

# DAVANTAGE D'INFORMATIONS AVEC MOINS DE RADIATIONS? TDM double énergie: principes et applications cliniques en contexte de garde

LEVASSEUR, Laurie (R3), OÑATE MIRANDA, Marta; . Faculté de médecine et des sciences de la santé , Université de Sherbrooke, octobre 2022

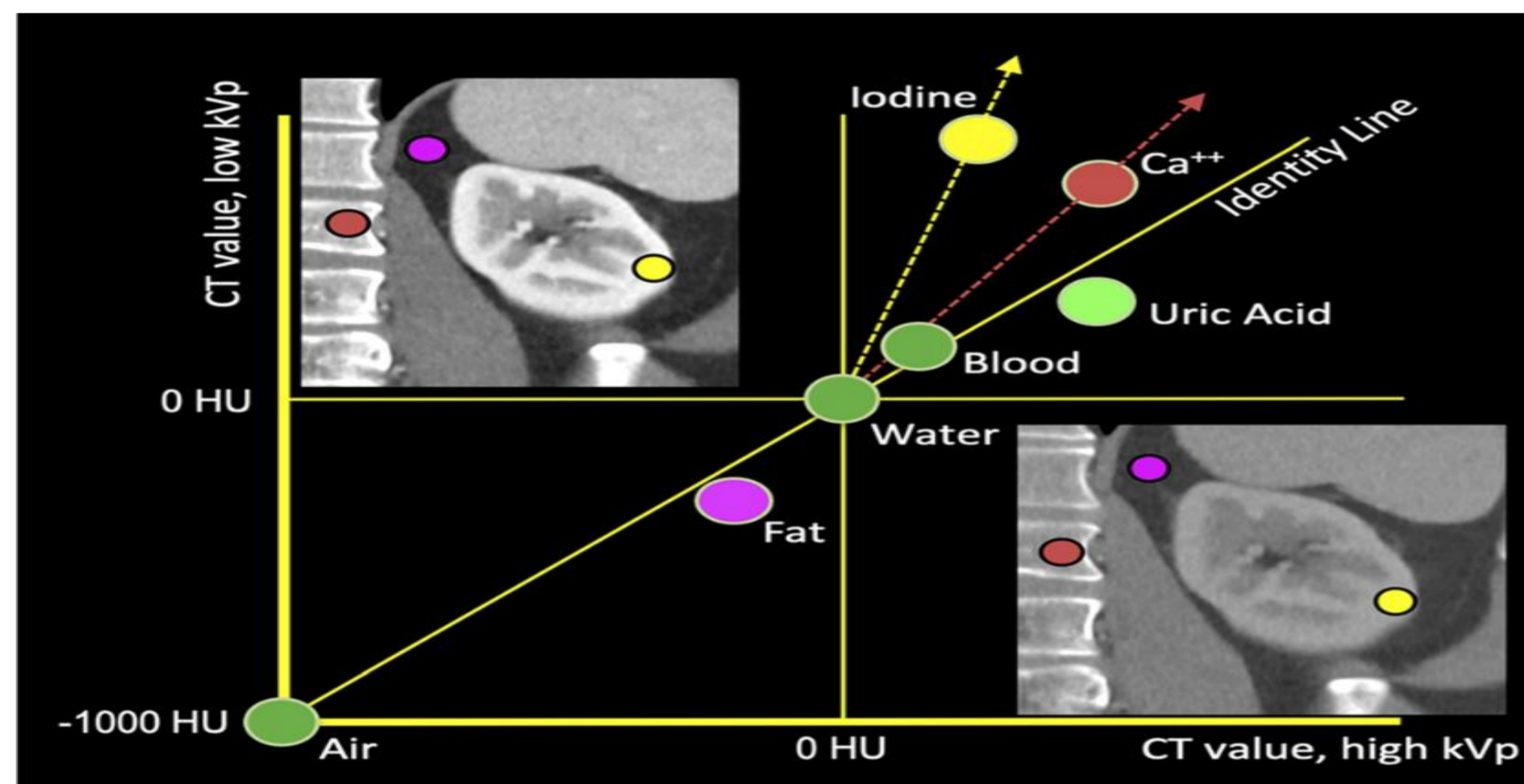
## INTRODUCTION

Savoir comment une substance se comporte à deux niveaux d'énergie différents peut fournir des informations sur la composition des tissus au-delà de celles pouvant être obtenues avec la tomodynamométrie conventionnelle<sup>1</sup>. Dès les années 1970, la TDM double énergie permettait d'améliorer la caractérisation des tissus. Son utilité était toutefois limitée en raison du bruit dans les images à faible kilovoltage et du temps nécessaire à l'acquisition des données<sup>1</sup>. Cependant, les nouvelles technologies permettent dorénavant une acquisition de données plus rapide et un traitement d'images plus optimal suscitant ainsi un regain d'intérêt pour les applications de la TDM DE dans le monde de l'imagerie médicale.<sup>1</sup>

## PRINCIPES

La tomodynamométrie à double énergie est une technique d'imagerie qui utilise deux spectres d'énergie de photons de rayons X séparés, permettant de différencier des substances qui ont des propriétés d'atténuation distinctes à différentes énergies<sup>2</sup>.

