans. Ces résultats encouragent la poursuite des recherches, et présentent l'avantage de rassembler des chevaux dont le curetage a été réalisé par deux différents abords, ce qui élargit la population d'individus auxquels pourraient se destiner les essais cliniques et donc le traitement. Il est néanmoins expliqué que l'approche trans-osseuse, ainsi que le jeune âge et l'absence de lésions additionnelles d'ostéoarthrose semblaient corrélés à un meilleur pronostic.



*a : Vue de l'abouchement du kyste sur l'articulation*



*b : Vue de la cavité kystique après débridement*



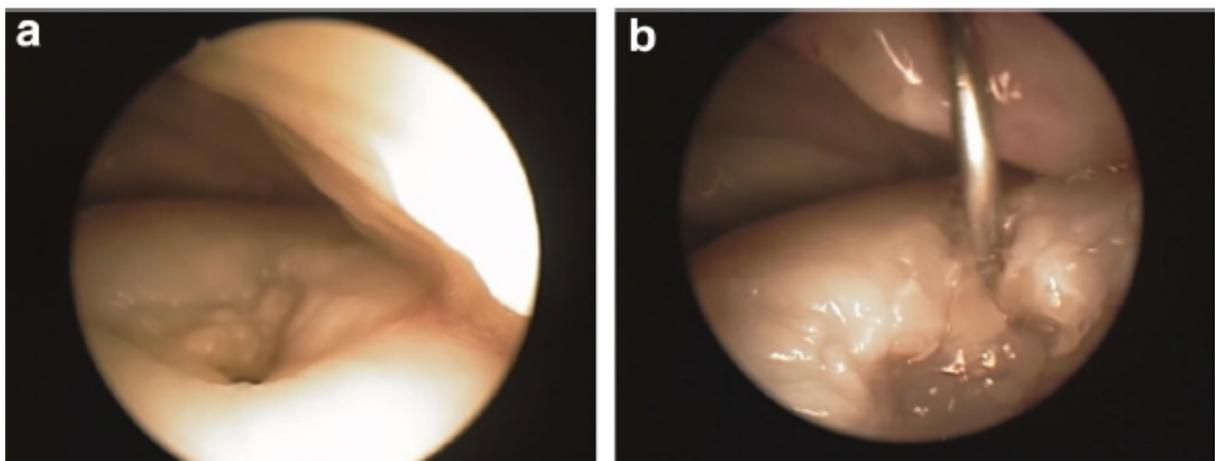
*c : Vue de la cavité kystique après remplissage avec le mélange de fibrine et hormone parathyroïdienne*

*Figure 24 : Chirurgie sous arthroscopie : Débridement du kyste et application d'hormone parathyroïdienne (Jackson et al., 2012)*

#### 4.3.7. Utilisation de cellules souches mésenchymateuses

Les cellules souches mésenchymateuses ont une action pro-régénérative au sein des tissus où elles sont placées, qui leur est conférée par leur activité paracrine, leurs propriétés immunomodulatrices et leur potentiel de différenciation en multiples lignées cellulaires.

