

COMMENT J'EXPLORE...

L'ANGIOMAMMOGRAPHIE, UNE NOUVELLE TECHNIQUE D'IMAGERIE MAMMAIRE DISPONIBLE POUR LA MISE AU POINT DES CANCERS DU SEIN

DUMORTIER A (1), LIFRANGE E (2), DANTHINE D (2)

RÉSUMÉ : La mise au point des cancers du sein repose à l'heure actuelle sur le couple mammographie et échographie et/ou l'imagerie par résonance magnétique (IRM) en fonction des caractéristiques de la patiente, d'une part, et de la maladie, d'autre part. L'accès limité à l'IRM, ses contre-indications et son coût élevé n'en font toutefois pas une modalité de première intention. C'est dans ce cadre que l'angiomammographie a vu le jour. Cette technique innovante couple l'imagerie mammaire aux rayons X à l'administration intraveineuse d'un produit de contraste iodé fournissant des informations à la fois morphologiques et fonctionnelles sur la perfusion tumorale. Dans cet article, nous présentons cette technique d'imagerie, ses indications, ses avantages, ses inconvénients et ses limites ainsi que son positionnement actuel et à venir.

MOTS-CLÉS : Angiomammographie - Cancer du sein - Diagnostic - Imagerie médicale - IRM

ANGIOMAMMOGRAPHY, A NEW BREAST IMAGING TECHNIQUE AVAILABLE IN THE DIAGNOSIS MANAGEMENT OF BREAST CANCERS

SUMMARY : Breast cancer diagnosis is currently based on the combination of mammography and ultrasound and/or magnetic resonance imaging (MRI) depending on the characteristics of the patient, on the one hand, and the disease, on the other hand. However, limited access to MRI, its contraindications and its high cost do not make it as a modality of first choice. It is in this context that angiomammography was developed. This innovative technique combines breast X-ray imaging with intravenous administration of an iodinated contrast agent providing morphological and functional information on tumour perfusion. In this article, we present this imaging technique, its indications, advantages, disadvantages and limitations as well as its current and future positioning.

KEYWORDS : Angiomammography - Breast cancer - Diagnosis - Medical Imaging - MRI

INTRODUCTION

Le cancer du sein est le premier cancer en termes d'incidence chez la femme en Belgique, avec un peu plus de 11.000 nouveaux cas répertoriés en 2022 (1). Depuis le début des années 2000 (2), une prévention secondaire par dépistage est encouragée : dépistage organisé et dépistage personnalisé. Le premier est proposé systématiquement tous les deux ans à toutes les femmes âgées entre 50 et 69 ans sur convocation. Il consiste en la réalisation de clichés mammographiques en deux incidences sur chaque sein (Mammotest), lus de manière indépendante par deux médecins sénologues (radiologues). Le second s'adresse à toute patiente présentant un symptôme ou chez qui un médecin (généraliste ou gynécologue) juge qu'il serait opportun de réaliser un dépistage sur base individuelle. Ce dernier consiste en une consultation chez le médecin sénologue alliant une anamnèse à la recherche de facteurs de haut risque, un examen clinique associant inspection et palpation, une mammographie et éventuellement une échographie.

À l'heure actuelle en Wallonie, le dépistage organisé représente environ 5 % tandis que le dépistage personnalisé représente 50 %. Environ 55 % de la population féminine bénéficient donc d'un examen de dépistage (2).