**Image 1<sup>3</sup>:** Comportement de différents matériaux dans le corps humain en unités Hounsfield selon l'absorption des rayons X à faible (axe y) et haute (axe x) énergie.

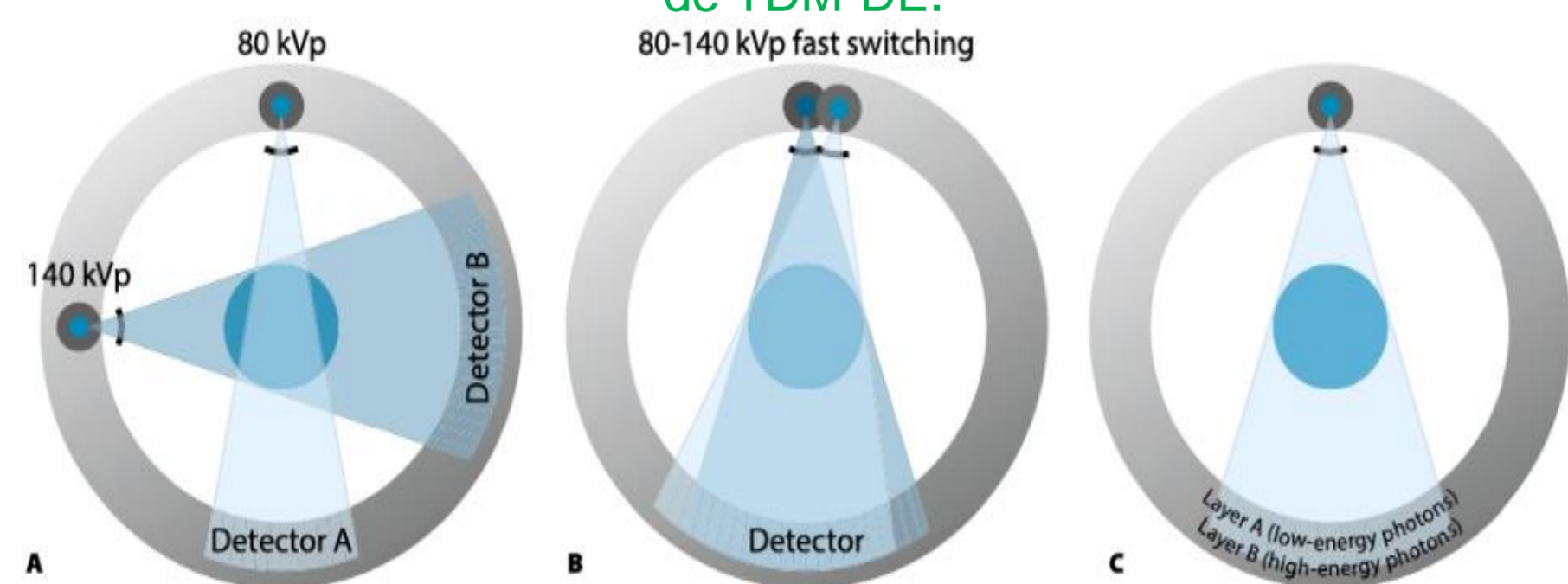


Deux conditions doivent être réunies pour permettre la différenciation des éléments à l'aide de la TDM DE<sup>3</sup>. Premièrement, les matériaux doivent avoir un comportement d'absorption des rayons X intrinsèquement différent en fonction du niveau d'énergie des rayons X<sup>3</sup>. Deuxièmement, il doit y avoir une séparation spectrale entre les données acquises à haute et basse énergie pour révéler les différences sous-jacentes<sup>3</sup>.