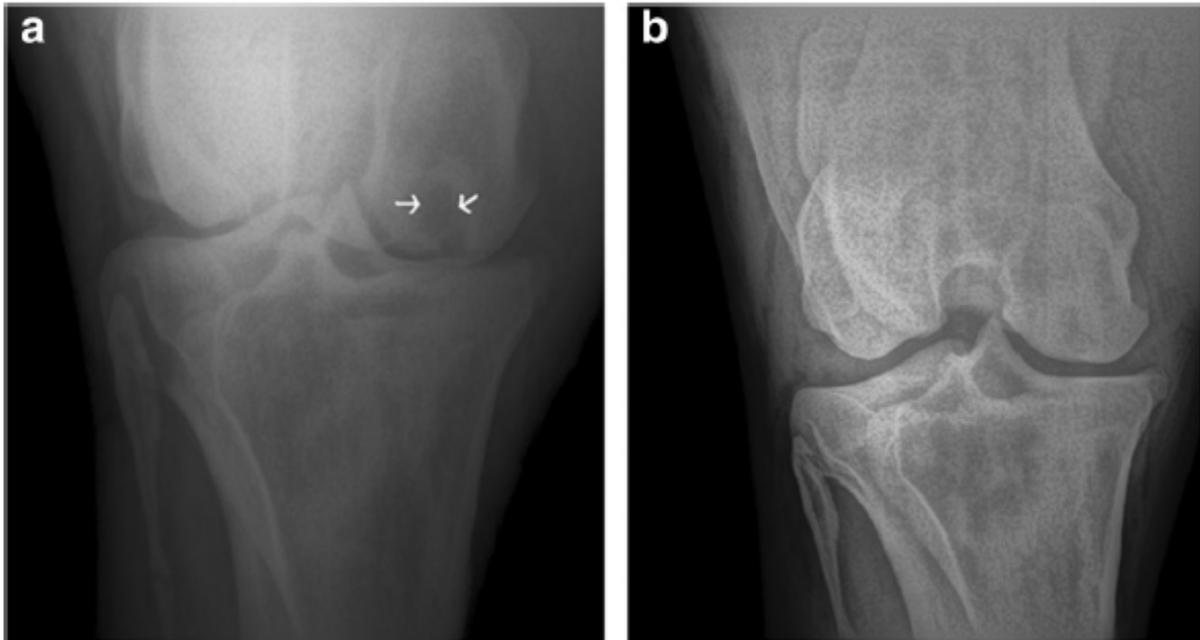
Golonka et collaborateurs (2020) ont étudié le cas d'une jument de 5 ans présentant un kyste osseux sous-chondral au niveau du condyle fémoral médial du grasset gauche, sur laquelle est réalisé une chirurgie ayant recours à l'utilisation de cellules souches mésenchymateuses, et ce par voie arthroscopique. Ils ont choisi de les prélever au niveau du tissu adipeux, en raison du caractère relativement non-invasif du prélèvement de ces tissus. Au préalable, le tissu adipeux duquel sont issues les cellules souches est prélevé au niveau de la base de la queue sous anesthésie locale. Il est ensuite envoyé au laboratoire pour que les cellules soient isolées et préparées. Elles subissent un traitement par une protéine jouant un rôle important dans le vieillissement cellulaire (SIRT1+), ce qui accentue leurs vertus, comme la diminution de leur sénescence et l'augmentation de leur taux de réplication. Un hydrogel d'alginate est préparé en parallèle, et les cellules souches y sont ajoutées en suspension. Un curetage du kyste et un lavage à la solution saline sont réalisés, puis la lésion est remplie d'hydrogel d'alginate auquel ont été combinées les cellules souches (figure 25).



*Figure 25 : Vue arthroscopique d'une lésion kystique avant (a) et après (b) débridement et remplissage par l'hydrogel d'alginate contenant les cellules souches (Golonka et al., 2020).*

- *Discussion*

À nouveau, le caractère récent de cette étude (2020) ne nous permet pas de connaître l'évolution de l'état de santé de la jument concernée sur un très long terme, et cette technique émergente n'a pas été étudiée à grande échelle, sur un large échantillon d'individus. Néanmoins, la jument a présenté un état clinique et une image radiographique améliorés 6 mois après la chirurgie (figure 26).



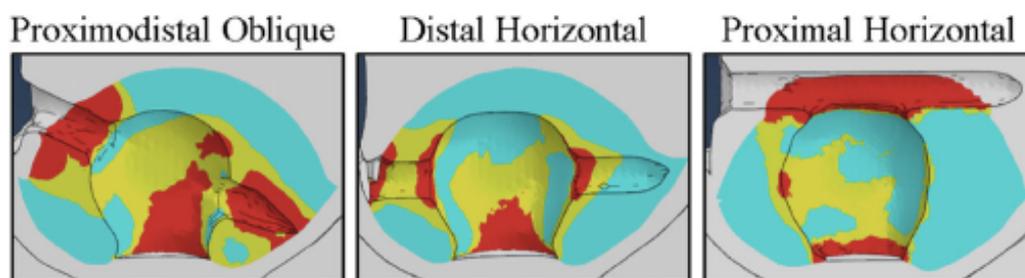
*Figure 26 : Évolution radiographique d'une lésion kystique sous-chondrale avant (a, flèches blanches) et 6 mois après (b) traitement chirurgical par débridement et ajout de cellules souches mésenchymateuses (Golonka et al., 2020)*