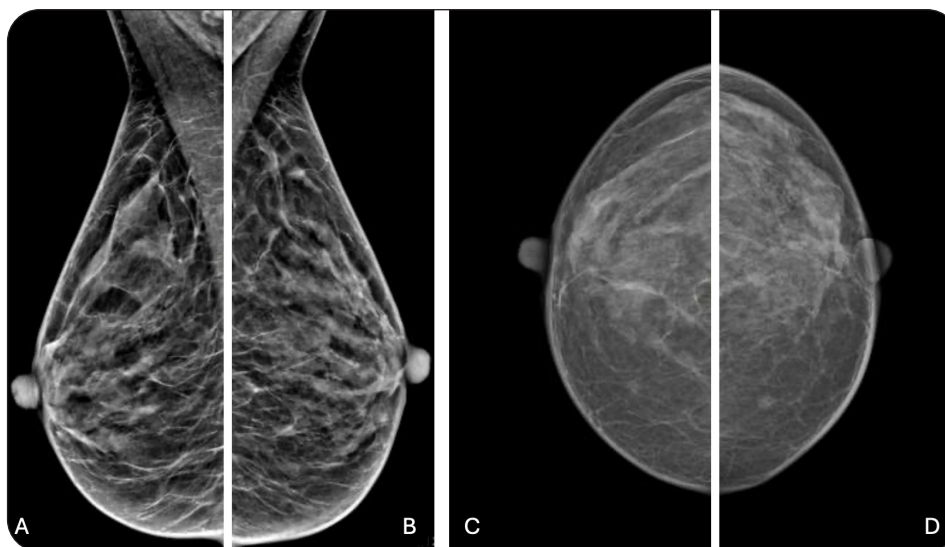
MAMMOGRAPHIE ET TOMOSYNTÈSE

MAMMOGRAPHIE (FIGURE 1A-D)

Une mammographie est une radiographie du sein obtenue par l'intermédiaire d'un dispositif médical produisant des rayons X (RX), appelé mammographe. Les RX (découverts en 1895 par un physicien allemand dénommé Wilhelm Röntgen) sont produits par l'intermédiaire d'un tube composé d'une cathode (chauffée par un courant électrique) et d'une anode. L'interaction entre les électrons et les atomes de l'anode permet la création d'un faisceau de RX.

Les RX traversent les tissus mammaires (peau, parenchyme glandulaire et tissu de soutien conjonctivo-graisseux), avec une absorption variable suivant la densité. Les RX résiduels s'impactent alors sur un détecteur situé du côté opposé. Le détecteur peut être soit une plaque de film photographique (actuellement anecdotique), soit un détecteur à semi-conducteurs transmettant des signaux électroniques à un ordinateur (depuis les années 2000). Ce

(1) Service d'Imagerie médicale CHU Liège, Belgique.
(2) Service de sénologie, CHU Liège, Belgique

Figure 1 A-D. Clichés de mammographie

A et B : Clichés de mammographie en oblique externe (sein droit et sein gauche). C et D : Clichés de mammographie de face (sein droit et sein gauche)

dernier convertit ensuite ces signaux électroniques en images pouvant être affichées sur un moniteur et stockées sur un système d'archivage et de communication d'images (P.A.C.S.). C'est en 1913 qu'un chirurgien allemand, Albert Salomon, a effectué les premières radiographies sur des pièces de mastectomie (3).

TOMOSYNTHESE (FIGURE 2)

Le principe est le même que dans la mammographie, à savoir l'obtention d'une image à partir de RX. La différence, dans ce cas-ci, réside dans le nombre de projections et d'images obtenues. Dans une mammographie standard, deux dimensions (2D), l'ensemble des tissus est superposé et une seule image est obtenue. Il y a, dès lors, des phénomènes de superposition pouvant masquer des lésions ou induire de fausses suspicions. Lors d'une tomosynthèse, le tube à RX exerce une rotation autour du sein comprimé afin d'obtenir différentes projections. L'angle de rotation et le nombre de projection sont variables selon le constructeur. Une pseudo-image à trois dimensions (3D) est alors produite par reconstruction des images 2D sur ordinateur. La tomosynthèse, par l'intermédiaire de ses projections permet de s'affranchir des superpositions et de mieux détecter certaines anomalies comme les distorsions architecturales.