## MÉTHODE

Les différents fabricants ont développé de multiples approches en utilisant différents principes physiques, afin d'acquérir les données de haute et basse énergie nécessaires aux applications cliniques. Voici les 3 techniques les plus populaires:

**Image 2<sup>4</sup>:** Les 3 méthodes les plus fréquemment utilisées d'acquisition d'images de TDM-DE.

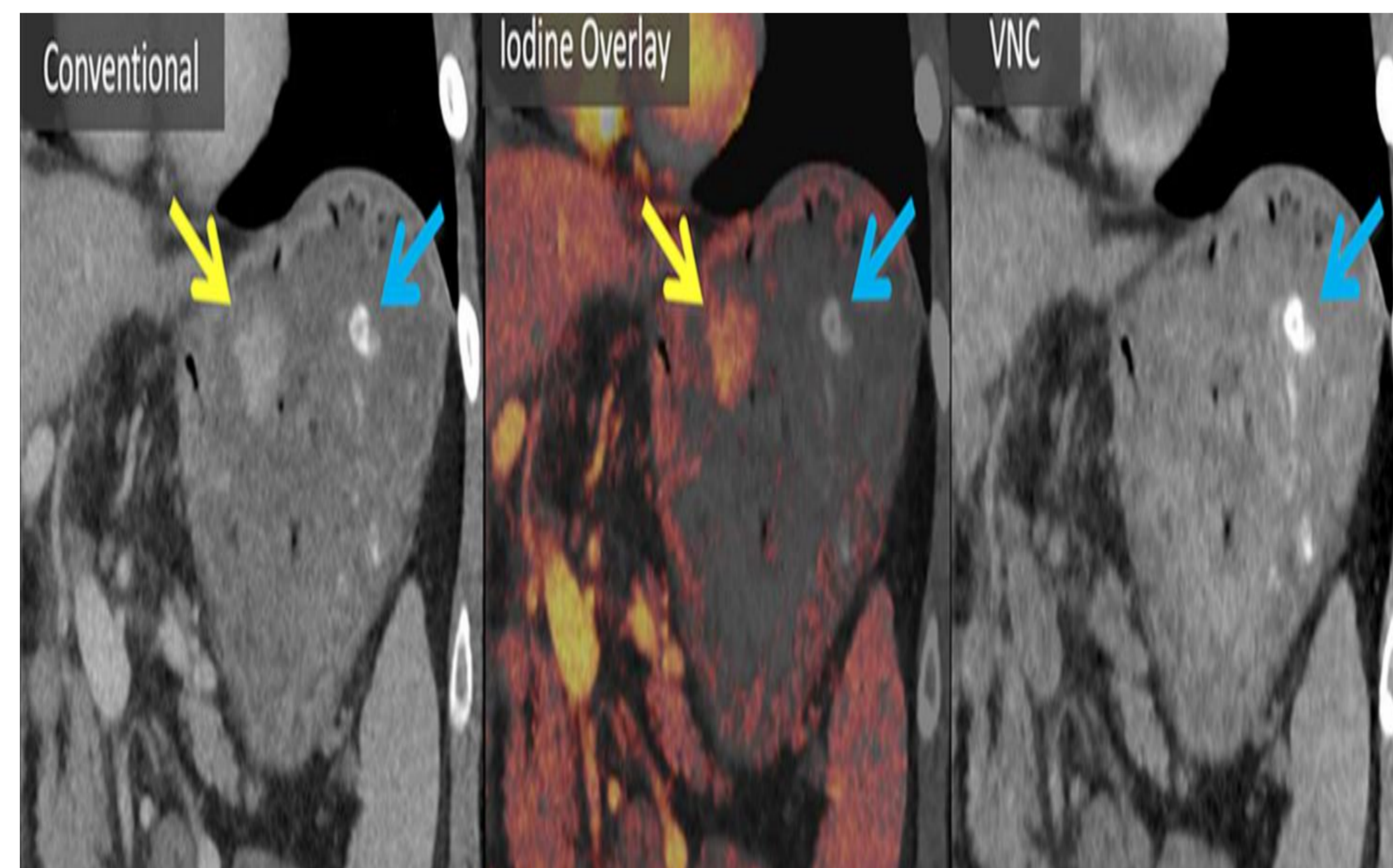


**A.** Illustration d'un système TDM à double source avec 2 tubes et 2 détecteurs montés à 90 degrés<sup>4</sup>. Les tubes fonctionnent sous différentes tensions (par exemple 80 kVp et 140 kVp). **B.** Illustration d'un système de commutation rapide de kilovoltage contenant 1 tube et 1 détecteur<sup>4</sup>. La tension est commutée rapidement entre 2 niveaux<sup>4</sup>. **C.** Illustration d'un système de détection à 2 niveaux avec 1 tube à rayons X fonctionnant à tension constante<sup>4</sup>. Les informations à double énergie sont dérivées d'un détecteur unique avec 2 profils de sensibilité différents (2 niveaux d'énergie différents)<sup>4</sup>.