## 5. Pose de vis

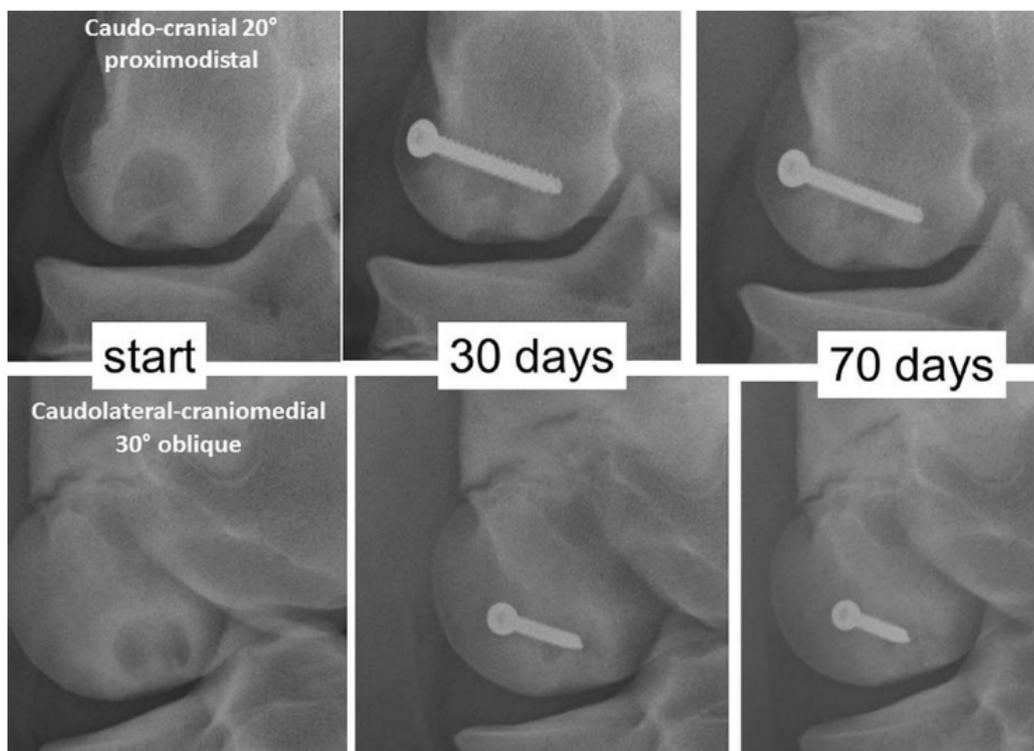
- *Procédure chirurgicale*

Le cheval doit être préparé pour la chirurgie, qui se réalise par abord transcortical. En raison du jeune âge des chevaux opérés et donc l'immaturité des tissus durs, il n'est pas toujours aisé de sentir les changements de résistance indiquant la fin du kyste. Un trou de 4,5 millimètres de diamètre est creusé afin d'y insérer une vis de la même dimension, après nettoyage du trajet osseux pour retirer les débris. En termes de longueur, il est recommandé de dépasser le kyste de 20 millimètres (Santschi et al., 2020), qu'on peut estimer grâce aux

imageries si les différences de résistances ne sont pas perceptibles. La profondeur à atteindre peut varier selon la taille du kyste et l'articulation concernée. La pose de la vis doit se faire parallèlement à l'articulation (Roquet et al., 2017) à l'exception du condyle fémoral médial, où une position oblique génère une meilleur néoformation osseuse (figure 27). Il peut être nécessaire de fraiser la surface osseuse au niveau de la tête de la vis, selon l'anatomie de l'os à l'endroit traité. La promotion de la guérison osseuse par la pose de vis en compression est le résultat de la réorientation de la contrainte osseuse vers le vide (la cavité kystique) (Frazer et al., 2019). Le but est d'encourager la formation osseuse le long de l'axe de compression (figure 28).



