

Quid de l'échographie dans la prise en charge des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin ?

Ultrasound in the assessment of Inflammatory Bowel Disease

Guillaume Savoye⁽¹⁾, Céline Savoye-Collet⁽²⁾

¹ CHU de Rouen, Service de gastro-entérologie, Université de Normandie Rouen, UMR 1073, 1 rue de Germont, 76031 Rouen, France

² CHU de Rouen, Service de radiologie, Université de Normandie Rouen, LITIS QUANTIF EA 4108, France

e-mail : <guillaume.savoye@chu-rouen.fr>

Résumé

L'imagerie joue un rôle-clé dans le diagnostic des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin et depuis l'avènement des stratégies de « *treat-to-target* » dans le suivi des lésions en cours de traitement.

Les évolutions technologiques de l'échographie et l'expertise des opérateurs permettent le diagnostic et le suivi des MICI. L'échographie a démontré sa faisabilité avec une sensibilité et une spécificité élevées ainsi que des valeurs prédictives positive et négative excellentes pour la détection des lésions comme pour exclure leur présence. De plus, son caractère non invasif, rapide à mettre en œuvre et de coût faible en font une technique à potentiel élevé. L'objectif de cette revue est d'en préciser les modalités pratiques et le positionnement dans la prise en charge des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin mais également d'aborder les nouveaux aspects en particulier de l'échographie de contraste.

■ **Mots clés** : échographie, rectocolite hémorragique, maladie de Crohn

Abstract

Imaging plays a key role in the diagnosis of inflammatory bowel disease and since the advent of "treat-to-target" strategies in the follow-up of lesions during treatment.

The technological evolutions of the ultrasound, the expertise of the operators allows the diagnosis and the follow-up of the IBD. Ultrasound has demonstrated its feasibility with high sensitivity and specificity as well as excellent positive and negative predictive values for detecting lesions as well as excluding their presence. In addition, its non-invasive, quick to implement and low cost nature make it a high potential technique. The objective of this review is to specify the practical modalities and positioning in the management of inflammatory diseases as well as to address new aspects including contrast ultrasound.

■ **Key words**: ultrasound, ulcerative colitis, Crohn's disease

Introduction

L'échographie intestinale joue un rôle important dans la reconnaissance, le diagnostic et le monitoring de nombreuses maladies digestives.

Elle possède un potentiel majeur dans le suivi et la prise en charge des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI). L'échographie est non invasive, de faible coût et largement disponible sur le territoire.

Pour citer cet article : Savoye G, Savoye-Collet C. Quid de l'échographie dans la prise en charge des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin ? *Hépatogastro* 2018 ; 25 : 41-48. doi : 10.1684/hpg.2018.1694

**HEPATO-GASTRO
et Oncologie digestive**

Tirés à part : G. Savoye

Elle ne requiert pas de radiations ionisantes et est bien acceptée et tolérée par les patients [1]. La plupart des segments digestifs sont accessibles et facilement visualisés notamment le côlon et une bonne partie de l'intestin grêle. Le rectum et le jéjunum sont quant à eux plus difficiles à évaluer.

L'échographie permet la visualisation directe et rapide « au lit du malade » ou en consultation de la paroi intestinale. Les anomalies constatées vont refléter l'activité des lésions au cours de la maladie de Crohn et également dans une moindre mesure de la rectocolite hémorragique. De plus, la visualisation directe de la vascularisation ainsi que l'appréciation des mouvements intestinaux viennent compléter le spectre des possibilités pour cette technique. Le frein principal à son développement semble être, non pas le rationnel ou la preuve de sa pertinence, mais l'implication des praticiens. La situation de notre pays contraste avec celle d'autres pays d'Europe comme l'Allemagne ou l'Italie où la diffusion de la méthode ne se limite pas au suivi des populations pédiatriques de MICI comme en France.

Protocole d'examen

Données techniques

L'appareil d'échographie doit disposer de plusieurs sondes. Il faut une sonde classique convexe à 3,5 Mhz mais surtout une sonde linéaire à fréquence élevée permettant une imagerie en haute résolution de 7,5 à 10 Mhz. L'utilisation du mode Doppler couleur est intéressante pour apprécier l'inflammation pariétale [2]. On pourra aussi étudier l'index de résistance de l'artère mésentérique supérieure. L'utilisation d'une sonde endocavitaire est possible afin d'utiliser des hautes fréquences au plus près des segments digestifs et notamment au niveau anal. L'utilisation de produit de contraste ultrasonore reste du domaine de l'hyper-spécialité, comme nous le verrons dans le paragraphe consacré à l'échographie de contraste mais ouvre des perspectives nouvelles.

Réalisation pratique

En dehors de l'urgence, le patient doit être à jeun. Il est nécessaire de limiter l'air intradigestif et le péristaltisme. Il faudra utiliser la compression graduée, prolongement de la palpation clinique, avec la sonde, lors de la réalisation de l'examen. Celle-ci permet de repérer un segment digestif douloureux ou non compressif. Elle améliore de plus la qualité de l'image, en chassant l'air luminal et en diminuant la profondeur d'exploration.