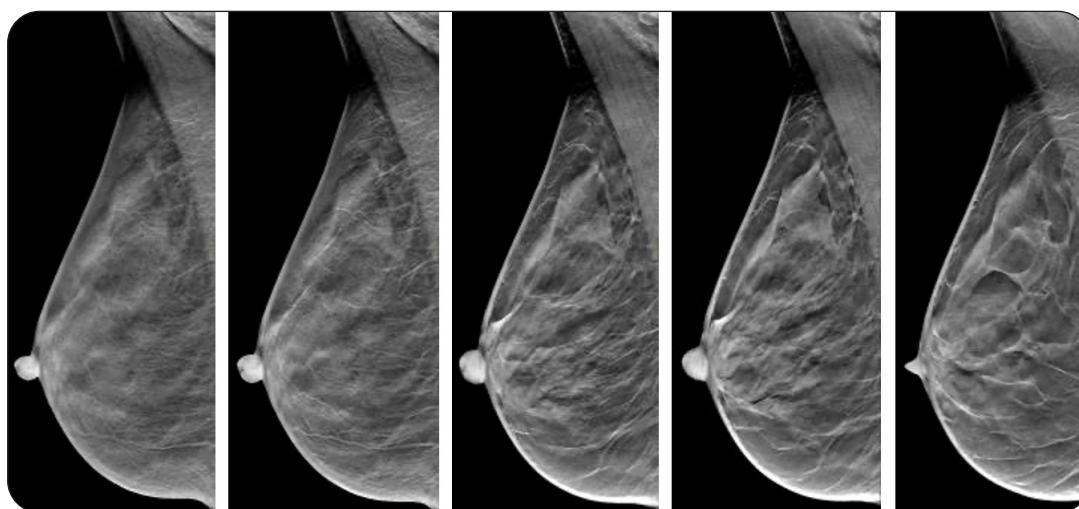
ANGIOMAMMOGRAPHIE

FONCTIONNEMENT

L'angiomammographie est une modalité relativement nouvelle en imagerie du sein dont les premiers comptes rendus datent de 2003 (4). Elle associe une mammographie numérique standard à une injection intraveineuse (IV) de produit de contraste iodé (PCI). L'idée est de visualiser le rehaussement précoce lié à la néo-vascularisation des tumeurs du sein. En effet, les vaisseaux associés à la malignité sont plus perméables à l'agent de contraste que les tissus sains, entraînant ainsi un rehaussement tumoral précoce. Cette technique nécessite le plus souvent l'injection d'un bolus de PCI de 1,5 ml/kg avec un débit de 3 ml/sec. En pratique, l'acquisition des images se fait entre deux et dix minutes après l'injection (4, 5).

L'angiomammographie utilise le principe de la double énergie qui est basé sur la soustraction de deux images afin de mettre en évidence une prise de contraste ou rehaussement. Pour chaque sein, il est nécessaire d'acquérir une incidence médio-latérale oblique et une de face, comme dans un bilan par mammographie classique. Une incidence de profil peut également être ajoutée lorsqu'une lésion est suspectée. Pour chaque incidence, deux clichés sont réalisés : un cliché de basse énergie (~ 28 kV) qui

Figure 2. Défilement de plusieurs clichés de tomosynthèse du sein droit



est une image classique de mammographie et un cliché de haute énergie (~ 47 kV) (5). Un algorithme permet ensuite de soustraire l'image morphologique à l'image du contraste afin de ne conserver que le rehaussement (**Figure 3**). Chaque paire d'acquisition est réalisée en moins de cinq secondes, ce qui permet de limiter les artefacts de mouvement.

INDICATIONS

Les indications classiques actuelles sont globalement les mêmes que celles de l'IRM, hormis le dépistage des femmes à très haut risque de cancer mammaire.

BILAN LOCORÉGIONAL ET RECHERCHE DE LÉSION ADDITIONNELLE

L'angiomammographie permet une évaluation précise de la taille tumorale et détecte les lésions additionnelles avec une excellente valeur prédictive positive (**Figure 4**). Cependant, certains phénotypes de cancer du sein comme les cancers lobulaires infiltrants ou les cancers de type mucineux peuvent être très faiblement, voire non, rehaussés sur une angiomammographie, tout comme sur une IRM mammaire (6, 7).