## APPLICATIONS CLINIQUES

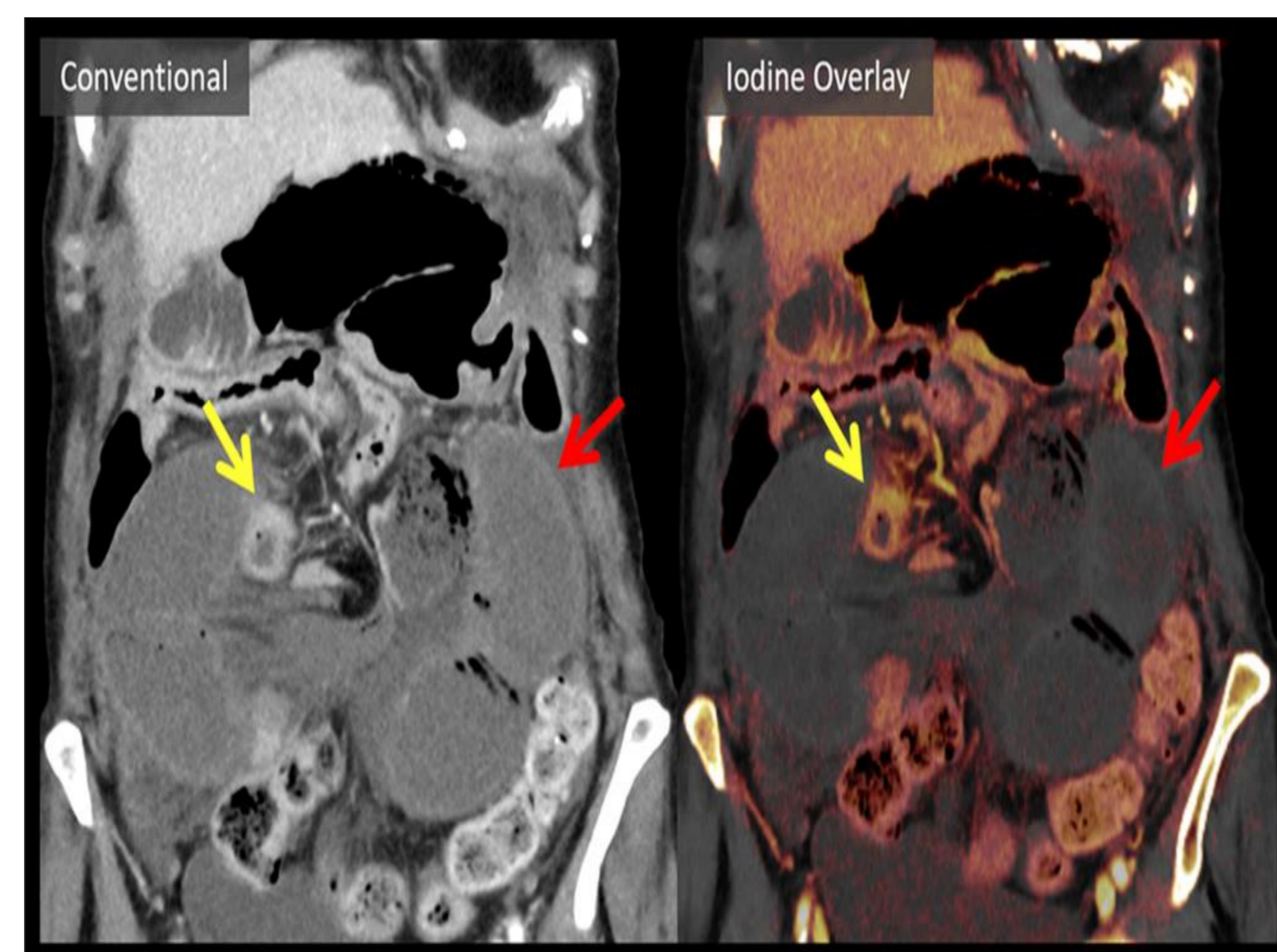
La TDM DE a quelques utilités permettant d'optimiser l'analyse d'images en répondant plus précisément à certaines questions cliniques. Voici plusieurs exemples utiles en contexte d'urgence pouvant faire une réelle différence en aidant le radiologiste à distinguer des éléments nécessitant une prise en charge rapide, comme par exemple, en levant l'ambiguïté devant un saignement actif ou non.