L'examen regardera la graisse péri digestive et les différents segments digestifs, un par un, en transversal et en longitudinal. Pour le côlon, il est nécessaire d'effectuer

un balayage transversal sur toute sa longueur en commençant par la dernière anse iléale et en remontant le long de la gouttière pariéto-colique droite pour commencer. L'analyse se terminera au rectum.

Il ne faudra pas oublier que les atteintes des MICI ne se limitent pas à la paroi digestive et que l'ensemble de la cavité abdomino-pelvienne doit être étudié.

Aspect normal

Lumière et parois digestives normales

La lumière est au centre de l'anse digestive, de contenu variable : air, liquide, aliments, matières. Le diamètre de l'anse dépend de son contenu, de la compression et du segment concerné.

La paroi digestive en échographie transpariétale est souple, compressible et présente un péristaltisme. L'épaisseur normale est de 3 à 4 mm. Elle se présente comme une alternance de couches hypo/hyper-échogènes, représentant les éléments constitutifs de la paroi tels qu'ils apparaissent en imagerie d'interface ultrasonore (*figure 1*). La couche interne hypoéchogène représente l'interface avec la lumière, la muqueuse et la *muscularis mucosae*. La couche suivante est hyperéchogène large bien visible et représente la sous-muqueuse. Puis l'on retrouve une couche hypoéchogène représentant de la musculature propre. Enfin, à l'extérieur, la couche hyperéchogène représente la séreuse et l'interface avec la graisse péritonéale. En fonction du segment digestif concerné, il existe des variations segmentaires de cette présentation.

Environnement péri digestive

Le mésentère est composé de graisse hyperéchogène contenant vaisseaux et ganglions.

Aspect pathologique

Sémiologie de la maladie de Crohn (tableau 1)

Le premier signe sera l'épaississement pariétal circonferentiel régulier et symétrique orientant d'emblée vers une atteinte inflammatoire (*figure 2*). C'est le plus reproductible [3, 4]. Le caractère segmentaire de l'atteinte est un point sémiologique important. La limite entre segment pathologique et segment sain est nette. Les lésions sont discontinues. Tout comme l'étude macroscopique des pièces anatomo-pathologiques, l'échographie trouvera une atteinte transmurale venant altérer la disposition des couches (*figure 3*). Cette différenciation sera plus marquée à la phase inflammatoire avec la sous-muqueuse

Paroi normale = 5 couches visibles

- La plus visible : la couche sous-muqueuse centrale hyperéchogène
- deux couches fines hypoéchogènes de chaque côté
- deux couches échogènes de part et d'autres : séreuse – graisse à l'extérieur et interface muqueuse – lumière en interne

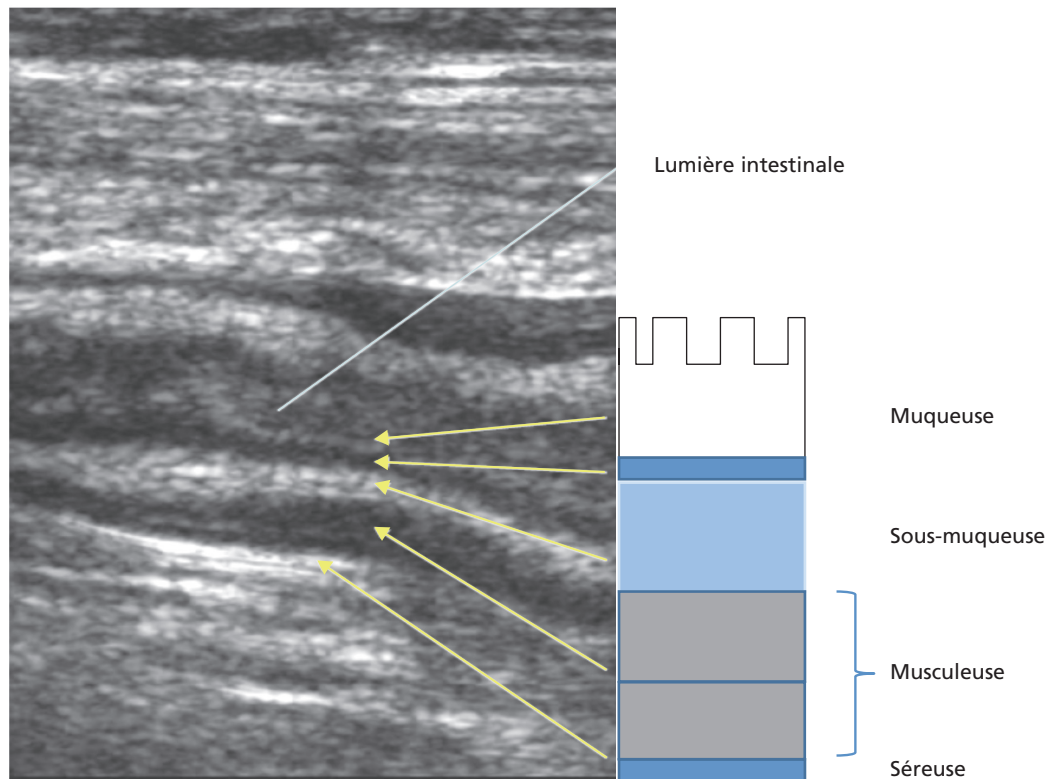


Figure 1. Schéma représentant les différentes couches de la paroi intestinale et application à une image en coupe échographique de l'iléon.