*Figure 27 : Carte du stimulus de formation osseuse (rouge) au niveau du condyle fémoral médial après pose d'une vis (Frazer et al., 2019)*



*Figure 28 : Vues radiographiques montrant l'évolution d'une lésion kystique sous-chondrale après la pose d'une vis (Santschi et al., 2015)*

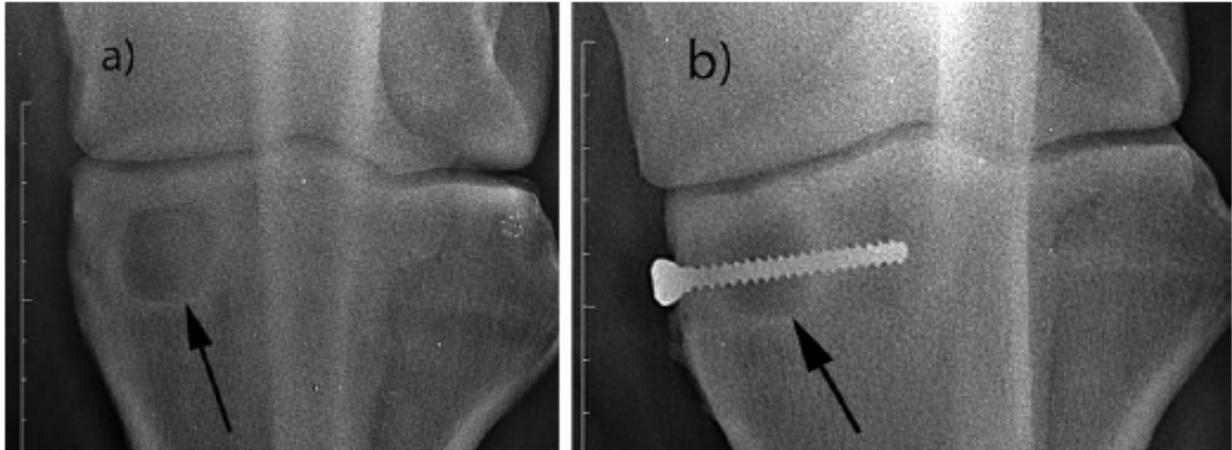
Le retrait de la vis n'est pas recommandé, car celle-ci n'a pas été identifiée comme cause de problèmes secondaires et une chirurgie supplémentaire sous anesthésie générale représente un coût et un risque inutile. Cependant en cas de vente future certains propriétaires peuvent souhaiter qu'elle soit enlevée, afin que les radiographies réalisées lors de visites d'achat soient les plus normales possibles. Dans ce cas, les recommandations sont de poser la vis au plus proche des 12 mois d'âge du cheval, et de la retirer au minimum 30 jours après résolution complète de la boiterie.

- *Discussion*

La période de convalescence est très courte avec l'emploi de cette technique : un retour à une activité normale a pu être atteint en 90 jours post-chirurgie, d'après Santschi et collaborateurs (2015), et une résolution des boiteries en 3-4 mois d'après Roquet et collaborateurs (2017). Ces derniers ont observé un taux de réduction/disparition de la boiterie chez 7 chevaux sur 8 (88%). Cette technique a été réalisée avec succès sur de multiples articulations : grasset (figure 28), carpe (figure 29), coude (figures 30 et 31) et phalanges (figure 32) et peut également être une bonne option pour les lésions de la partie distale du membre, où un grand nombre de kystes sont dus à un trauma et peuvent être accompagnés d'une fissure dans l'os. De plus, l'étude de Roquet et collaborateurs (2017) nous prouve que la pose de vis peut convenir à des kystes aux morphologies très diverses et s'avérer efficace sur des chevaux âgés (figures 30, 31 et 32).



