Première implantation de la cryoablation pour le traitement du cancer du sein au Québec

Jennifer Liu[1], Gabrielle Tremblay[1], Maude Labelle[2], Damien Olivié[2], Mona El Khoury[2], Iskandar Haddad[2], Isabelle Trop[2], Erica Patocskai[3], Rami Younan[3], Kerianne Boulva[3], Ahmad Kaviani[3], Saima Hassan[3], Matthew Seidler[2]

[1]Faculté de médecine, Université de Montréal
[2]Département de radiologie, radio-oncologie et médecine nucléaire, Université de Montréal
[3]Département de chirurgie, Université de Montréal

INTRODUCTION

Épidémiologie et fardeau clinique

- **Le cancer du sein est le cancer le plus fréquemment diagnostiqué chez la femme[1]**
  - Environ 30 % de tous les nouveaux cancers diagnostiqués chaque année chez la femme sont des cancers du sein.
  - Le cancer du sein représente la deuxième cause de décès par cancer chez la femme à travers le monde.
- **Son incidence augmente de façon constante depuis 10 ans, d'environ 1 % par année[2]**
  - Une hausse plus marquée de l'incidence est observée chez les femmes de moins de 50 ans (1,4 % par année)

Traitement standard

- **La chirurgie mammaire conservatrice, suivie de radiothérapie adjuvante +/- hormonothérapie, constitue le traitement standard du cancer du sein de stade précoce**
- **Malgré son efficacité établie, le traitement standard actuel comporte plusieurs limites**
  - Complications chirurgicales : morbidité accrue en lien avec l'âge et les comorbidités, en plus de l'impact esthétique[3]
  - Fardeau de la radiothérapie : séances multiples, avec toxicités potentielles précoces et tardives pour les organes adjacents[4]

MÉCANISMES DE LA CRYOABLATION

L’effet Joule–Thomson

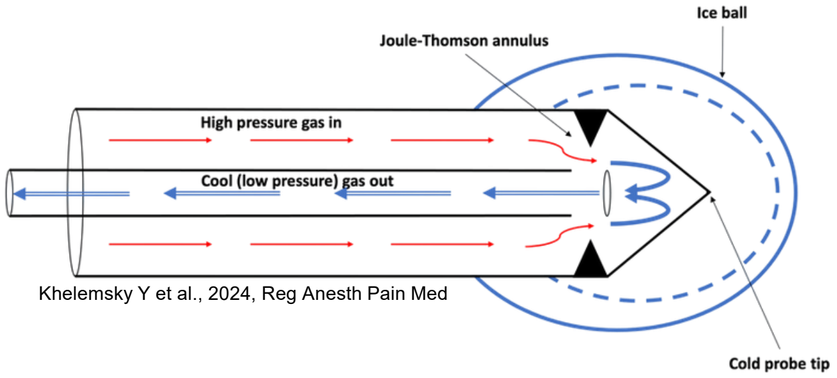
L'expansion d'un gaz à haute pression (argon ou hélium) dans la cryosonde entraîne une extraction rapide de chaleur

↓

Permet des cycles de congélation rapides (> 100 °C/min à la pointe)

↓

Formation d'une boule de glace visible à l'échographie



Khelemsky Y et al., 2024, Reg Anesth Pain Med

Double cycle de congélation

2 cycles de congélation-décongélation sous surveillance échographique, avec hydrodissection protectrice

- Cycle de congélation de 10 min
- Décongélation de 8 min entre les cycles

01 **Congélation** : la formation rapide de glace induit un stress osmotique et des lésions mécaniques des cellules tumorales

02 **Décongélation** : le gonflement cellulaire et l'atteinte vasculaire amplifient la rupture membranaire et l'ischémie

03 **Long terme** : l'inflammation et l'activation immunitaire consolident la nécrose tumorale.

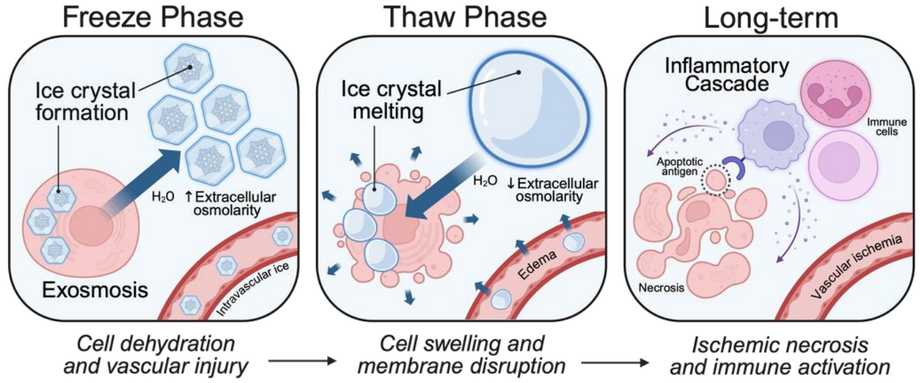


Figure 1. Mécanisme biologique de la cryoablation

TECHNIQUE PROCÉDURALE

01

Surveillance échographique en temps réel du positionnement de la sonde et de la boule de glace

Recours à l'IRM ou la TDM pour confirmer la position au besoin

03

Hydrodissection saline

Protection thermique de la peau

Boule de glace visible (isotherme 0 °C)

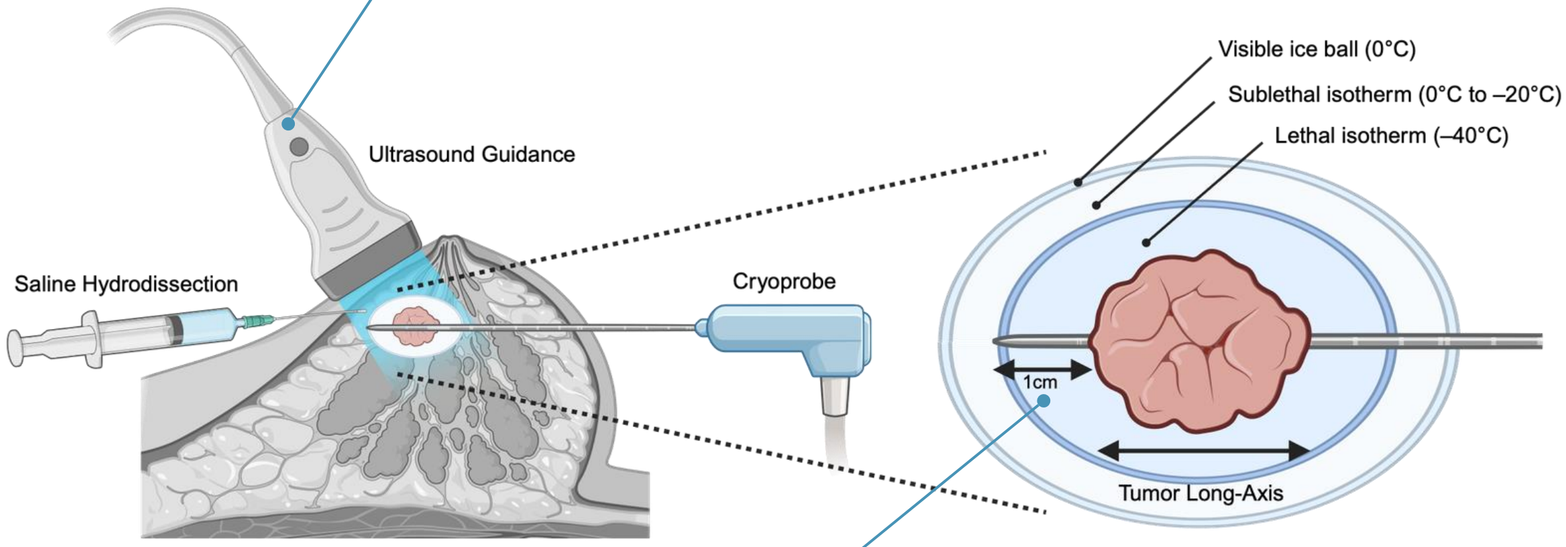
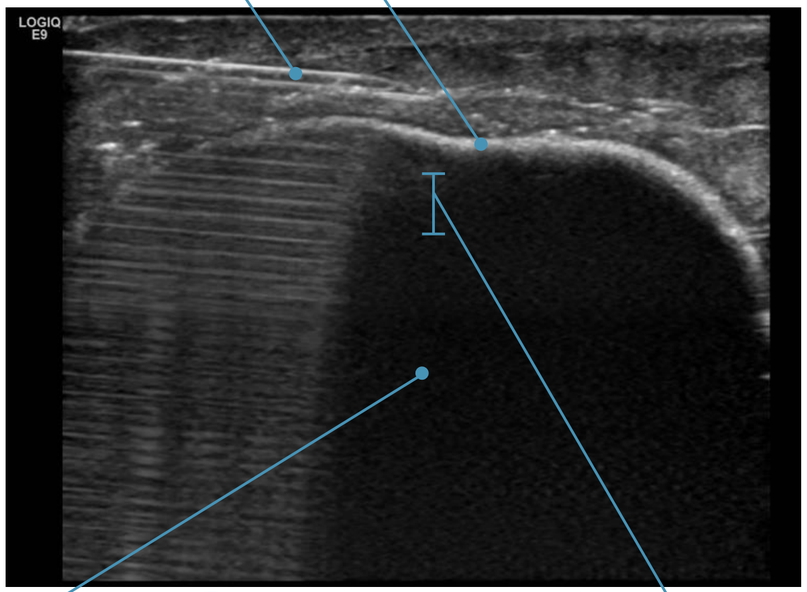


Figure 2. Schematic of ultrasound-guided cryoprobe placement and isotherm-defined zones of tumor ablation.