ÉVALUATION AVANT ET APRÈS CHIMIOTHÉRAPIE NÉOADJUVANTE

La réalisation d'une IRM mammaire peut être utile en pré et post-chimiothérapie néoadjuvante afin d'évaluer précocement la réponse au traitement. L'angiomammographie est une alternative intéressante à l'IRM dans cette indication. Sur le

plan de la performance, une étude a démontré des valeurs équivalentes en termes de sensibilité, de spécificité et de valeurs prédictives positive et négative (7, 8).

SUSPICION DE RÉCIDIVE LOCALE

Les remaniements post-thérapeutiques du sein traité de façon conservatrice peuvent rendre difficile le diagnostic d'une récidive locale. Toute modification de clichés de mammographie ou d'échographie au cours du suivi doit être considérée comme suspecte. Une angiomammographie peut être indiquée avant la réalisation d'une biopsie en cas de doute radiologique. Il n'existe cependant aucune publication sur ce sujet.

IMPASSES DIAGNOSTIQUES

L'angiomammographie a une meilleure sensibilité et une meilleure spécificité que la mammographie standard (9, 10). En cas de doute clinique ou radiologique, la détection d'un cancer mammaire par l'angiomammographie présente une sensibilité de 85 % et une spécificité de 77 % (11). Cependant, certaines lésions bénignes peuvent également présenter un rehaussement, tout comme en IRM; les lésions bénignes rehaussées les plus fréquemment observées sont les fibroadénomes, les papillomes et les hyperplasies (12). Il n'existe, à ce jour, aucune étude comparant les performances de l'angiomammographie par rapport à l'IRM pour le diagnostic des impasses diagnostiques après un bilan par mammographie standard et échographie.

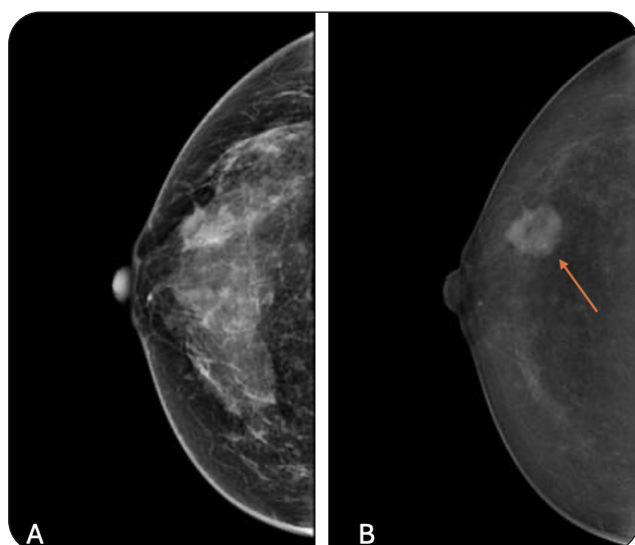
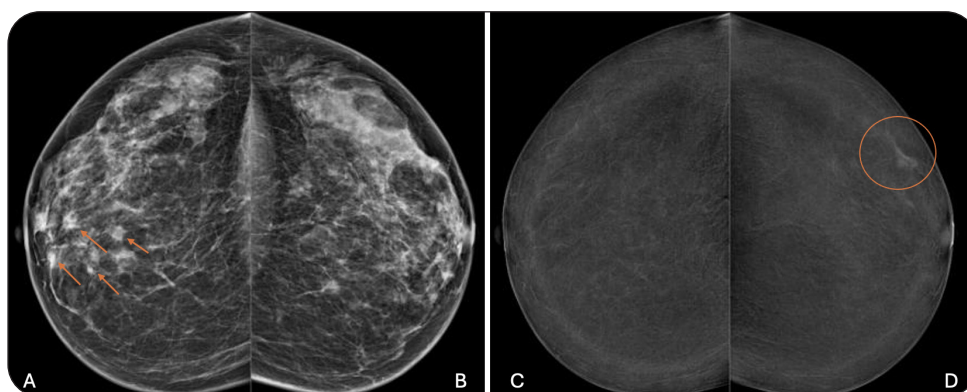