siège d'un œdème hyperéchogène. L'ulcération profonde peut-être vue sous la forme d'une fissure linéaire hyperéchogène traversant les différentes couches de la paroi de manière plus ou moins profonde puisque pouvant continuer en s'extériorisant dans la graisse périviscérale. Des anomalies extrapariétales sont possibles. À la phase aiguë, une infiltration œdémateuse de la graisse périviscérale se traduira par un aspect plus hypoéchogène. Une hyperhémie des vaisseaux digestifs peut aussi être visualisée dans le territoire pathologique avec l'aide du Doppler (*figure 4*) [5, 6]. À la phase chronique, la sclérolipomatose se traduira par une graisse mésentérique hypertrophiée non compressible

hyperéchogène. Bien sûr, ces éléments sont souvent associés. À la phase avancée de la maladie, des conséquences de la fibrose sur les segments digestifs sont visibles sous la forme d'une déformation et d'un aspect rétractile sur le versant muqueux avec diminution de calibre luminal. Le Doppler retrouvera également une diminution de la vascularisation pariétale.

“ Le premier signe échographique de maladie de Crohn est l'épaississement pariétal circonférentiel régulier et symétrique orientant d'emblée vers une atteinte inflammatoire ”

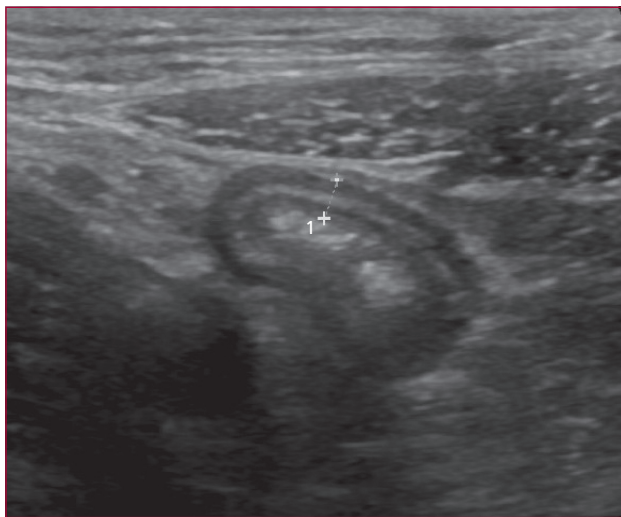


Figure 2. Exemple de mesure d'épaisseur pariétale sur une anse iléale pathologique.

Enfin, l'existence de complications liées à la physiopathologie de cette atteinte transmurale pouvant donner des fistules est caractéristique. La fistule se traduit par une image linéaire reliant le segment pathologique à un autre organe, un autre segment digestif ou étant borgne. Les berges de la fistule sont hypoéchogènes mais son contenu variable (air, pus, etc.) pourra être plus ou moins échogène. Des abcès peuvent être vus, intramuraux ou extradigestifs, sous la forme de collections hypoéchogènes pouvant aussi avoir une participation hyperéchogène fonction de la composante aérienne par exemple.

Parallèlement aux complications fistulisantes, on pourra retrouver des complications sténosantes avec un rétrécissement fixe de la lumière digestive visible sous la sonde et une dilatation en amont. Des adénopathies inflammatoires peuvent être visualisées.

La limite principale dans la maladie de Crohn est l'impossibilité d'analyser toutes les anses grêles notamment le jéjunum.

L'échographie pourra rechercher en dehors de l'atteinte spécifique digestive, et selon le contexte clinique des signes en faveur d'une cholangite (dilatation en collier de perles des voies biliaires) de pancréatite, une thrombose porte, sans oublier une complication redoutée : le cancer colorectal.