02

Sonde positionnée 5–10 mm au-delà de la marge tumorale pour assurer la couverture par l'isotherme létal de –40 °C

Les lésions plus volumineuses peuvent nécessiter plusieurs sondes pour une couverture complète

Isotherme létal (~ –40 °C)

Cryosonde et tumeur (masquée) centrées dans la boule de glace

Isotherme sublétal (0 °C à –20 °C)

Survie cellulaire possible

LITTÉRATURE ACTUELLE

La cryoablation mammaire suscite un intérêt croissant, avec des données surtout issues de cohortes **américaines**. L'expérience canadienne publiée demeure limitée.

Preuve de concept

- En 1985, première « **cryolumpectomie** » pour cancer du sein : preuve de concept[7].
- En 2016, l'**essai de phase II ACOSOG Z1072** a fourni la première validation prospective d'envergure, avec des taux élevés d'éradication histologique complète[8].

Ces études définissent le paysage clinique de la cryoablation mammaire, couvrant les indications curatives et palliatives.

Intention curative

Des études autonomes comme **ICE3** et **FROST** précisent les indications à visée curative.

*L'**essai ICE3** est l'étude prospective la plus robuste à ce jour.*

Intention palliative

Des usages palliatifs émergents ont été décrits dans de plus petites séries de cas par **Jean et al. (2025)** et **Huang et al. (2024)** chez des patientes atteintes d'une maladie avancée ou non chirurgicale.

INDICATION CURATIVE

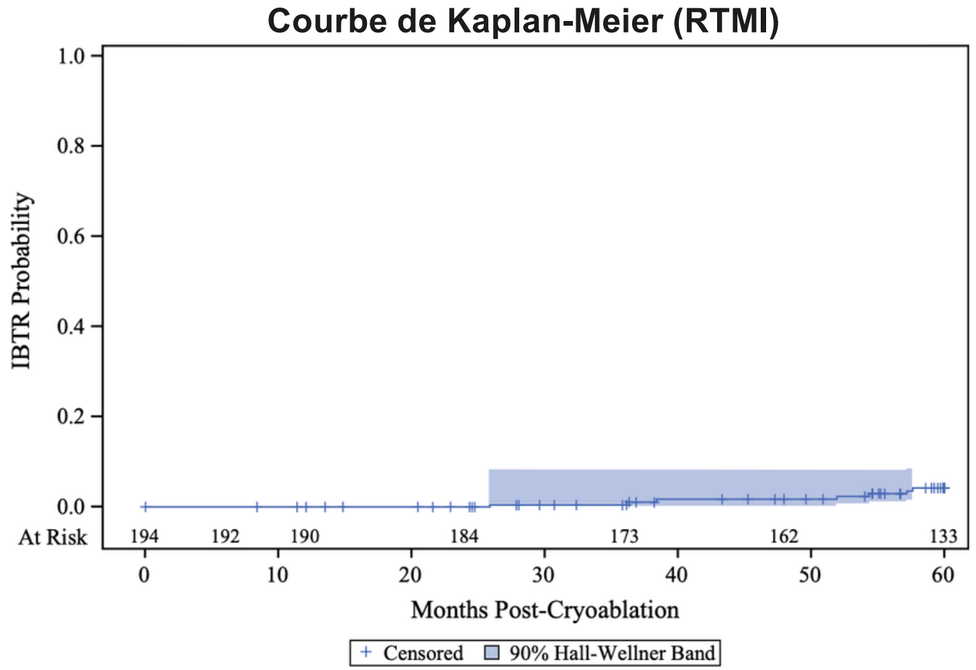
DONNÉES DE L'ESSAI ICE3

DEVIS DE L'ÉTUDE

- Essai prospectif, multicentrique, non randomisé
- Femmes **≥ 60 ans**, **cancer précoce à faible risque**
  - Unifocal**, canalaire infiltrant, ≤ 1,5 cm**
  - Aucune **métastase ganglionnaire**
  - **Grade 1–2, RE/RP+, HER2−**

RÉSULTATS CLÉS (suivi de 5 ans)

- **Récidive ipsilatérale (RTMI) : 4,3 %**
- **Survie spécifique au cancer : 96,7 %**
  - Excellents **résultats esthétiques** et **amélioration de la qualité de vie (QoL)**



Résultats clés

Résultats à 5 ans : **contrôle local durable** et **excellente survie spécifique** chez des patientes à faible risque, comparables aux stratégies de chirurgies conservatrices.

Fine RE et al., 2024, Ann Surg Oncol 31:7273–7283

INDICATION PALLIATIVE

Jean *et al.* (2025)

Population : 60 patientes (centre tertiaire)

- **17/60** patientes traitées à visée palliative
- Âge moyen **74,5 ans**; palliatives plus âgées (~80 ans)
- Si **ablation complète** ou **chirurgie** impossible

Tumeurs : multifocales/multicentriques, proches de la peau ou l'envahissant

- **Taille** : **0,3–9,0 cm (moy. ~2,7 cm)**

Huang *et al.* (2024)

Population : 29 patientes (34 lésions malignes)

- **13 / 29 patientes** (**18 lésions** traitées à visée palliative)
- Âge médian **77 ans**
- Palliatif si **critères curatifs non remplis**

Tumeurs : multifocales, chirurgie ou radiothérapie antérieure, métastases

- **Taille** : **0,6–6,0 cm (médiane ~1,3 cm)**
- **Biologie variée** : incluant des cancers **RE+** et **triple négatifs**

Résultats clés

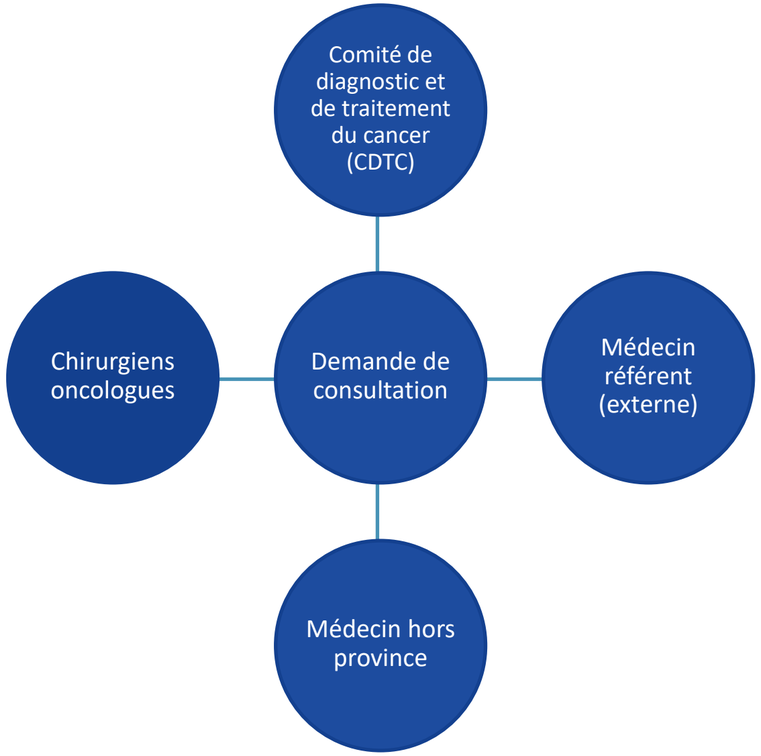
Dans les cohortes récentes, la **cryoablation** procure un **soulagement symptomatique** et un **contrôle tumoral local** chez les patientes **âgées** ou **non chirurgicales**

MÉTHODOLOGIE INSTITUTIONNELLE

Série de cas rétrospective; données recueillies sur l'**évaluation préprocédurale**, les **paramètres techniques** et le **suivi longitudinal**.

01

Les patientes font l'objet d'une évaluation multidisciplinaire pour déterminer leur admissibilité à la cryoablation.



02

Bilan préopératoire

Bilan sanguin dans les 2 semaines

TDM thoracique (sans contraste) pour l'évaluation des **comorbidités**

Échographie mammaire pour évaluer la **taille tumorale**, la **distance à la peau** et la **proximité de la paroi thoracique**

Mammographie ou **IRM** additionnelle au besoin

Évaluation initiale en personne → Suivi téléphonique (2 semaines) → Planification de la procédure → Procédure de cryoablation → Suivi téléphonique post-procédure (24-48 h)

MÉTHODOLOGIE INSTITUTIONNELLE

Le **processus institutionnel** et l'**évolution post-traitement** ont été analysés pour caractériser l'implantation de la cryoablation mammaire.

Les paramètres procéduraux et les données de suivi longitudinal ont été recueillis pour caractériser l'approche technique et évaluer les résultats du traitement.