**Image 3<sup>3</sup>:** Différencier un saignement gastro-intestinal versus du matériel digestif ingéré.



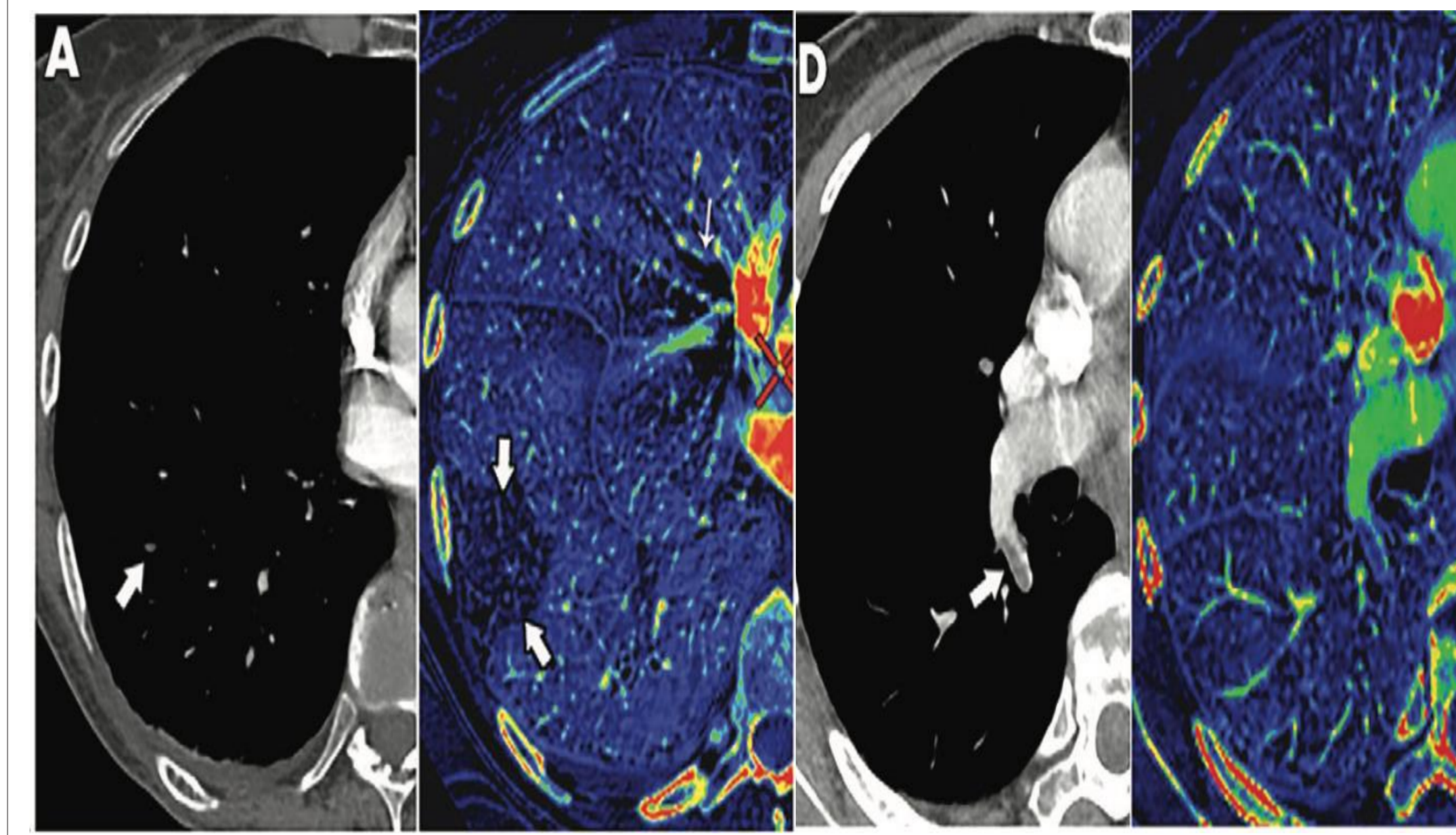
La TDM DE permet de différencier du matériel hyperdense dans l'estomac qui pourrait représenter un saignement gastrique actif ou du contenu digestif ingéré. L'extrasation active de contraste, représentant un saignement actif (flèche jaune), est colorée sur l'image de superposition d'iode, mais elle se trouve supprimée sur l'image VNC (virtual non-contrast). En revanche, le bismuth ingéré (flèche bleue) persiste sur l'image VNC et n'est pas coloré sur l'image de superposition d'iode. Cela permet une caractérisation définitive de l'iode intraluminal sans avoir besoin de phases supplémentaires.