Figure 3 A-B. Principe de l'angiommammographie

A : Cliché de basse énergie de face (mammographique classique). On observe un sein de densité BI-RADS C. B : Cliché recombinaison de face (angiommammographie). On observe une prise de contraste masse (flèche orange) peu dévoilée sur le cliché de basse énergie. Après biopsie de la lésion, les résultats démontrent un carcinome canalaire infiltrant.

Figure 4 A-D. Bilan locorégional et recherche de lésion additionnelle



A et B : Clichés de mammographie. Seins de densité BI-RADS C. C. Opacités suspectes du sein droit. C et D : Clichés d'angiommammographie. Rehaussement masse de 13 mm interne du sein gauche (cercle orange) difficilement identifiable en mammographie classique. Après biopsie de la lésion, les résultats révèlent un carcinome canalaire infiltrant de grade 2. Par ailleurs, aucun rehaussement n'est visualisé dans le sein droit.

DÉPISTAGE DES FEMMES À HAUT RISQUE

À l'heure actuelle, l'IRM reste l'examen préconisé dans le dépistage de cancer mammaire chez les femmes à très haut risque (10). Nous avons établi un protocole d'étude afin de comparer les sensibilité et spécificité de l'angiommammographie et de l'IRM dans cette indication.

AVANTAGES

ACCESSIBILITÉ, BÉNÉFICE ORGANISATIONNEL ET TEMPS D'EXAMEN COURT

L'angiommammographie est un examen plus accessible que l'IRM. Elle peut être réalisée de manière non programmée, en consultation dans

la suite du bilan classique en cas de nécessité. Le temps de réalisation de l'examen est court avec un temps d'acquisition d'images de moins de dix minutes. De plus, l'angiommammographie est mieux acceptée par les patientes que l'IRM mammaire (10, 13). En effet, les patientes rapportent un examen moins anxiogène, plus rapide, plus confortable et moins bruyant que l'IRM mammaire.

ALTERNATIVE EN CAS DE CONTRE-INDICATION À L'IRM MAMMAIRE

L'angiommammographie constitue, dès à présent, une bonne alternative à l'IRM mammaire pour les patientes présentant des contre-indications (port d'un stimulateur cardiaque,

implants métalliques, reconstruction mammaire par «expandeur», intolérance au gadolinium, claustrophobie, etc) (14).

MEILLEURES PERFORMANCES

L'IRM et l'angiomammographie sont caractérisées par une sensibilité élevée. Cependant, l'angiomammographie semble présenter un avantage en termes de spécificité (6). Par ailleurs, la réalisation d'une angiomammographie permet la détection et la caractérisation des microcalcifications sur les clichés de basse énergie (standard). La concordance entre la topographie du foyer de microcalcification sur les images de basse énergie peut être corrélée au rehaussement qui est recherché sur les clichés recombinaisonnés.

APPRENTISSAGE

L'apprentissage à la lecture et à l'analyse des images angiomammographiques est rapide. De plus, l'échographie réalisée dans la foulée de l'angiomammographie sera réalisée par le même médecin. Il existe donc une optimisation de la prise en charge par diminution du nombre d'intervenants.

COÛT DE L'EXAMEN

Le coût d'un examen d'angiomammographie est nettement moins important que celui de l'IRM, ce qui représente un avantage considérable pour la sécurité sociale.

INCONVÉNIENTS ET LIMITES

IRRADIATION

L'angiomammographie est une modalité d'imagerie RX. Une étude rapporte que la dose glandulaire moyenne d'une angiomammographie est légèrement supérieure à celle d'une mammographie numérique standard (dont la dose glandulaire moyenne (DGM) varie entre 0,9 et 2,3 mGy) (15). Son utilisation en dépistage n'est, dès lors, pas actuellement recommandée.