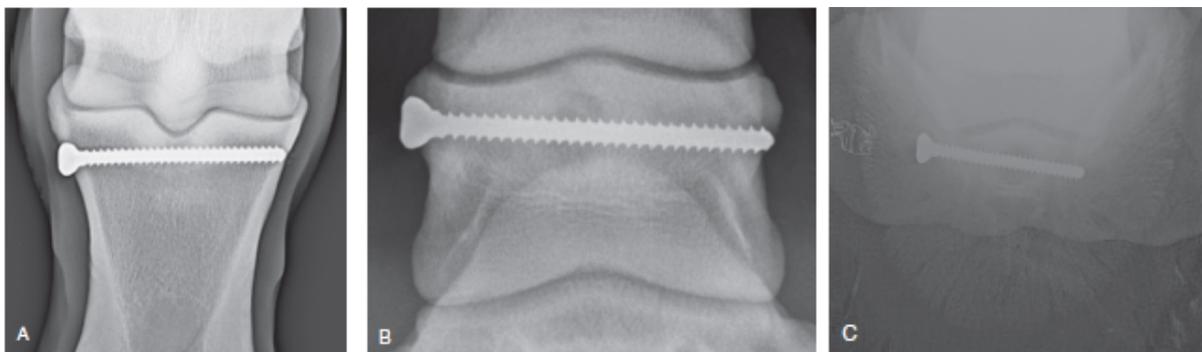
*Figure 29 : Radiographie dorsopalmaire du carpe gauche d'un cheval présentant un kyste sous-chondral de 15 par 8 mm, avant (A) et 2 ans après (B) la pose d'une vis (Santschi et al., 2020)*



*Figure 30 : Radiographies pré-opératoire (a) et 90 jours post-opératoire (b) d'un carpe présentant un large kyste sous-chondral au niveau de l'articulation antébrachio-carpienne (Roquet et al., 2017)*



*Figure 31 : Radiographies pré-opératoire (a) et 90 jours post-opératoire (b) d'un carpe présentant un kyste sous-chondral de 8 par 5 mm au niveau de l'articulation antébrachio-carpienne (Roquet et al., 2017)*



*Figure 32 : Radiographies post chirurgicales de lésions kystiques sur 3 chevaux sur lesquels une vis transcorticale a été posée (Jackson and Fürst, 2019). A : Phalange proximale, jument de 7 ans. B : phalange moyenne, jument de 13 ans. C : Phalange distale, hongre de 11 ans.*

## Conclusion

Nous avons fait le tour des techniques chirurgicales employées dans le traitement des lésions kystiques sous-chondrales chez le cheval. Il est difficile de pointer une technique de choix, la communauté scientifique n'est pas arrivée à un consensus. Nous pouvons cependant tenter d'identifier les facteurs qui permettent au chirurgien de décider vers quelle technique se tourner.

Avant tout, un âge important est associé à un pronostic négatif dans quasiment toutes les techniques mentionnées. En effet comme nous l'avons expliqué les lésions apparaissant à un âge avancé sont des kystes acquis, vraisemblablement secondaires à une lésion traumatique, et donc peu sujets à une guérison spontanée. Les techniques étudiées qui présentent le moins de (voire aucune) différence entre les résultats observés chez les jeunes et moins jeunes chevaux, qui seront donc les plus indiquées pour un individu âgé, sont l'injection de corticoïdes intra-kystique et la pose de vis.

La morphologie du kyste s'est également révélée être décisive dans le choix de la procédure. Pour tous les kystes qui ne présentent pas d'ouverture sur l'articulation, les techniques par arthroscopie seront exclues : l'injection intra-kystique de corticoïdes et le curetage par arthroscopie. Ces méthodes présentent l'avantage de permettre une observation de la surface articulaire au niveau de la lésion, mais le curetage par arthroscopie n'épargne pas le cartilage recouvrant le kyste et peut même mener à l'élargissement de son orifice.

À l'inverse, certaines thérapies adjuvantes ne peuvent s'ajouter au débridement de la lésion que par accès transcortical : l'utilisation de phosphate tricalcique et la pose d'implant. La pose de vis ne peut également se faire que par cette voie, et l'emploi de thérapies adjuvantes, bien que réalisable, n'a pas montré d'intérêt selon Santschi et collaborateurs (2015).