Sémiologie de la rectocolite hémorragique

Contrairement à la maladie de Crohn, l'atteinte colique concerne préférentiellement la muqueuse et une partie de

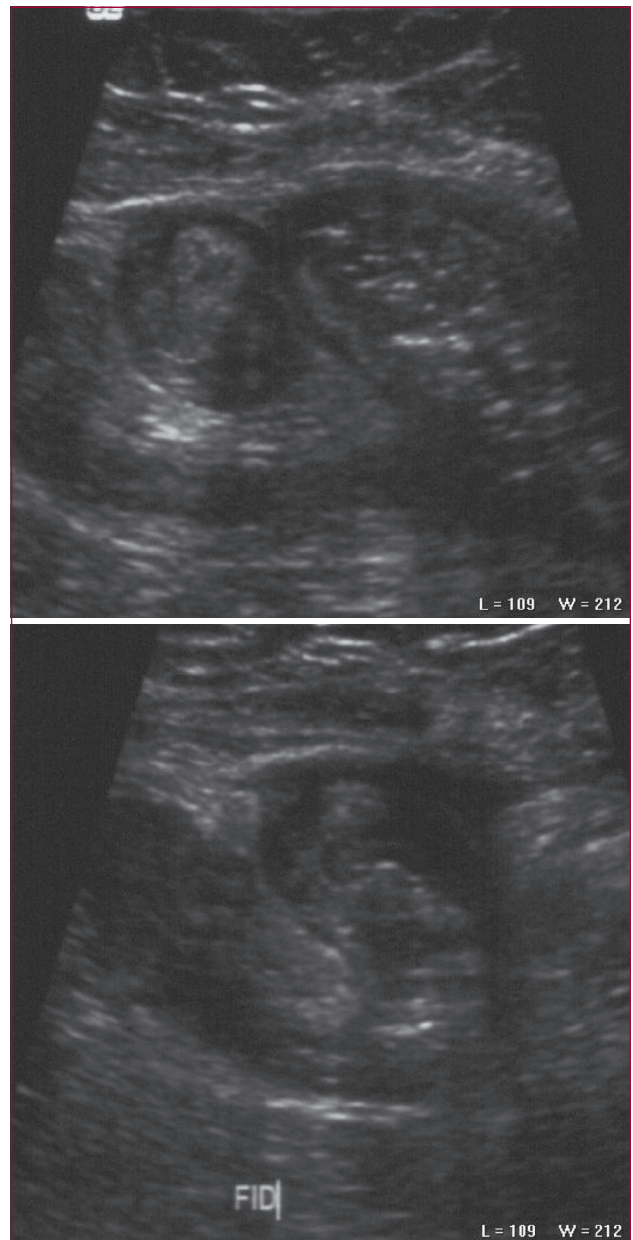


Figure 3. Exemple d'atteinte échographique de l'iléon au cours de la maladie de Crohn avec épaissement pariétal et dédifférenciation des couches pariétales.

la sous-muqueuse. Il n'y a pas d'extension transmurale. L'atteinte est continue du rectum vers le côlon sans intervalle sain. Les couches sous-muqueuse profonde, musculaire propre et séreuse sont conservées. L'épaississement pariétal est moins important également [7]. Il n'y a pas d'atteinte péri digestive.

S'il y a une atteinte pancolique, une iléite de reflux est possible et, en cas de doute diagnostique avec une maladie

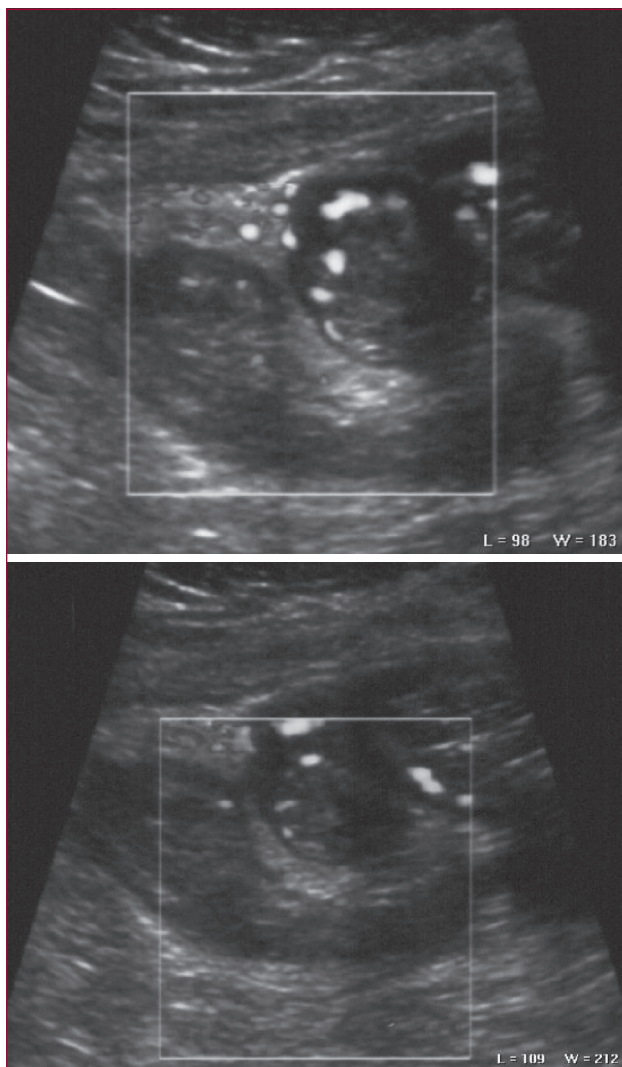


Figure 4. Aspect Doppler de la paroi inflammatoire sur le grêle.

de Crohn, l'existence d'une atteinte transmurale iléale sera le signe permettant d'éliminer une RCH. De manière générale, les signes échographiques de la RCH sont moins spécifiques et à la phase aiguë correspondent également avec ce qui peut-être observé dans une colite infectieuse. Au stade avancé de la maladie, on visualisera un aspect tubulé et raccourci du segment rectocolique atteint avec perte des haustrations. Une infiltration graisseuse de la sous-muqueuse est possible. Plus rarement, des pseudo-polypes peuvent être visualisés avec leur développement dans la lumière.