EFFETS INDÉSIRABLES DE L'INJECTION DE PRODUIT DE CONTRASTE IODÉ

Comme en tomodensitométrie, il est indispensable d'interroger les patientes sur un éventuel antécédent de réaction allergique après injection de PCI, d'une part, et sur leur fonction rénale, d'autre part (le risque de réaction après administration de PCI est supérieur aux réactions associées à l'injection de chélates de

gadolinium utilisés en IRM comme produit de contraste (16)).

INSUFFISANCE TECHNIQUE POUR LES LÉSIONS PROFONDES

Comme en mammographie, certaines lésions mammaires ne sont pas exposées sur les clichés d'angiomammographie : lésions très profondes, très internes, ou situées en position sous-claviculaire, ou en périphérie du sein.

FAUX NÉGATIFS

Les tumeurs de type lobulaire infiltrant, de type mucineux et de type carcinome canalaire *in situ* peuvent présenter un rehaussement peu marqué et/ou tardif, comme en IRM.

ARTÉFACTS

Les artéfacts habituellement détectés en mammographie (traces de déodorant, crème ou interposition de cheveux) peuvent être retrouvés en angiomammographie. Les artéfacts spécifiques à l'angiomammographie sont ceux causés par le PCI utilisé. Celui-ci peut être présent sur la peau ou le système de compression et créer des images de contamination sur le cliché recombinaisonné.

POSITIONNEMENT ET DÉVELOPPEMENT

L'angiomammographie est une modalité d'imagerie de plus en plus répandue avec une augmentation constante du nombre d'unités installées à travers le monde. Depuis 2023, un lexique BI-RADS («Breast Imaging-Reporting And Data System») des images angiomammographiques existe (17).

Une anomalie détectée par angiomammographie nécessite une mise au point échographique complémentaire. En cas de correspondance, une intégration des données sera réalisée avec une éventuelle biopsie dans la foulée. Dans certaines situations, il n'y a pas de correspondance échographique à l'anomalie décrite en angiomammographie et il faudrait alors réaliser une biopsie sous angiomammographie. À l'heure actuelle, l'ensemble des constructeurs ne propose pas encore cette possibilité. Dans ce cas, il est nécessaire de recourir à des alternatives telles que la biopsie sous IRM ou la biopsie sous stéréotaxie sur base de repères. En cas de faible suspicion tumorale, un contrôle à court terme sera préconisé.

L'angiomammographie est un domaine qui intéresse également l'intelligence artificielle et la radiomique dans la recherche en imagerie du sein (18).

CONCLUSION

L'angiomammographie est une avancée de la mammographie numérique de mise en œuvre aisée qui a, dès à présent, toute sa place dans l'arsenal diagnostique et de mise au point en imagerie mammaire. Combinant imagerie morphologique et fonctionnelle, elle permet d'améliorer la précision du diagnostic lorsque l'imagerie mammaire standard n'apporte pas de résultats concluants et peut servir d'alternative à l'IRM mammaire.

Sa disponibilité, sa rapidité, son bas coût et la simplicité d'apprentissage de son interprétation rendent cette technique très intéressante. De plus, cet examen peut être interprété par le même médecin que celui qui réalisera l'échographie de vérification («second look»), offrant ainsi une vision globale du dossier avec complément biopsique éventuel plus aisé.

Les enjeux à court terme sont l'optimisation des doses, la mise en place d'un protocole de contrôle qualité et la diffusion de la technique de biopsie sous angiomammographie.

Les avantages offerts par cette nouvelle technique la rendent indispensable au sein d'un service de sénologie de 3^{ème} niveau. C'est dans ce cadre que le service de sénologie du CHU de Liège a décidé de s'équiper de cette modalité qui sera effective à l'inauguration de sa nouvelle clinique du sein dès 2025.

Rappelons que la Revue Médicale de Liège a publié, en 2011, un numéro thématique complet consacré au cancer du sein auquel nous renvoyons le lecteur intéressé (19).