Le cas de la greffe ostéochondrale autologue est particulier car elle doit être réalisée par arthrotomie. Elle peut être indiquée quelle que soit la morphologie du kyste, mais en revanche elle ne sera pas conseillée si les dimensions sont trop importantes. Étant donné que le nombre de greffons nécessaire est proportionnel à la taille du kyste, on ne peut pas se

permettre d'en prélever un trop grand nombre au niveau du site donneur au risque de créer une lésion secondaire.

Ces informations, bien qu'elles permettent réduire le nombre des procédures indiquées dans un certain nombre de cas, ne suffisent pas à établir un arbre décisionnel amenant à une technique idéale selon chaque cas. Cela vient entre autres du fait que les études sont difficiles à comparer pour de multiples raisons.

Tout d'abord la taille des échantillons étudiés ne permet pas toujours d'obtenir des chiffres stables, et les pourcentages de réussites ou d'échec de traitement ne peuvent pas être comparés d'une étude à l'autre si le nombre d'individus varie, par exemple, d'un facteur 10, ce qui est parfois le cas.

La divergence des critères de sélection des individus inclus dans l'étude (précédents traitements, expression clinique, images de la lésion...) rend elle aussi compliquée la comparaison des chiffres obtenus dans différentes études, puisque ce sont des facteurs pronostics.

Enfin, il faut se rappeler que les deux procédures chirurgicales de base que sont le débridement du kyste et la pose de vis ont donné des preuves de leur efficacité. Pour cette raison, les études cherchant à démontrer que l'addition de thérapies adjuvantes apportent une plus-value dans la rémission du cheval devraient toujours disposer d'un groupe témoin, afin de peut-être mettre en évidence une différence significative entre les chiffres obtenus avec et sans l'emploi de ces thérapies complémentaires. Or ce n'est quasiment jamais le cas.

Tous ces paramètres font qu'il est difficile d'objectiver de l'efficacité de ces procédures additionnelles, et par conséquent de justifier le coût supplémentaire associé. Cependant, cela mériterait d'être plus profondément étudié, car le résultat du traitement chirurgical des kystes sous-chondraux, bien qu'efficace, garde une marge de progression et ce particulièrement dans le cas des chevaux âgés, chez lesquels l'emploi de thérapies biologiques pourraient s'avérer capital.

## Bibliographie

Balducci, J.J., Barrett, M.F., Moorman, V.J., 2019. Surgical Treatment of an Osseous Cyst-Like Lesion in the Middle Phalanx Communicating With the Distal Interphalangeal Joint of a Horse. *J. Equine Vet. Sci.* 78, 138–143.

Bodó, G., Hangody, L., Modis, L., Hurtig, M., 2004. Autologous Osteochondral Grafting (Mosaic Arthroplasty) for Treatment of Subchondral Cystic Lesions in the Equine Stifle and Fetlock Joints. *Vet. Surg.* 33, 588–596.

Bodó, G., Hangody, L., Szabó, Z., Peham, Ch., Schinzel, M., Girtler, D., Sótonyi, P., 2000. Arthroscopic autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of subchondral cystic lesion in the medial femoral condyle in a horse. *Acta Vet. Hung.* 48, 343–354.

Bodó, G., Kaposi, A.D., Hangody, L., Tóth, J., Bakos, Z., Lukács, Z., Péntek, G., 2001. The surgical technique and the age of the horse both influence the outcome of mosaicplasty in a cadaver equine stifle model. *Acta Vet. Hung.* 49, 111–116.

Bodó, G., Vásárhelyi, G., Hangody, L., Módis, L., 2014. Mosaic arthroplasty of the medial femoral condyle in horses — An experimental study. *Acta Vet. Hung.* 62, 155–168.

Del Chicca, F., Kuemmerle, J.M., Ossent, P., Nitzl, D., Fuerst, A., Ohlerth, S., 2008. Use of computed tomography to evaluate a fracture associated with a subchondral pedal bone cyst in a horse. *Equine Vet. Educ.* 20, 515–519.