À noter, la possibilité de rencontrer une complication de la RCH qui est le mégacôlon toxique avec une dilatation colique de plus de 8 cm.

L'échographie de contraste

Une autre approche pour optimiser les performances en échographie est d'utiliser des produits de contraste qui vont permettre une meilleure détection et une quantification de la vascularisation sur les segments inflammatoires [8]. L'adjonction d'un produit de contraste permet en particulier une précision plus importante pour déterminer l'activité inflammatoire au cours de la maladie de Crohn. L'apport du contraste se fait à plusieurs niveaux : 1) discerner l'activité de la maladie, 2) aider au diagnostic entre fibrose et inflammation en cas de sténose, 3) caractériser les lésions abcédées ou phlegmoneuses, 4) aider à la localisation des fistules [9].

“ L'adjonction d'un produit de contraste à l'échographie permet une précision plus importante pour déterminer l'activité inflammatoire au cours de la maladie de Crohn ”

Les données de l'écho de contraste sont bien corrélées à celles de l'IRM [8-10]. Et lorsque l'on utilise des courbes temps-intensité avec la détermination du pic d'intensité ou de l'aire sous la courbe, il est possible de quantifier la vascularisation de la paroi intestinale, et ceci est corrélé au degré de sévérité endoscopique [9]. De plus, l'injection de produit de contraste aide à différencier les abcès des phlegmons et peut guider la thérapeutique en guidant une ponction [11]. En cas de fistule, on peut également s'aider d'une injection d'une eau gazeuse dans le trajet pour permettre une meilleure visualisation. Néanmoins, l'échographie de contraste reste à ce jour une affaire de centre spécialisé.

Quand utiliser l'échographie au cours des MICI ?

Pour établir un diagnostic de maladie de Crohn ?

L'échographie abdominale a une sensibilité et une spécificité pour le diagnostic de maladie de Crohn élevées, notamment pour la détection de ces complications que sont les sténoses, les fistules et les abcès. Le signe le plus important est l'épaississement pariétal [1]. Sa sensibilité varie de 75 à 93 % et sa spécificité de 75 à 100 % [12]. Dans le travail de Castiglione qui rapportait 249 patients explorés devant un tableau clinique compatible avec une maladie de Crohn par iléocoloscopie et entéro-IRM, l'échographie a été capable de montrer une sensibilité à 94 %, une spécificité à 97 %, une valeur prédictive

positive à 97 % et de la prédictive négative à 94 % [13]. Ces données ont été confirmées par l'approche par méta-analyses avec des courbes ROC à 0,94, ce qui démontre la bonne acuité diagnostique de la méthode [14]. En plus, l'échographie possède une bonne valeur prédictive négative et permet chez un certain nombre de patients d'exclure la présence d'une maladie de Crohn. Ses performances sont encore augmentées lorsqu'on couple l'échographie avec le dosage de la calprotectine fécale [15].

“ Le signe échographique le plus important est l'épaississement pariétal dont la sensibilité varie de 75 à 93 % et la spécificité de 75 à 100 % ”

L'utilisation de l'échographie en première ligne d'imagerie en coupes est donc possible du point de vue de ses performances et cette approche est fréquente en pédiatrie. L'application de l'opérateur comme son expertise sont bien sûr les limites principales.

Pour établir la cartographie et la localisation des lésions au cours de la maladie de Crohn ?

Une fois le cadre nosologique précisé, la cartographie des lésions est une étape importante dans la prise en charge initiale de la maladie de Crohn. Plusieurs travaux se sont intéressés aux performances de l'échographie dans cette indication.

À l'exclusion du jéjunum proximal et du rectum, les performances sont bonnes [12] et encore meilleures lorsqu'un agent de contraste est utilisé, faisant passer le taux de détection de 80 à 100 %. Le remplissage du grêle par du PEG optimise également la détection de manière significative [16].

Le bilan d'extension est donc possible en échographie même s'il faut reconnaître qu'il est particulièrement chronophage.

Pour rechercher les complications de la maladie de Crohn ?

Les complications de la maladie de Crohn comme les abcès et les fistules peuvent être facilement détectées par échographie. Les abcès se présentent comme des images hypoéchogènes limitées sans vascularisation centrale et avec seulement quelques échos internes. Si l'abcès contient de l'air, un signal hyperéchogène s'ajoutera à la sémiologie typique. La sensibilité de détection de ces abcès a été évaluée par une méta-analyse utilisant la chirurgie comme comparateur [14]. Cette sensibilité de l'écho variait de 80 à 100 % avec une spécificité proche de 94 % [14].