**Image 4<sup>3</sup>:** Évaluation du rehaussement pariétal des anses digestives en contexte de souffrance intestinale.



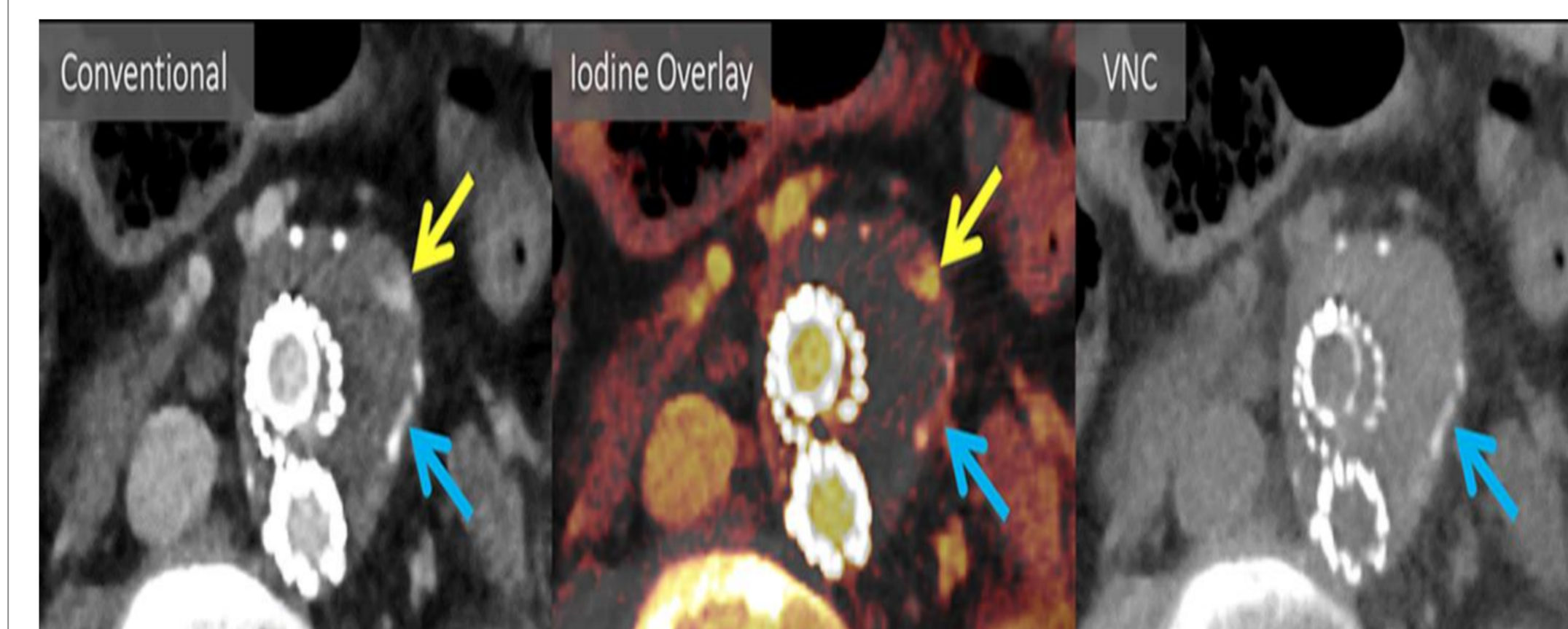
**Pronostic de la viabilité de la paroi intestinale en cas d'occlusion intestinale<sup>3</sup>.** TDM en coupe coronale conventionnelle qui montre des anses grêles nettement dilatées chez ce patient avec une occlusion intestinale du grêle en boucle fermée<sup>3</sup>. L'hyperdensité intramurale au niveau des anses grêles dilatées (flèches rouges) ne contient aucune absorption de contraste sur la carte iodée, confirmant l'ischémie associée à l'hémorragie de la paroi intestinale qui en résulte<sup>3</sup>. En revanche, l'intestin viable (flèches jaunes) a un rehaussement accentué et uniforme au niveau de la muqueuse sur l'image de la carte iodée. La TDM DE aide à identifier la souffrance intestinale, en particulier dans le cadre d'une hémorragie au sein de la paroi d'une anse intestinale qui peut être confondue comme un rehaussement pariétal normal sur les images de TDM conventionnelle<sup>3</sup>.