Frazer, L.L., Santschi, E.M., Fischer, K.J., 2019. Stimulation of subchondral bone cyst healing by placement of a transcondylar screw in the equine medial femoral condyle. *Vet. Surg.* 48, 1194–1203.

Fürst, A., Kaegi, B., von Rechenberg, B., Auer, J.A., 1997. The treatment of 5 horses with subchondral bone cysts of the first phalanx. *PHK* 13, 147–161.

Garcia-Lopez, J.M., Kirker-Head, C.A., 2004. Occult Subchondral Osseous Cyst-like Lesions of the Equine Tarsocrural Joint. *Vet. Surg.* 33, 557–564.

Golonka, P., Kornicka-Garbowska, K., Marycz, K., 2020. SIRT1+ Adipose Derived Mesenchymal Stromal Stem Cells (ASCs) Suspended in Alginate Hydrogel for the Treatment of Subchondral Bone Cyst in Medial Femoral Condyle in the Horse, a Clinical Report. *Stem Cell Rev. Rep.* 16, 1328–1334.

Jackson, M.A., Fürst, A.E., Auer, J.A., Stick, J.A., Kümmerle, J.M., Prange, T. (Eds.), 2019.

Equine Surgery (Fifth Edition). W.B. Saunders, pp. 1528–1542.

Jackson, M.A., Ohlerth, S., Fürst, A.E., 2019. Use of an aiming device and computed tomography for assisted debridement of subchondral cystic lesions in the limbs of horses. *Vet. Surg.* 48, O15–O24.

Jackson, M.A., Ohlerth, S., Kummer, M.R., Bettschart-Wolfensberger, R., Watson, J., Manera, C.L., Von Rechenberg, B., Auer, J.A., Fürst, A., 2012. Use of a parathyroid hormone peptide (PTH 1-34)-enriched fibrin hydrogel for the treatment of subchondral cystic lesions in 15 horses.

Jackson, W.A., Stick, J.A., S.P., A., Nickels, F.A., 2000. The Effect of Compacted Cancellous Bone Grafting on the Healing of Subchondral Bone Defects of the Medial Femoral Condyle in Horses. *Vet. Surg.* 29, 8–16.

Jeffcott, L.B., 1991. Osteochondrosis in the horse — searching for the key to pathogenesis. *Equine Vet. J.* 23, 331–338.

Kold, S.E., Hickman, J., 1986. An experimental study of the healing process of equine chondral and osteochondral defects. *Equine Vet. J.* 18, 18–24.

Mainard, D., Netter, P., 2018. Place des substituts de l'os dans les pertes de substances osseuses. *Bull. Acad. Med.* 202, 1179–1200.

McIlwraith, C.W., 2016. Subchondral Cystic Lesions. pp. 85–90.

McIlwraith, C.W., 2010. Subchondral cystic lesions in the horse — the indications, methods and results of surgery. *Equine Vet. Educ.* 2, 75–80.

Mvc, C.W., Kawcak, C., Baxter, G.M., Goodrich, L.R., Valberg, S.J., Baxter, G.M. (Ed.) 2020. Adams and Stashak's Lameness in Horses. Wiley, pp. 801–874.

Olstad, K., Østevik, L., Carlson, C.S., Ekman, S., 2015. Osteochondrosis Can Lead to Formation of Pseudocysts and True Cysts in the Subchondral Bone of Horses. *Vet. Pathol.* 52, 862–872.

Ortved, K.F., 2017. Surgical Management of Osteochondrosis in Foals. *Vet. Clin. North Am. Equine. Pract.* 33, 379–396.

Ortved, K.F., Nixon, A.J., Mohammed, H.O., Fortier, L.A., 2012. Treatment of subchondral cystic lesions of the medial femoral condyle of mature horses with growth factor enhanced chondrocyte grafts: A retrospective study of 49 cases: Chondrocyte implantation for femoral subchondral bone cysts. *Equine Vet. J.* 44, 606–613.