03

Procédure

Modalité de **guidage par imagerie**

Configuration des sondes et **paramètres**

Congélation-décongélation et **nombre de cycles**

Anesthésie et **surveillance** des **complications à court terme**

04

Protocole de suivi

Imagerie à 1, 6, 12 mois, puis annuellement

Évaluation clinique des **complications à long terme**

Issues d'intérêt

Indication curative

- **Récidive locale** et **classification BI-RADS** au suivi

Indication palliative

- **Réduction tumorale**, **soulagement** et **contrôle local**



RÉSULTATS INSTITUTIONNELS

Aperçu de la cohorte

Âge moyen : 83,6 ans (*68–91*)
Population âgée, non candidate à la chirurgie

Comorbidités importantes : 6/10
Contre-indication à l'anesthésie/chirurgie

Antécédent de cancer du sein : 2/10
Cryoablation d'une récidive ipsilatérale

Anatomie

Distance à la peau : 0,7 cm (*0–1,7 cm*)
Hydrodissection si lésion superficielle

Distance à la paroi : 0,8 cm (0–1,7 cm)
Marge postérieure parfois limitée

Distance du mamelon : 3,4 cm (1–8 cm)

Tumeurs

Taille moyenne : 1,7 ± 1,3 cm (*0,5–5,1 cm*)

- *Majorité ≤ 1,8 cm (critères ICE3)*
- *Lésions jusqu'à 5,1 cm : visée palliative*

Curatif (*n* = 7)

- Taille tumorale ≤ 1,8 cm
- Majoritairement RH+/HER2–
- Majorité de grade I–II
- Aucune atteinte cutanée

Biologie et taille conformes à ICE3

Palliatif (*n* = 3)

- Tumeurs de 3,0–5,1 cm
- Atteinte cutanée ou multicentrique
- 1 cas triple négatif

Réduction tumorale et contrôle des symptômes

TABLE I. Characteristics of Study Cohort

Characteristics	Value / Count
Population characteristics	
Age – mean (SD)	83.6 (7.4)
Female – no.	10
Significant comorbidities precluding surgery – no.	6
Previous breast cancer history – no.	2
Breast Density – no.	
ACR-B	4
ACR-C	5
ACR-D	1
Tumor characteristics	
Affected breast – no.	
Right	3
Left	7
Quadrant – no.	
Upper–Outer	1
Upper–Inner	2
Lower–Inner	1
Upper quadrants junction	3
Lower quadrants junction	1
Outer quadrants junction	2
Size – mean (SD), cm	1.7 (1.3)
Distance from the skin – mean (SD), cm	0.7 (0.5)
Distance from the nipple – mean (SD), cm	3.4 (2.5)
Distance from the chest wall – mean (SD), cm	0.8 (0.5)
Pathology – no.	
IDC without DCIS	8
IDC with DCIS	2
Histologic grade – no. (available for 9 patients)	
I	2
II	6
III	1
Hormonal receptor status – no. (available for 9 patients)	
ER/PR +	8
ER/PR –	1
HER2 status – no. (available for 9 patients)	
HER2 +	0
HER2 – 1	9

Abbreviations: SD, standard deviation; IDC, invasive ductal carcinoma; DCIS, ductal carcinoma in situ; ER, estrogen receptor; PR, progesterone receptor; HER2, human epidermal growth factor receptor 2.

RÉSULTATS INSTITUTIONNELS

Paramètres procéduraux

Guidage par imagerie

- Échographie seule : 5
- Échographie + confirmation par TDM : 5

Cryosondes (19 au total)

- 1 à 4 sondes (14–17G) par procédure
  - *Surtout 1–2 sondes*

Cycles de cryoablation

- Standard : 2 cycles de congélation de 10 min
  - Dégel actif 5 min + passif 5 min
  - Cycle unique réduit si atteinte cutanée (palliatif)

Issues d'intérêt

Curatif (*n* = 7)

- Aucune récidive locale au suivi
- Succès dans tous les cas

  Succès technique en imagerie : BI-RADS 6 → BI-RADS 2

- Aucune complication tardive

Palliatif (*n* = 3)

- Réduction tumorale significative obtenue
- Contrôle local et symptomatique efficace

  1 progression : composante dermique non traitée

TABLE II. Characteristics of Cryoablation Procedure in Study Cohort

Characteristics	Number
Cryoablation Intent	
Palliative	3
Curative	7
Guiding Modality	
Ultrasound	5
Ultrasound + Scan	5
Number of Cryoprobes (n = 19)	
1	4
2	4
3	1
4	1
Types of Cryoprobes used	
IceForce	4
IceRod	5
IceSphere	10
Number of Cryoablation Cycles	
1	2
2	8
Short-term Complications	
Major Complications	0
Minor Complications	3
Long-term Complications	
Major Complications	0
Minor Complications	0

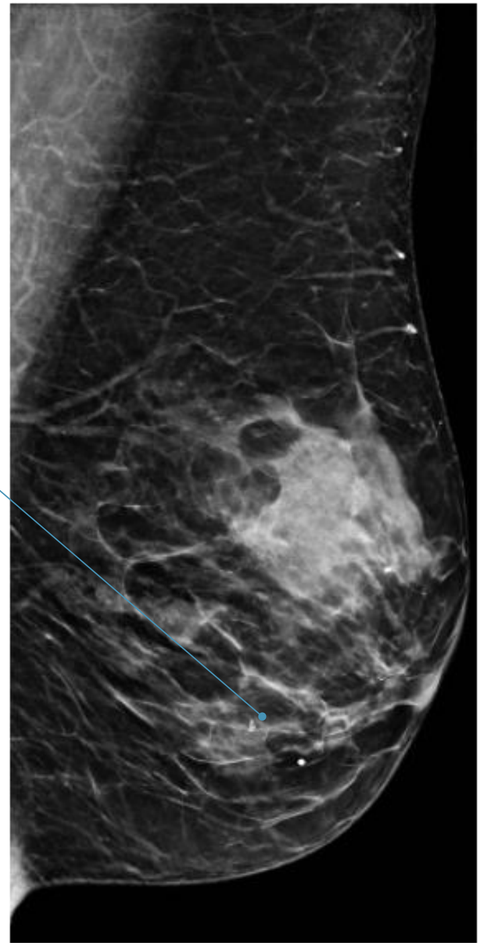
CAS CURATIF (PRÉ-INTERVENTION)

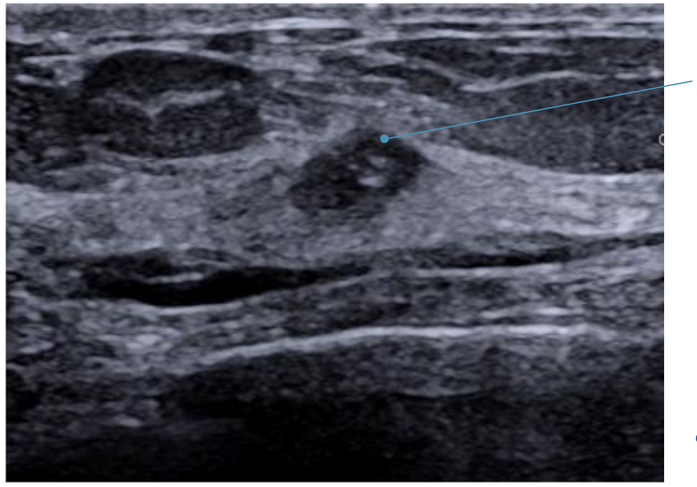
Femme de 90 ans : CCI du sein gauche prouvé par biopsie, grade II, RE/RP+, HER2−.

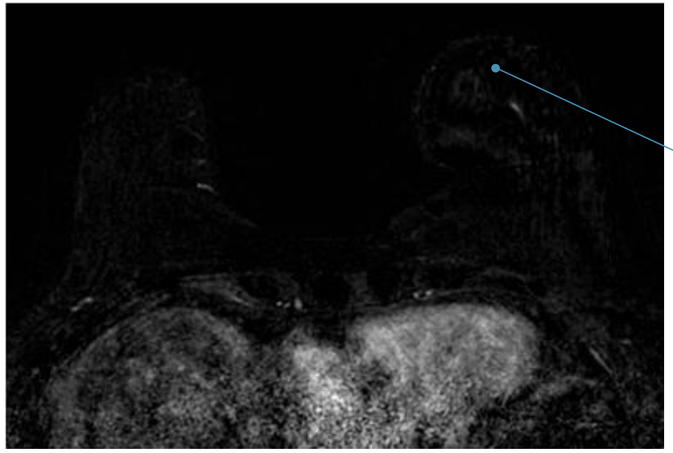
La patiente a été référée par son chirurgien en raison de son âge avancé. Après consultation multidisciplinaire, elle a opté pour la cryoablation mammaire plutôt que la chirurgie.

01

La mammographie montrait une asymétrie focale dans le quadrant inférieur du sein gauche, centrée sur le clip de biopsie.