**Image 5<sup>5</sup>:** Distinguer des embolies pulmonaires subtiles et caractérisation de leurs chronologies.



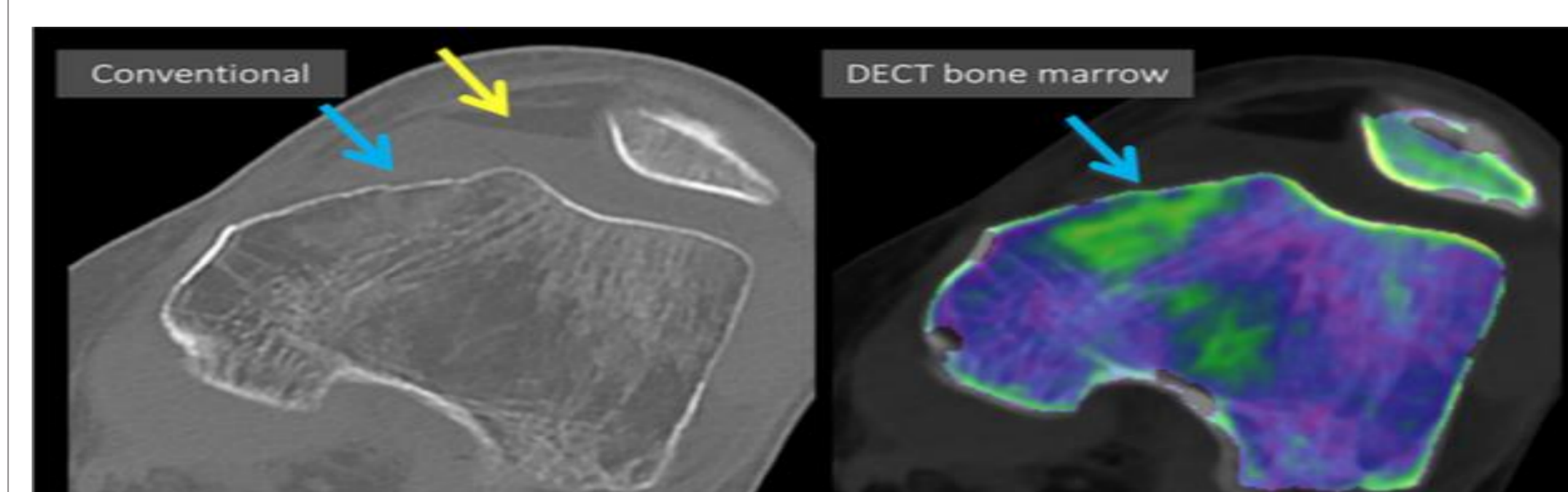
**A.** Embolie pulmonaire occlusive en sous-segmentaire au lobe inférieur droit (flèche) à l'angioscan (image de gauche) chez un homme de 49 ans avec défaut périphérique concomitant triangulaire (flèche) sur la carte iodée (image de droite)<sup>5</sup>. **D.** Angioscan pulmonaire (image de gauche) chez une femme de 66 ans avec des symptômes d'embolie pulmonaire. L'angioscan montre une embolie pulmonaire sous-segmentaire au lobe inférieur droit non occlusive. Cette embolie pulmonaire est chronique, car elle n'entraîne pas d'altération à la perfusion du parenchyme pulmonaire tel que confirmée par la carte iodée (image de droite).