“ Les complications de la maladie Crohn comme les abcès et les fistules peuvent être facilement détectées par échographie ”

Le taux de détection des fistules dépend quant à lui de leur localisation. La sensibilité varie entre 67 et 82 % et la spécificité est meilleure entre 90 et 100 % selon les travaux [14, 17]. Dans la méta-analyse précédemment citée, les résultats pour la sensibilité de détection des fistules étaient à 74 % (IC à 95 % 61-79 %) et la spécificité à 95 % (IC 95 % 91-97) [14]. L'échographie est de contraste majeure encore les taux de détection [8]. Un travail rétrospectif chez 50 patients a montré une corrélation entre l'échographie de contraste et les autres techniques forte à 0,974 [11]. L'échographie est également capable de détecter les sténoses [14, 17]. La sensibilité de détection lorsque l'on utilise la chirurgie comme référence varie de 75 à 100 % avec une spécificité de 90 %. La sensibilité quant à elle est à 79 % [14, 17]. La différenciation entre sténose inflammatoire et sténose fibreuse est beaucoup plus difficile. Il a été récemment suggéré que l'injection de produit de contraste permettait d'apporter une aide dans cette situation avec une prise de contraste diminuée en cas de lésion fibreuse [18]. Néanmoins, la sténose au cours de la maladie de Crohn est souvent un mélange de lésions inflammatoires et de lésions fibrosantes et il paraît délicat de vouloir trancher définitivement ce dilemme avec des techniques d'imagerie.

Ainsi, au vu de la littérature, l'échographie possède toute la capacité à rechercher les complications de la maladie de Crohn, bien que là encore l'implication des opérateurs et le temps nécessaire à la réalisation des examens soient limitants.

Pour surveiller l'activité inflammatoire et suivre l'efficacité des traitements au cours de la maladie de Crohn ?

L'échographie peut être répétée sans risque et cela en fait un examen de suivi très intéressant. De plus, les variations induites au niveau pariétal digestif notamment les traitements biologiques sont visibles en échographie [19]. Néanmoins, l'appréciation de l'activité de la maladie inflammatoire reste une combinaison entre la clinique, les marqueurs biologiques, l'endoscopie et les approches d'imagerie en coupe. La comparaison de l'évolution des images échographiques aux données de l'endoscopie a montré que 62,8 % des patients avait une amélioration échographique corrélée à l'endoscopie avec un kappa à 0,76 [17]. Une large étude multicentrique allemande regroupant 234 patients a montré que tous les paramètres échographiques incluant la mesure de l'épaisseur pariétale et les signaux de vascularisation en Doppler diminuaient de

manière significative sous biothérapie. L'amélioration des paramètres échographiques a été corrélée aux améliorations observées de la CRP [20]. La dissociation persistante entre l'échographie et l'endoscopie doit être davantage vue comme la mesure de phénomènes différents plus que comme un échec de l'écho avec des faux positifs. Ainsi 25 % des patients vont présenter une disparition des signaux pariétaux pathologiques en écho tandis que 40 % vont être en cicatrisation muqueuse. La persistance de signes pathologiques transmuraux est une indication importante sur la profondeur de la cicatrisation obtenue [21].

Il semble donc encore possible d'utiliser l'échographie pour le suivi de la maladie de Crohn avec les mêmes limitations que dans les autres indications.

“ Il semble possible d'utiliser l'échographie pour le suivi de la maladie de Crohn avec les mêmes limitations que dans les autres indications ”

Pour chercher une récurrence post-opératoire ?

Le score endoscopique de Rutgeerts occupe une place prépondérante dans cette indication [22]. Néanmoins, de nombreuses études ont cherché à substituer à ce score des techniques moins invasives.

L'échographie est corrélée avec le score de Rutgeerts, $r = 0,67$ ($p < 0001$) [23]. Néanmoins les performances de l'écho n'en font pas une alternative fiable même si l'ajout d'un agent de contraste luminal par voie orale augmente les performances [24]. De plus, l'opérateur doit disposer d'informations précises sur le type d'anastomose réalisé pour en permettre une interprétation fiable.

Il est possible d'imaginer l'apport d'une approche couplant calprotectine et échographie. Mais des études complémentaires sont nécessaires avant de valider cette indication.

Pour préciser les atteintes anopérinéales par l'abord endoanal ?

La classification des atteintes périnéales au cours de la maladie de Crohn repose sur l'examen clinique et les techniques d'imagerie, IRM et échographie endoanale. Les performances de l'échographie endoanale sont comparables à celle de l'IRM avec 87 % de détection de lésion pour l'IRM et 91 % pour l'écho endoanale [25]. Ces données ont été confirmées par une méta-analyse qui ne permet pas d'établir la supériorité d'une des techniques sur l'autre [26]. En plus de la description des trajets de fistules, l'échographie endoanale est capable de localiser les abcès pour peu que ceux-ci soient superficiels par rapport à la paroi [27]. La sensibilité est excellente même sans l'adjonction d'un produit de contraste [28].