02

L'échographie démontre une masse hypoéchogène à contours irréguliers avec une **subtile extension contiguë.**

Une imagerie additionnelle *a été demandée pour définir l'****étendue tumorale*** *et* ***le grand axe*** *afin d'assurer une couverture complète par la boule de glace lors de la procédure.*

03

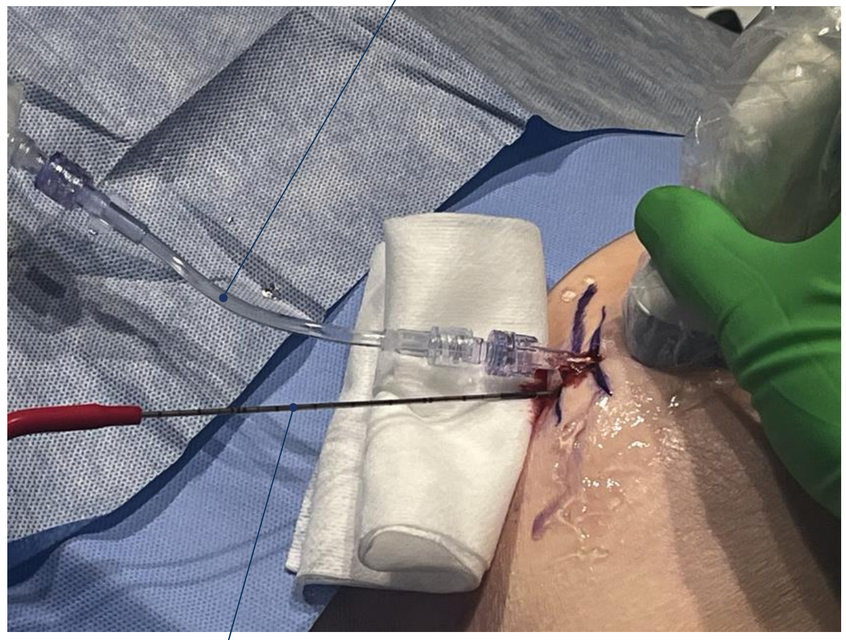
L'IRM avec contraste a confirmé un **rehaussement linéaire sans effet de masse**, compatible avec une extension tumorale.

CAS CURATIF (PROCÉDURE DE CRYOABLATION)

La cryoablation a été réalisée sous anesthésie locale seule, sans sédation consciente.

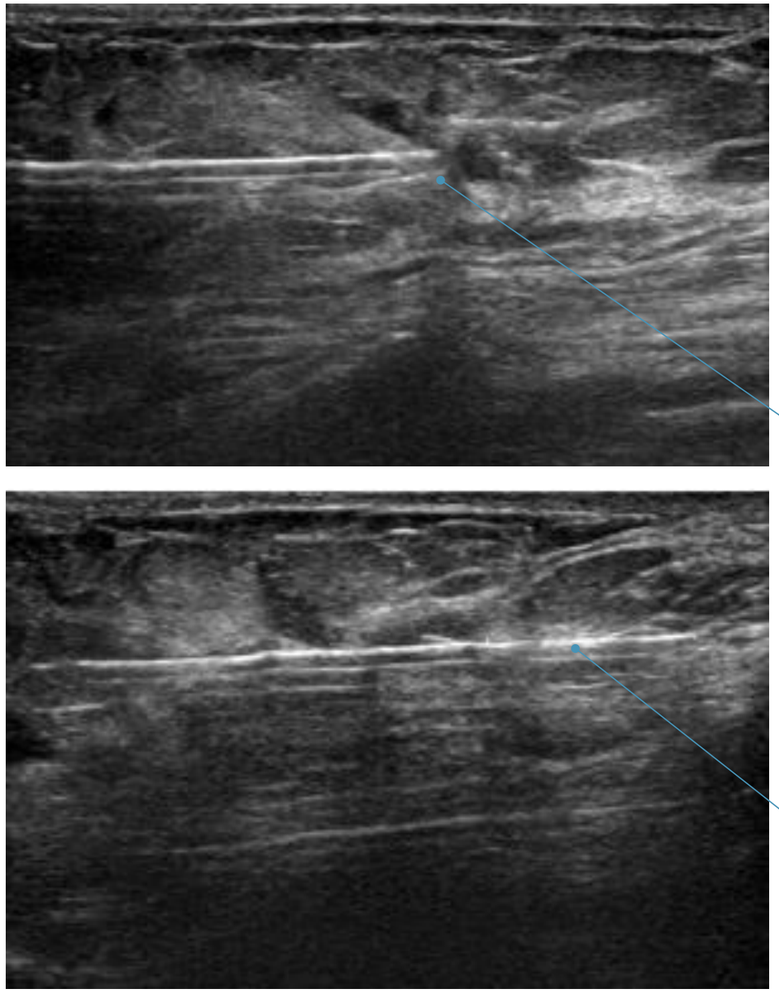
Hydrodissection saline

Protection thermique de la peau



Sonde de cryoablation

Aiguille 17G



Le positionnement de la cryosonde a été planifié et réalisé sous guidage échographique.

01

La pointe de la cryosonde est positionnée au contact de la lésion selon son **grand axe** avant l'avancement.

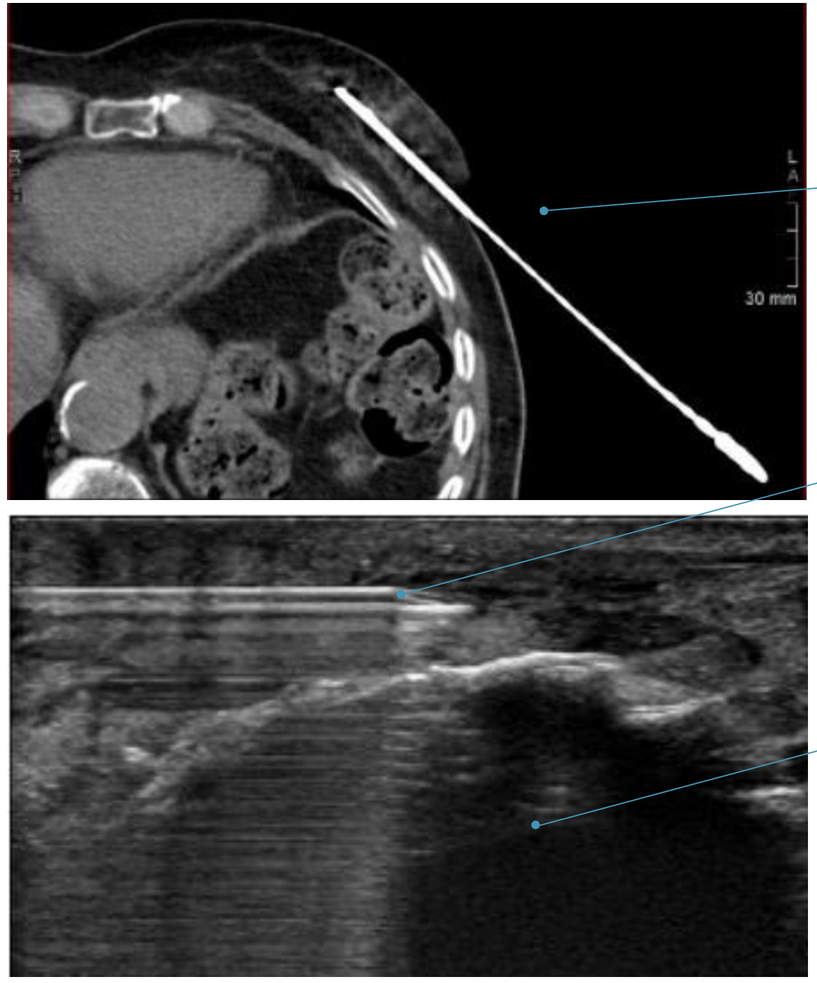
02

La sonde dépasse la marge tumorale distale d'**environ 1 cm** (mesuré) pour une couverture complète par la boule de glace.

CAS CURATIF (PROCÉDURE DE CRYOABLATION)

La patiente a reçu un protocole de double congélation-décongélation à visée curative.

La patiente a été surveillée pendant 3 heures après la procédure, puis a reçu son congé.



03

L'image TDM confirme le bon positionnement de la sonde avant les cycles de cryoablation.

L'hydrodissection *(18G) au salin augmente la séparation entre la tumeur et la peau pour la protection thermique.*

04

L'échographie démontre la formation progressive de la boule de glace, assurant une couverture tumorale complète pendant un cycle de congélation.

*Un **gant de salin chaud** protège la peau **pendant le cycle de congélation**.*

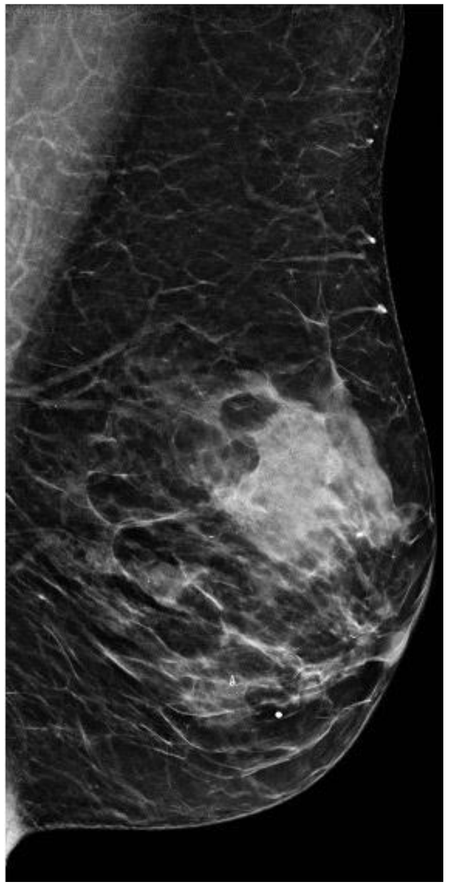
05



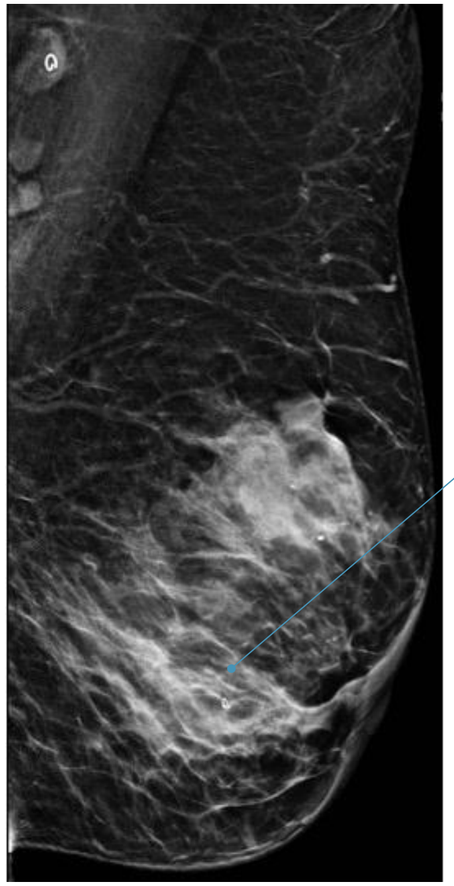
CAS CURATIF (SUIVI)