Ravanetti, P., Lechartier, A., Hamon, M., Zucca, E., 2021. A composite absorbable implant used to treat subchondral bone cysts in 38 horses. *Equine Vet. J.* 54, 97–105.

Ray, C.S., Baxter, G.M., McILWRAITH, C.W., Trotter, G.W., Powers, B.E., Park, R.D., Steyn, P.F., 1996. Development of subchondral cystic lesions after articular cartilage and subchondral bone damage in young horses. *Equine Vet. J.* 28, 225–232.

Roquet, I., Lane Easter, J., Coomer, R.P.C., Ezquerra, L.J., Marsh, C.A., Trostle, S.S., Santschi, E.M., 2017. Treatment of subchondral lucencies in the medial proximal radius with a bone screw in 8 horses. *Vet. Surg.* 46, 478–485.

Santschi, E.M., Juzwiak, J.S., Honnas, C., Walker, W.T., Hunter, B., Whitman, J.L., Prichard, M.A., Morehead, J.P., 2020. Management of Subchondral Lucencies of the Medial Aspect of the Equine Antebrachiocarpal Joint. *J. Equine Vet. Sci.* 94, 103266.

Santschi, E.M., Williams, J.M., Morgan, J.W., Johnson, C.R., Bertone, A.L., Juzwiak, J.S., 2015. Preliminary Investigation of the Treatment of Equine Medial Femoral Condylar Subchondral Cystic Lesions With a Transcondylar Screw: Internal Fixation of Equine Subchondral Lucencies. *Vet. Surg.* 44, 281–288.

Schön, S., Fürst, A.E., Ohlerth, S., Kircher, P.R., Roos, M., Jackson, M.A., 2017. Computed tomographic versus radiographic assessment of the visibility and features of subchondral cystic lesions in equine limbs. *PHK* 33, 256–262.

Seo, J., Kambayashi, Y., Itho, M., Haneda, S., Yamada, K., Furuoka, H., Tabata, Y., Sasaki, N., 2015. Effects of a synovial flap and gelatin/ $\beta$ -tricalcium phosphate sponges loaded with mesenchymal stem cells, bone morphogenetic protein-2, and platelet rich plasma on equine osteochondral defects. *Res. Vet. Sci.* 101, 140–143.

Smith, M.A., Walmsley, J.P., Phillips, T.J., Pichbeck, G.L., Booth, T.M., Greet, T.R.C., Richardson, D.W., Ross, M.W., Schramme, M.C., Singer, E.R., Smith, R.K., Clegg, P.D., 2005. Effect of age at presentation on outcome following arthroscopic debridement of subchondral cystic lesions of the medial femoral condyle: 85 horses (1993-2003). *Equine Vet. J.* 37, 175–180.

Story, M.R., Bramlage, L.R., 2004. Arthroscopic debridement of subchondral bone cysts in the distal phalanx of 11 horses (1994–2000). *Equine Vet. J.* 36, 356–360.

Textor, J.A., Nixon, A.J., Lumsden, J., Ducharme, N.G., 2001. Subchondral cystic lesions of the proximal extremity of the tibia in horses: 12 cases (1983-2000). *J. Am. Vet. Med. Assoc.*

218, 408–413.

Von Rechenberg, B., Guenther, H., McIlwraith, C.W., Leutenegger, C., Frisbie, D.D., Akens, M.K., Auer, J.A., 2000. Fibrous tissue of subchondral cystic lesions in horses produce local mediators and neutral metalloproteinases and cause bone resorption in vitro. *Vet. Surg.* 29, 420–429.

Wallis, T.W., Goodrich, L.R., McIlwraith, C.W., Frisbie, D.D., Hendrickson, D.A., Trotter, G.W., Baxter, G.M., Kawcak, C.E., 2008. Arthroscopic injection of corticosteroids into the fibrous tissue of subchondral cystic lesions of the medial femoral condyle in horses: a retrospective study of 52 cases (2001-2006). *Equine Vet. J.* 40, 461–467.

White, N.A., McIlwraith, C.W., Allen, D., 1988. Curettage of subchondral bone cysts in medial femoral condyles of the horse. *Equine Vet. J.* 20, 120–124.