“ Les performances de l'échographie endoanale sont comparables à celle de l'IRM avec 87 % de détection de lésion pour l'IRM et 91 % pour l'échographie endoanale, mais l'IRM est aujourd'hui plébiscitée par la plupart des équipes ”

C'est davantage les habitudes des équipes ou la mise en avant du confort pour le patient qui expliquent le choix de l'une ou l'autre des techniques d'imagerie.

Et au cours de la rectocolite hémorragique ?

Au cours de la rectocolite hémorragique, l'échographie a été beaucoup moins étudiée qu'au cours de la maladie de Crohn, notamment pour ce qui est du diagnostic initial qui repose bien sûr sur l'endoscopie. L'épaississement de la paroi colique est l'élément déterminant de la sémiologie et un signal hyperéchogène de la sous-muqueuse reflète l'œdème visible à ce niveau lors d'une poussée de rectocolite.

Les approches Doppler ont également été développées et permettent de déterminer des profils associés au risque de rechute [29, 30]. Mais l'usage de cette technique reste à ce jour confidentiel dans cette indication. Il paraît peu probable que l'échographie se développe dans la rectocolite hémorragique, notamment en raison de la concurrence de l'endoscopie pour les lésions muqueuses et des marqueurs non invasifs pour le suivi.

Conclusion

L'échographie d'un point de vue théorique a toute sa place dans la prise en charge diagnostique et dans le suivi notamment de la maladie de Crohn. Elle est capable d'identifier les patients avec une maladie active, d'en préciser la localisation et d'en repérer les complications.

Take home messages

Les cinq atteintes échographiques en faveur de la maladie de Crohn sont :

- l'atteinte transmurale,
- l'atteinte fibrosante,
- l'atteinte de la graisse péri digestive,
- l'atteinte discontinue,
- l'atteinte compliquée sténosante ou fistulisante.

Ces performances en font un outil pour le suivi thérapeutique.

Les améliorations de l'équipement, la meilleure qualité des images et la résolution élevée des nouvelles sondes rendent envisageable une utilisation plus large au prix d'une formation adaptée des spécialistes prenant en charge des MICI dans les années à venir. Néanmoins, l'implication des gastro-entérologues et le caractère chronophage de ces approches peuvent représenter des limitations plus difficiles à vaincre que les défis techniques.

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt en rapport avec l'article. ■

Références

Les références importantes apparaissent en gras.