Le suivi à un mois a confirmé une ablation complète avec reclassification BI-RADS 6 → BI-RADS 2

Une surveillance en imagerie est aussi effectuée 6 mois et 1 an après la cryoablation.



Pré-intervention



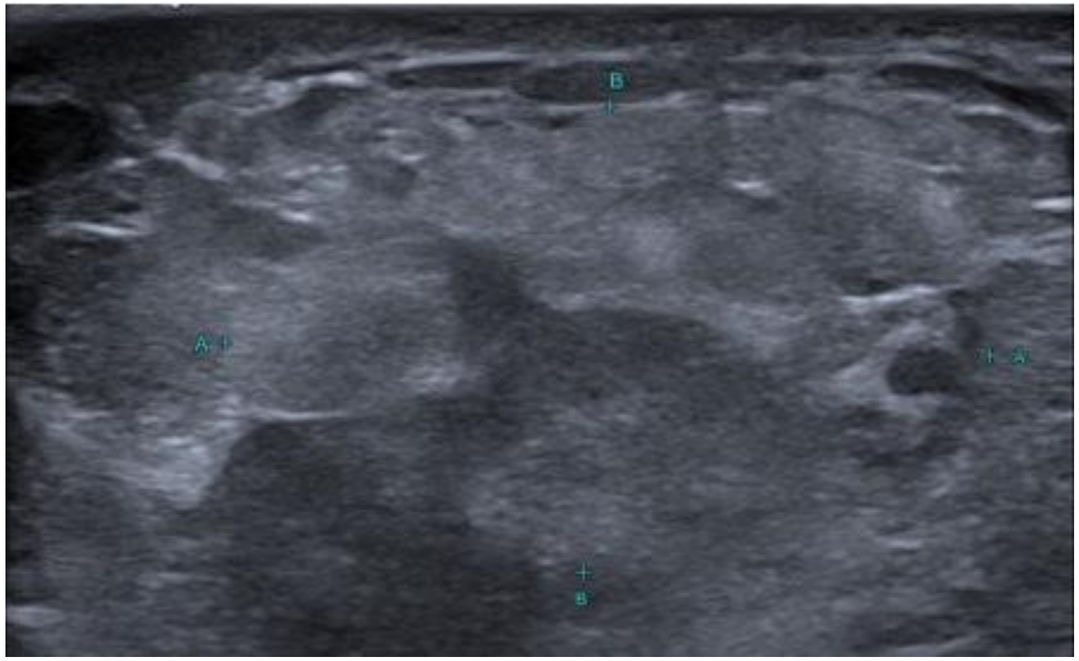
Suivi à 1 mois

01

La **mammographie** de suivi à un mois démontre une zone de nécrose centrée sur le clip de biopsie, compatible avec des changements post-ablation.

02

L'**échographie** de suivi : zone isoéchogène de 32 × 20 mm (zone de nécrose post-ablation).

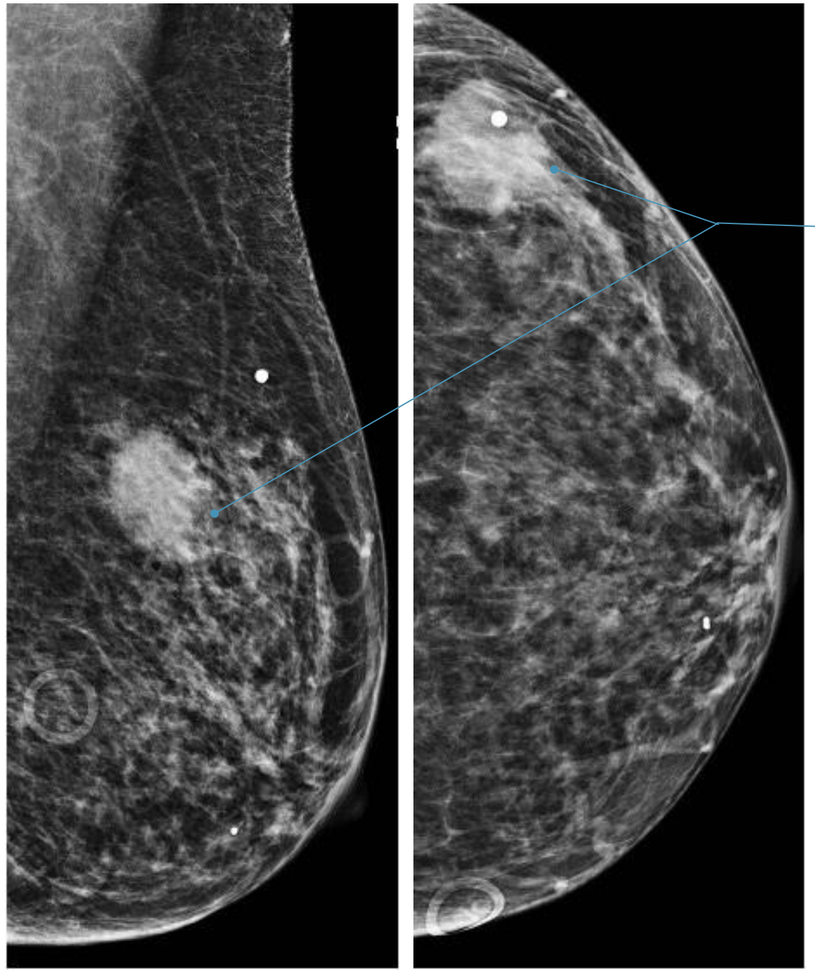


Fin du **cas curatif*

CAS PALLIATIF (PRÉ-INTERVENTION)

Femme de 91 ans : CCI triple négatif de grade III, palpable, au sein gauche.

Antécédents notables : hypertension, diabète, ostéoporose et trouble cognitif léger.

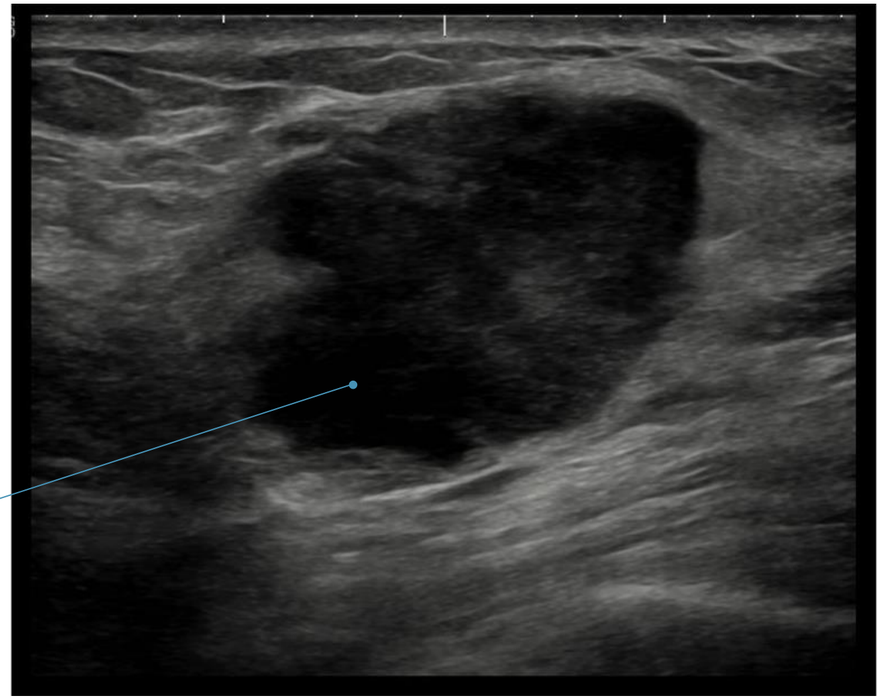


01

La mammographie initiale (incidences CC et MLO) démontrait une masse irrégulière dans le quadrant supéro-externe du sein gauche.

02

L'échographie mammaire ciblée a confirmé une masse concordante de 2 cm à proximité de la peau.



La patiente a refusé la chirurgie, la chimiothérapie et la radiothérapie

CAS PALLIATIF (PRÉ-INTERVENTION)

Six mois plus tard : progression tumorale avec nouvelle atteinte cutanée.