BIBLIOGRAPHIE

1. BCR. Belgian cancer registry. Cancer fact sheet 2022 : Breast cancer [En ligne]. 2024. Available from : <https://kankerregister.org/en/publicaties/cancer-fact-sheet-breast-cancer-2022>
2. Vers une Belgique en bonne santé. Dépistage du cancer du sein [En ligne]. 2018. Disponible sur : <https://www.belgiqueen-bonnesante.be/fr/chercher?q=cancer+du+sein>
3. Adrian MK, Arpan KB. *The history of radiology*. 1st edition. Oxford: Oxford University Press; 2013.
4. Balleyguier C, Arfi-Rouche J, Loshkajian A, et al. Angiomammographie : technique. *Imagerie de la Femme* 2023;**33**:133-8.
5. Jochelson M. Contrast-enhanced digital mammography. *Radiol Clin North Am* 2014;**52**:609-16.
6. Jochelson MS, Dershaw DD, Sung JS, et al. Bilateral contrast-enhanced dual-energy digital mammography: feasibility and comparison with conventional digital mammography and MR imaging in women with known breast carcinoma. *Radiol* 2013;**266**:743-51.
7. Neveu M, Mascarel A-M, Movassaghi R, et al. Bilan d'extension locorégionale d'un cancer du sein et chimiothérapie néo-adjuvante : place de l'angiomammographie. *Imagerie de la Femme* 2023;**33**:151-4.
8. Patel BK, Hilal T, Covington M, et al. Contrast-enhanced spectral mammography is comparable to MRI in the assessment of residual breast cancer following neoadjuvant systemic therapy. *Ann Surg Oncol* 2018;**25**:1350-6.
9. Tennant SL, James JJ, Cornford EJ, et al. Contrast-enhanced spectral mammography improves diagnostic accuracy in the symptomatic setting. *Clin Radiol* 2016;**71**:1148-55.
10. Ramette G, Laurent N, Istrati D, et al. Quelles indications pour l'angiomammographie en 2023 ? *Imagerie de la Femme* 2023;**33**:125-32.
11. Suter MB, Pesapane F, Agazzi GM, et al. Diagnostic accuracy of contrast-enhanced spectral mammography for breast lesions: A systematic review and meta-analysis. *Breast* 2020;**53**:8-17.
12. Houben IP, Van de Voorde P, Jeukens CR, et al. Contrast-enhanced spectral mammography as work-up tool in patients recalled from breast cancer screening has low risks and might hold clinical benefits. *Eur J Radiol* 2017;**94**:31-7.
13. Phillips J, Miller MM, Mehta TS, et al. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) versus MRI in the high-risk screening setting: patient preferences and attitudes. *Clin Imaging* 2017;**42**:193-7.
14. Movassaghi R, Neveu M, Mascarel A-M, et al. Angiomammographie en cas de contre-indication à la réalisation d'une IRM mammaire. *Imagerie de la Femme* 2023;**33**:145-50.
15. AFCN. Agence fédérale de contrôle nucléaire : Mammographie [En ligne]. 2023. Disponible sur : <https://afcn.fgov.be/fr/professionnels/professions-medicales/applications-radiologiques/nrd/mammographie>
16. James JJ, Tennant SL. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM). *Clin Radiol* 2018;**73**:715-23.
17. Mascarel A-M, Neveu M, Vilcot L, et al. Lexique Breast Imaging-Reporting and Data System de l'angiomammographie: décryptage. *Imagerie de la Femme* 2023;**33**:103-11.
18. Patel BK, Ranjbar S, Wu T, et al. Computer-aided diagnosis of contrast-enhanced spectral mammography: a feasibility study. *Eur J Radiol* 2018;**98**:207-13.
19. Revue Médicale de Liège. Numéro thématique. Le cancer du sein. *Rev Med Liege* 2011;**66**:225-408.

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au Dr Dumortier A, service d'Imagerie médicale, CHU Liège, Belgique.
Email : adumortier@chuliege.be