1. Kucharzik T, Kannengiesser K, Peterson F. The use of ultrasound in inflammatory bowel disease. *Annal Gastroenterol* 2017 ; 30 : 135-144.
2. Fraquelli M, Sarno A, Girelli C, et al. Reproducibility of bowel ultrasonography in the evaluation of Crohn's disease. *Dig Liver Dis* 2008 ; 40 : 860-866.
3. Calabrese E, Kucharzik T, Maaser C, et al. Inter-observer agreement in bowel ultrasonography for diagnostic assessment in patients with Crohn's disease. *Gastroenterology* 2016 ; 150 (Suppl. 1) : S433-4.
4. Spalinger J, Patriquin H, Miron MC, et al. Doppler US in patients with Crohn disease: Vessel density in the diseased bowel reflects disease activity. *Radiology* 2000 ; 217 : 787-91.
5. Drews BH, Barth TF, Hänle MM, et al. Comparison of sonographically measured bowel wall vascularity, histology, and disease activity in Crohn's disease. *Eur Radiol* 2009 ; 19 : 1379-86.
6. van Oostayen JA, Wasser MN, Griffioen G, van Hogezaand RA, Lamers CB, de Roos A. Diagnosis of Crohn's ileitis and monitoring of disease activity : value of Doppler ultrasound of superior mesenteric artery flow. *Am J Gastroenterol* 1998 ; 93 (1) : 88-91.
7. Limberg B, Osswald B. Diagnosis and differential diagnosis of ulcerative colitis and Crohn's disease by hydrocolonic sonography. *Am J Gastroenterol* 1994 ; 89 : 1051-7.
8. Medellín-Kowalewski A, Wilkens R, Wilson A, Ruan J, Wilson SR. Quantitative contrast-enhanced ultrasound parameters in Crohn disease : their role in disease activity determination with ultrasound. *AJR Am J Roentgenol* 2016 ; 206 : 64-73.
9. Piscaglia F, Nolsøe C, Dietrich CF, et al. The EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Practice of Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS): Update 2011 on non-hepatic applications. *Ultraschall Med* 2012 ; 33 : 33-59.
10. Pauls S, Gabelmann A, Schmidt SA, et al. Evaluating bowel wall vascularity in Crohn's disease: A comparison of dynamic MRI and wideband harmonic imaging contrast-enhanced low MI ultrasound. *Eur Radiol* 2006 ; 16 : 2410-7.
11. Ripollés T, Martínez-Pérez MJ, Paredes JM, Vizuete J, García-Martínez E, Jiménez-Restrepo DH. Contrast-enhanced ultrasound in the differentiation between phlegmon and abscess in Crohn's disease and other abdominal conditions. *Eur J Radiol* 2013 ; 82 : e525-e531.
12. Parente F, Greco S, Molteni M, Anderloni A, Maconi G, Bianchi Porro G. Modern imaging of Crohn's disease using bowel ultrasound. *Inflamm Bowel Dis* 2004 ; 10 : 452-61.
13. Castiglione F, Mainenti PP, De Palma GD, et al. Noninvasive diagnosis of small bowel Crohn's disease: Direct comparison of bowel sonography and magnetic resonance enterography. *Inflamm Bowel Dis* 2013 ; 19 : 991-8.
14. Panés J, Bouzas R, Chaparro M, et al. Systematic review: The use of ultrasonography, computed tomography and magnetic resonance imaging for the diagnosis, assessment of activity and abdominal complications of Crohn's disease. *Aliment Pharmacol Ther* 2011 ; 34 : 125-145.
15. Maconi G, Bolzoni E, Giussani A, Friedman AB, Duca P. Accuracy and cost of diagnostic strategies for patients with suspected Crohn's disease. *J Crohns Colitis* 2014 ; 8 : 1684-92.
16. Maconi G, Sampietro GM, Parente F, et al. Contrast radiology, computed tomography and ultrasonography in detecting internal fistulas and intra-abdominal abscesses in Crohn's disease: A prospective comparative study. *Am J Gastroenterol* 2003 ; 98 : 1545-55.
17. Panes J, Bouhnik Y, Reinisch W, et al. Imaging techniques for assessment of inflammatory bowel disease : joint ECCO and ESGAR evidence-based consensus guidelines. *J Crohns Colitis* 2013 ; 7 : 556-585.
18. Wilson SR, Burns PN. Microbubble-enhanced US in body imaging: What role? *Radiology* 2010 ; 257 : 24-39.
19. Moreno N, Ripollés T, Paredes JM, et al. Usefulness of abdominal ultrasonography in the analysis of endoscopic activity in patients with Crohn's disease: Changes following treatment with immunomodulators and/or anti-TNF antibodies. *J Crohns Colitis* 2014 ; 8 : 1079-87.
20. Kucharzik T, Wittig BM, Helwig U, et al. TRUST study group. Use of intestinal ultrasound to monitor Crohn's disease activity. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2016 ; 15 (4) : 535-42.
21. Zorzi F, Stasi E, Bevivino G, et al. A sonographic lesion index for Crohn's disease helps monitor changes in transmural bowel damage during therapy. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2014 ; 12 : 2071-7.
22. Rutgeerts P, Geboes K, Vantrappen G, Beyls J, Kerremans R, Hiele M. Predictability of the postoperative course of Crohn's disease. *Gastroenterology* 1990 ; 99 : 956-63.
23. Calabrese E, Petruzzello C, Onali S, et al. Severity of postoperative recurrence in Crohn's disease : correlation between endoscopic and sonographic findings. *Inflamm Bowel Dis* 2009 ; 15 : 1635-42.
24. Castiglione F, Bucci L, Pesce G, et al. Oral contrast-enhanced sonography for the diagnosis and grading of postsurgical recurrence of Crohn's disease. *Inflamm Bowel Dis* 2008 ; 14 : 1240-5.
25. Schwartz DA, Wiersema MJ, Dudiak KM, et al. A comparison of endoscopic ultrasound, magnetic resonance imaging, and exam under anesthesia for evaluation of Crohn's perianal fistulas. *Gastroenterology* 2001 ; 121 : 1064-1072.
26. Siddiqui MR, Ashrafian H, Tozer P, et al. A diagnostic accuracy meta-analysis of endoanal ultrasound and MRI for perianal fistula assessment. *Dis Colon Rectum* 2012 ; 55 : 576-85.
27. Maconi G, Ardizzone S, Greco S, Radice E, Bezzio C, Bianchi Porro G. Transperineal ultrasound in the detection of perianal and rectovaginal fistulae in Crohn's disease. *Am J Gastroenterol* 2007 ; 102 : 2214-9.
28. West RL, Zimmerman DD, Dwarkasing S, et al. Prospective comparison of hydrogen peroxide-enhanced three-dimensional endoanal ultrasonography and endoanal magnetic resonance imaging of perianal fistulas. *Dis Colon Rectum* 2003 ; 46 : 1407-15.
29. Ludwig D, Wiener S, Brünig A, et al. Mesenteric blood flow is related to disease activity and risk of relapse in ulcerative colitis: A prospective follow up study. *Gut* 1999 ; 45 : 546-52.
30. Sığirci A, Baysal T, Kutlu R, Aladağ M, Saraç K, Harputluoğlu H. Doppler sonography of the inferior and superior mesenteric arteries in ulcerative colitis. *J Clin Ultrasound* 2001 ; 29 : 130-9.