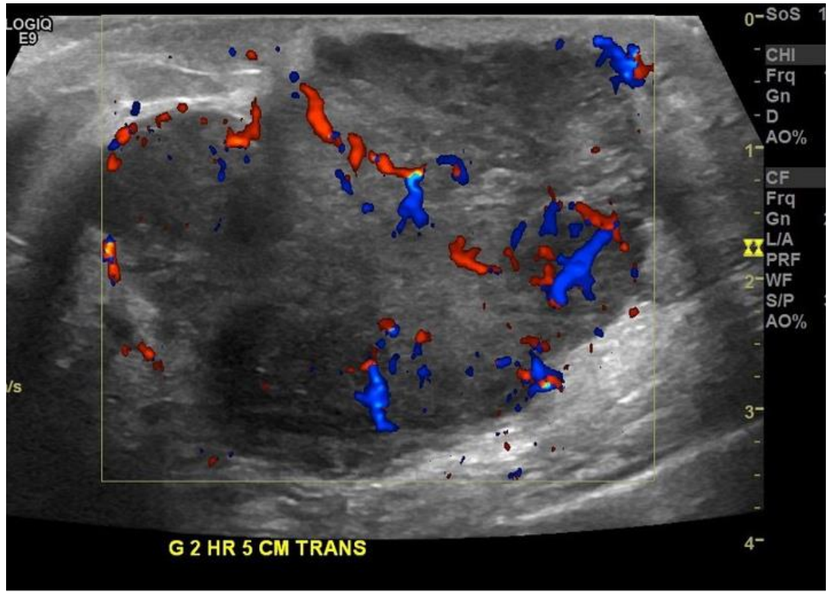
03

L'**échographie** de suivi démontre une croissance de la masse hypoéchogène irrégulière à 5,1 cm.



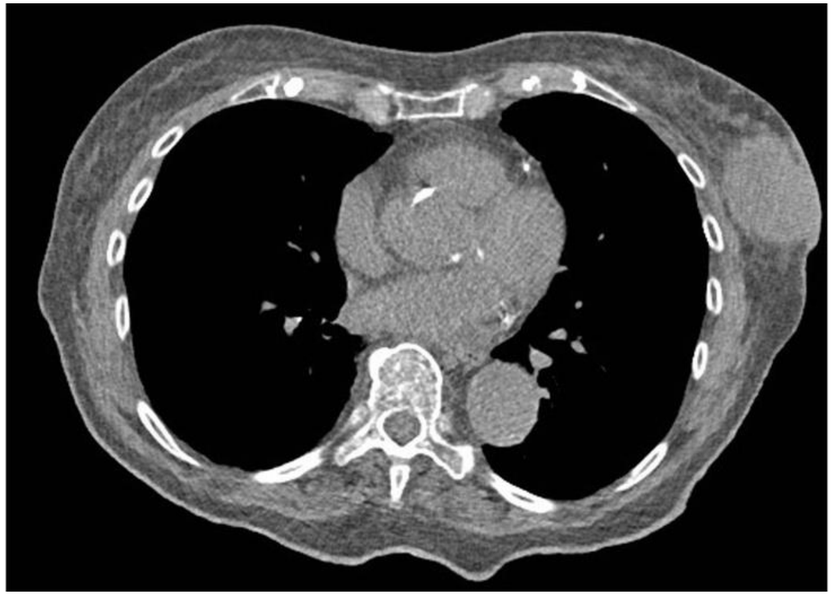
04

L'échographie Doppler montre une vascularisation interne accrue.



05

L'image TDM confirme la progression tumorale avec envahissement cutané.



CAS PALLIATIF (PROCÉDURE DE CRYOABLATION)

La cryoablation a été réalisée avec quatre cryosondes pour obtenir une couverture tumorale adéquate.

La procédure a été réalisée sous anesthésie locale avec sédation consciente légère.

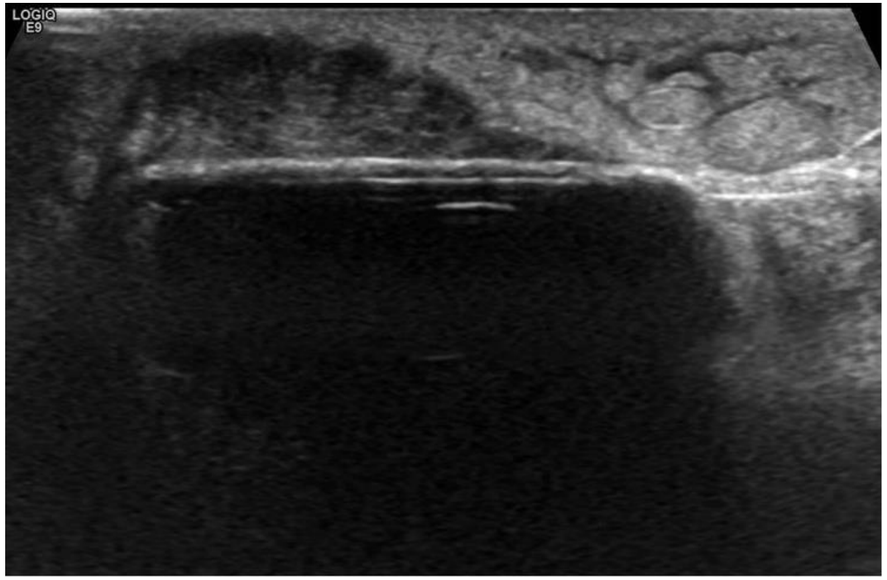
01

Vue échographique sagittale démontrant la formation précoce de boules de glace chevauchantes à partir de **trois cryosondes 14G**.



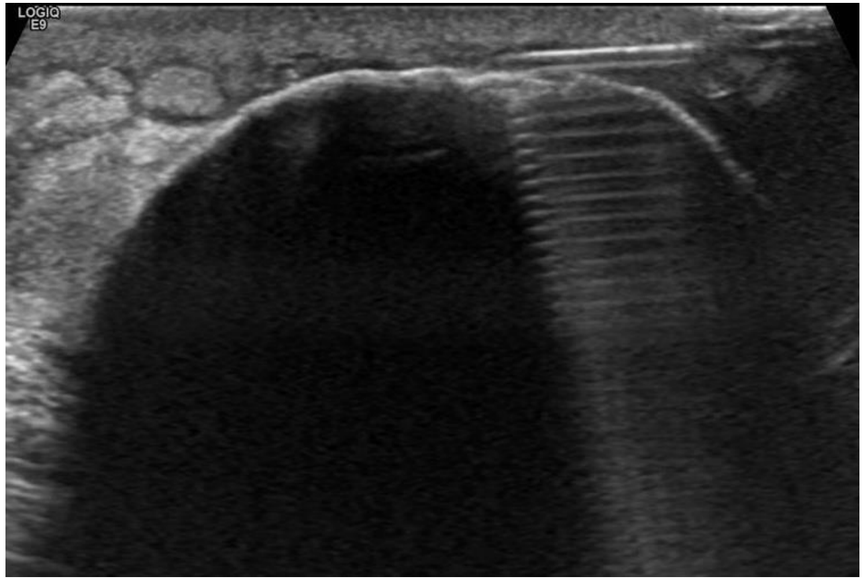
02

Vue échographique longitudinale de la **quatrième cryosonde 17G**, positionnée perpendiculairement à l'axe de la sonde principale.



03

Formation de la boule de glace avec **hydrodissection intensive** pour la protection en raison de la proximité de la peau**.**



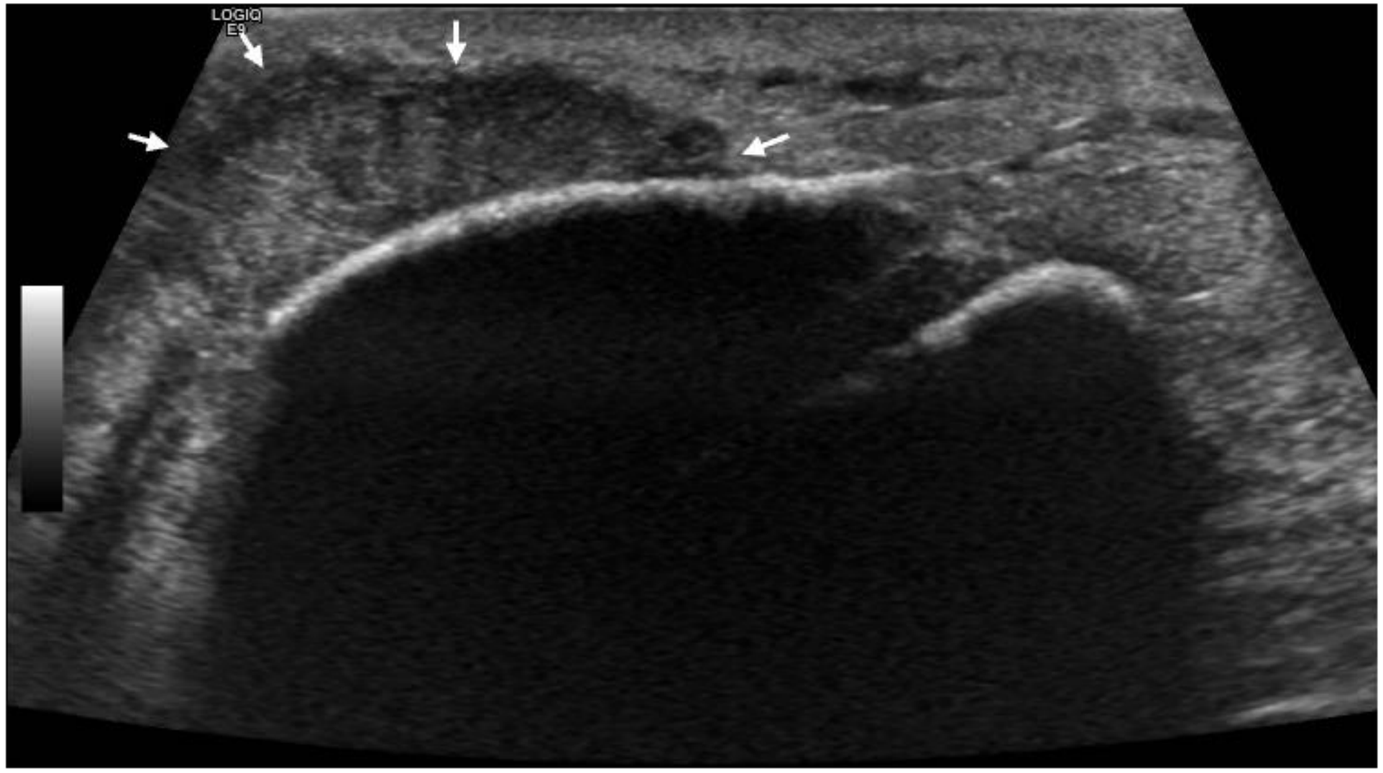
CAS PALLIATIF (PROCÉDURE DE CRYOABLATION)

Cycle unique de congélation-décongélation à intensité réduite (85 %) vu l’infiltration cutanée.

L'ablation tumorale complète n'était pas réalisable en raison de l'atteinte dermique de la lésion.

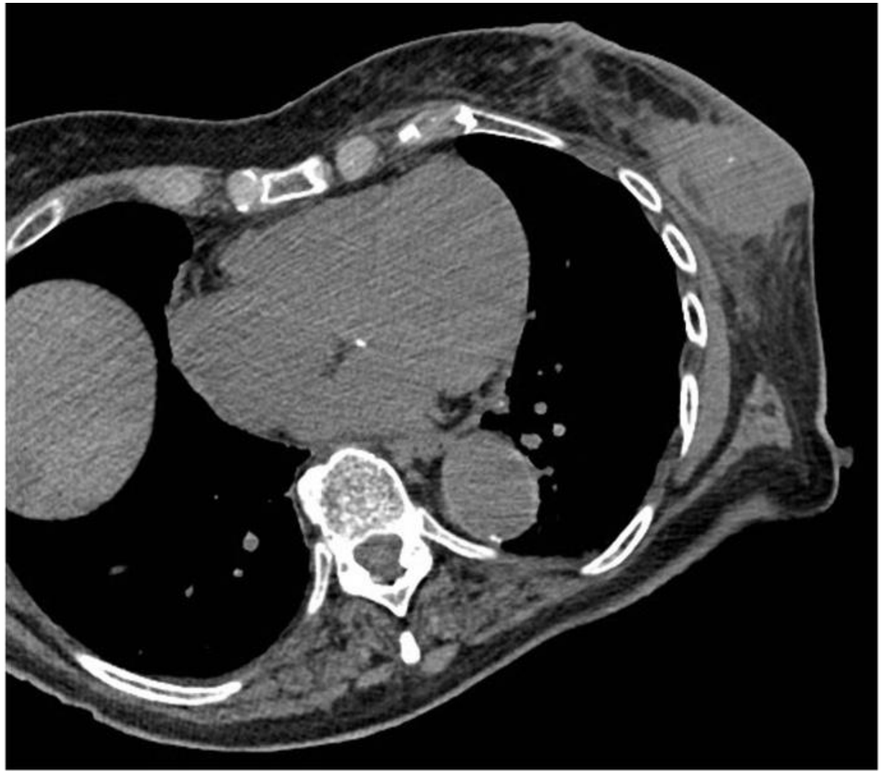
04

Échographie post-cycle : couverture incomplète par la boule de glace (flèches blanches) près de la peau.



05

La TDM axiale obtenue après la cryoablation démontre la zone post-ablation dans le sein gauche.



CAS PALLIATIF (SUIVI)

La mammographie avec contraste à un mois démontre une dévascularisation avec un rehaussement résiduel superficiel.

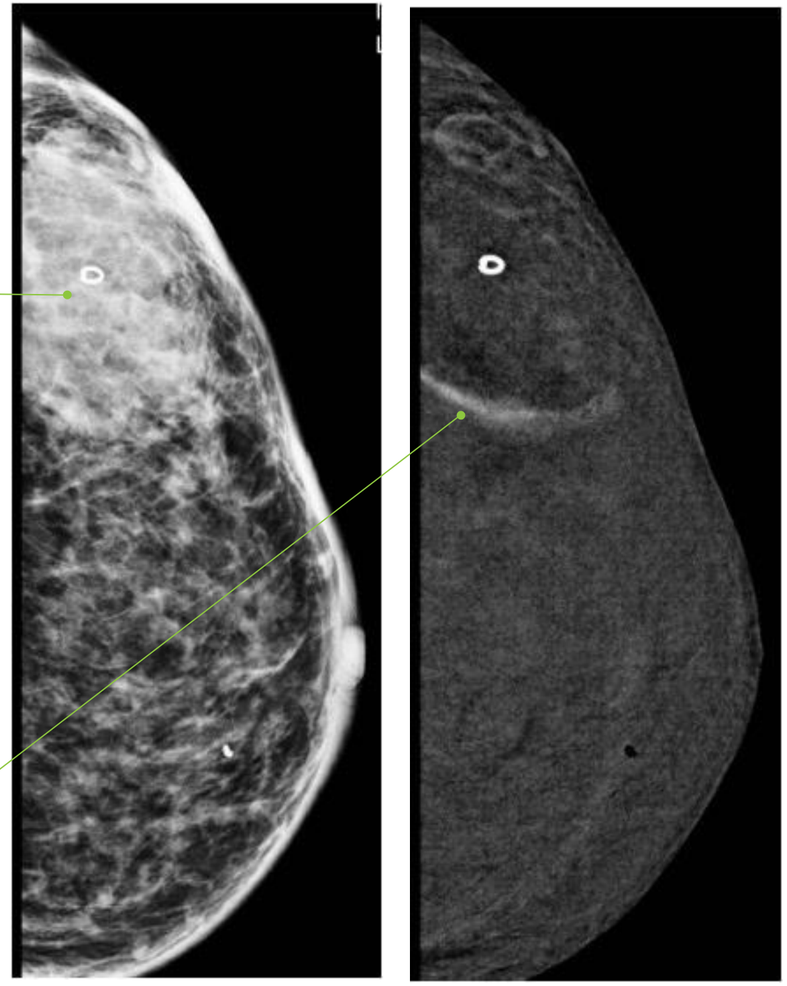
Réduction tumorale locale et prévention potentielle des complications liées à la croissance tumorale.

01

La **mammographie conventionnelle** de suivi démontre les changements post-ablation attendus, limitant l'évaluation fiable d'une tumeur résiduelle.

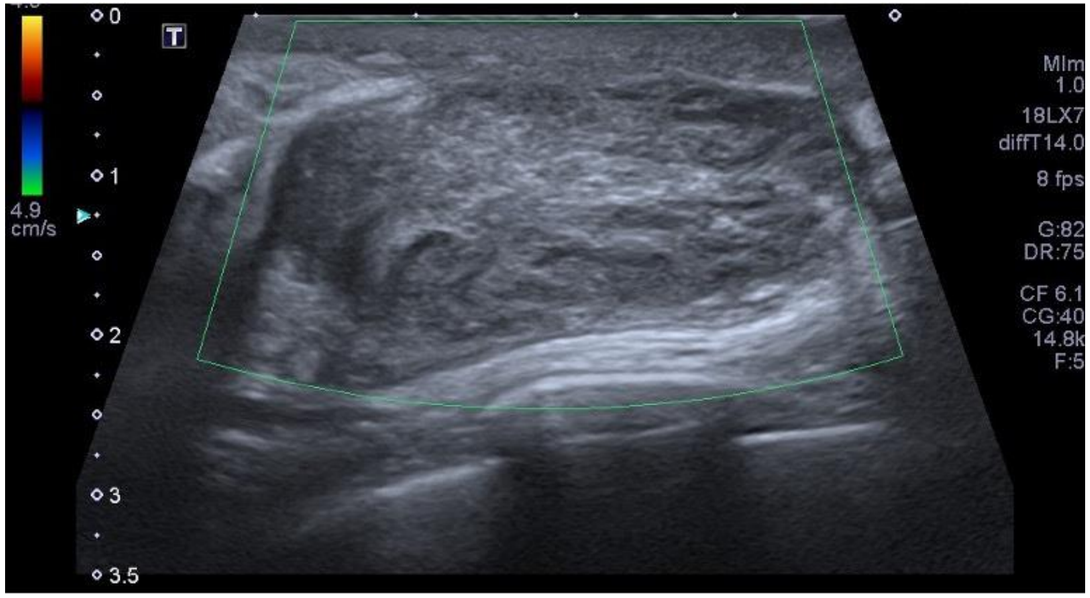
02

La mammographie avec contraste révèle une tumeur résiduelle rehaussante s'étendant jusqu'à la surface dermique



03

L'échographie à un mois montre l'absence de vascularisation résiduelle dans la tumeur traitée.



CAS PALLIATIF (SUIVI)

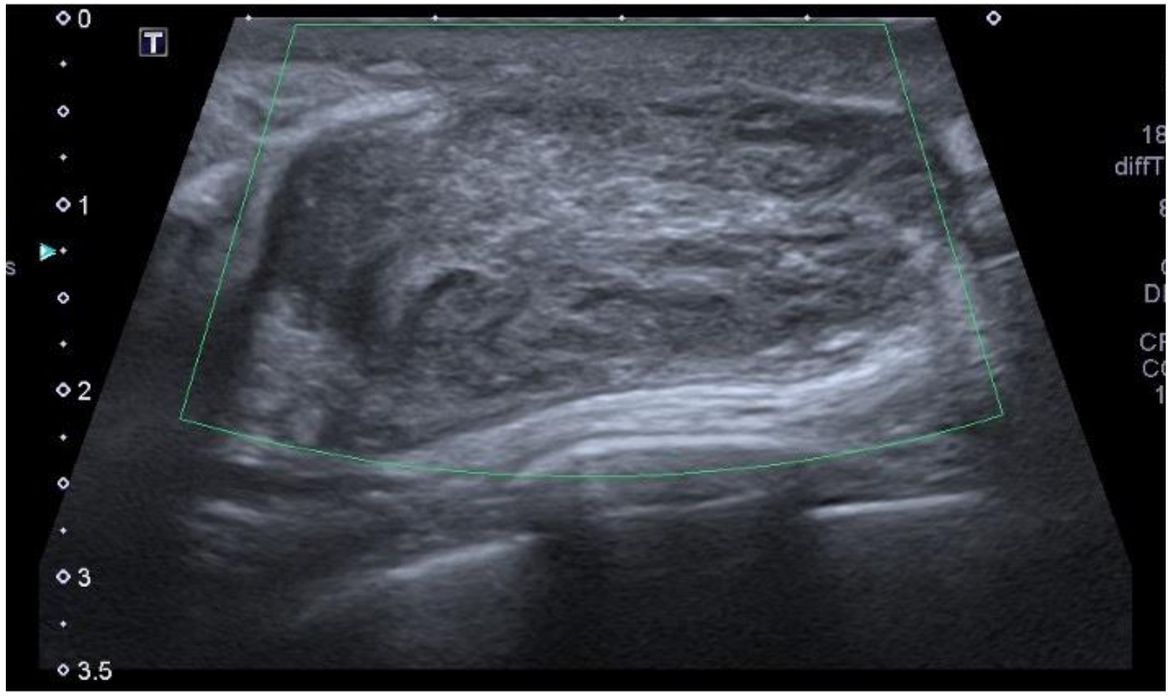
Cinq mois après l'ablation : érythème mammaire progressif et nouvelle anomalie palpable.

Les trouvailles étaient compatibles avec une progression de la composante superficielle non traitée.

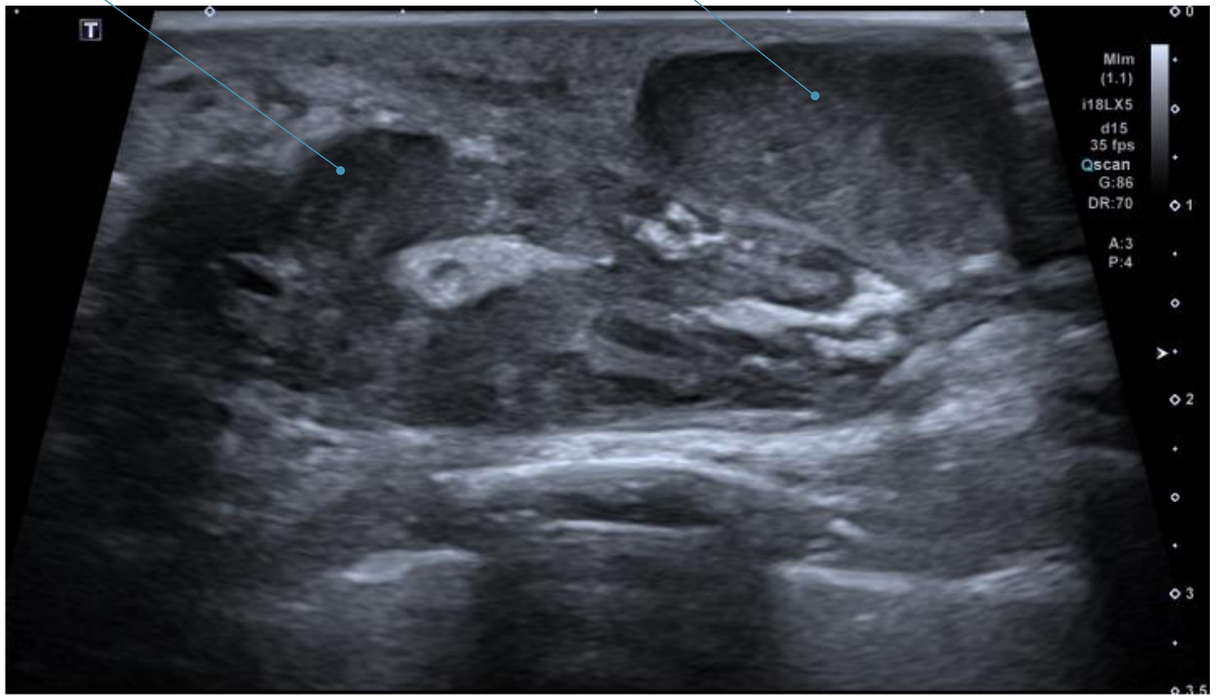
04

L'échographie démontre la cavité post-ablation correspondant à la zone traitée.

Progression de la **composante dermique non traitée**, mesurant maintenant 2,3 cm.



Suivi à un mois



Suivi à cinq mois

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Notre expérience institutionnelle démontre que la cryoablation mammaire est techniquement faisable et sécuritaire dans un centre universitaire canadien, pour une population soigneusement sélectionnée, en contexte curatif et palliatif.

Ces résultats s'ajoutent aux données croissantes appuyant le rôle clinique de la cryoablation mammaire.

D'autres données sont nécessaires pour définir la place de la cryoablation mammaire dans l'algorithme thérapeutique actuel par rapport au traitement standard.

- Des protocoles d'imagerie standardisés sont nécessaires pour la surveillance post-cryoablation.
- Des études plus larges sont requises pour évaluer l'efficacité dans des populations diversifiées.
- D'autres recherches sont nécessaires pour explorer les effets synergiques possibles de la cryoablation combinée à l'immunothérapie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Siegel RL, Miller KD, Wagle NS, Jemal A. Cancer statistics, 2023. CA Cancer J Clin. 2023;73:17–48.
2. Giaquinto AN, Sung H, Miller KD, et al. Breast cancer statistics, 2024. CA Cancer J Clin. 2024;74:477–495.
3. Macdonald L, Bruce J, Scott NW, et al. Long-term morbidity after breast cancer treatment: a systematic review. Breast Cancer Res Treat. 2014;144:45–58.
4. Haviland JS, Owen JR, Dewar JA, et al. The UK START trials of radiotherapy hypofractionation for early breast cancer. Lancet Oncol. 2013;14:1086–1094.
5. Khelemsky Y, Noto CJ, et al. Cryoneurolysis and cryoablation: mechanisms and emerging clinical applications. Reg Anesth Pain Med. 2024.
6. Erinjeri JP, Clark TW. Cryoablation: mechanism of action and devices. J Vasc Interv Radiol. 2010;21(8 Suppl):S187–S191.
7. Rand RW, Rand RP, Eggerding FA, et al. Cryolumpectomy for breast cancer: an experimental study. Cryobiology. 1985;22:307–318.
8. Simmons RM, Ballman KV, Cox C, et al. ACOSOG Z1072: cryoablation for invasive breast carcinoma. Ann Surg Oncol. 2016;23:2438–2445.
9. Fine RE, Gilmore RC, Dietz JR, et al. Five-year outcomes of the ICE3 trial for early-stage breast cancer cryoablation. Ann Surg Oncol. 2024;31:7273–7283.
10. Jean J, Jochelson MS, Moo TA, Solomon SB, Bryce Y. Breast cancer recurrence after cryoablation in patients who are poor surgical candidates or who refuse surgery. J Vasc Interv Radiol. 2025;36(6):971–978.
11. Huang ML, Lane DL, Chang Sen LQ, et al. Defining breast cryoablation treatment success: a guide for the curative and palliative treatment of breast cancer. Acad Radiol. 2024;31(12):4759.

Les figures 1 et 2 ont été créées avec BioRender. Les droits de publication et de licence ont été obtenus conformément à la licence académique de BioRender.

Merci de votre intérêt!

Coordonnées

Jennifer Liu, étudiante MD-M.Sc. *: jennifer.liu.1@umontreal.ca*

Gabrielle Tremblay, MD *: gabrielle.tremblay@umontreal.ca*

Matthew Seidler, MDCM, FRCPC *: matthew.seidler.med@ssss.gouv.qc.ca*