**Image 6<sup>3</sup>:** Différencier une calcification d'un saignement avec une TDM uniphase.



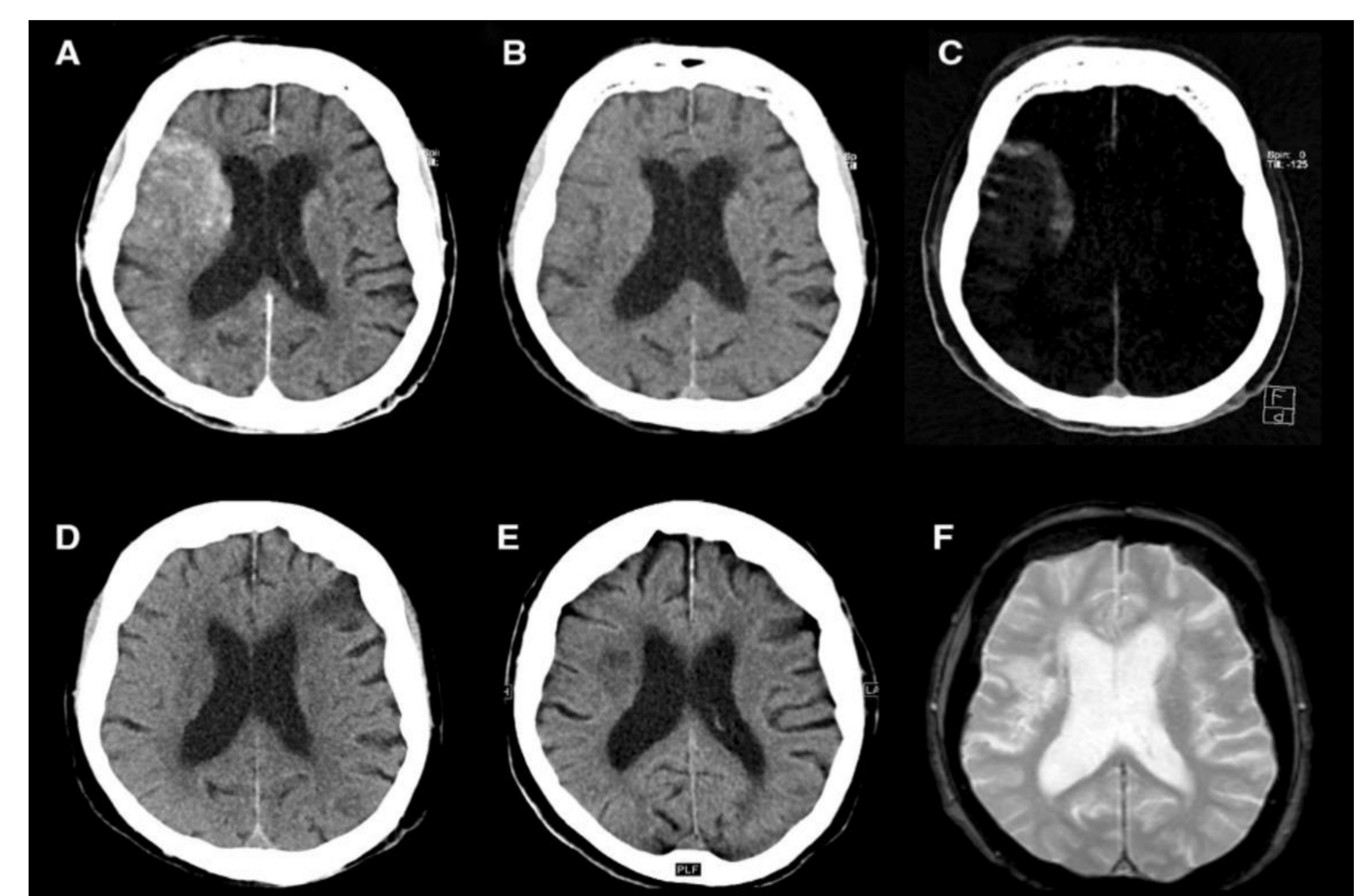
**Confirmation d'une endofuite dans une TDM abdominale uniphase réalisée pour d'autres raisons<sup>3</sup>.** Une TDM axiale montre du matériel hyperdense dans le sac anévrismal à l'extérieur de l'endoprothèse<sup>3</sup>. Une endofuite (flèches jaunes) est définitivement identifiée sans avoir besoin d'une acquisition sans contraste ou d'une phase retard, car l'iode contenu est codé par la couleur sur la carte iodée, et retiré sur les images VNC<sup>3</sup>. Les calcifications pariétales (flèches bleues) apparaissent à la fois sur les images d'iode et de VNC. En effet, tout ce qui apparaît sur la carte d'iode n'est pas exclusivement de l'iode, c'est pourquoi le contenu de l'image doit être corrélé avec les images VNC pour confirmer l'élimination dans le cas de l'iode<sup>3</sup>. Dans les algorithmes de décomposition à deux et trois matériaux pour l'iode, des matériaux autres que ceux spécifiquement ciblés dans l'algorithme apparaissent à des degrés variables dans les cartes iodée et virtuelles sans contraste.

**Image 7<sup>3</sup>:** Optimisation de la détection de fractures en utilisant le post-traitement d'images pour mettre en évidence l'œdème de la moelle osseuse.



**Évaluation de l'œdème médullaire par la TDM DE chez ce patient de 65 ans avec un traumatisme au genou<sup>3</sup>.** La TDM conventionnelle montre une lipohémarthrose (flèche jaune) avec un trait de fracture discret du condyle fémoral non déplacé (flèche bleue)<sup>3</sup>. L'image virtuelle sans calcium supprime l'atténuation des trabécules osseuses et applique une carte de couleurs à l'atténuation résiduelle de l'espace médullaire, révélant l'œdème médullaire sous-jacent (vert), par rapport à la moelle grasse normale (violet)<sup>3</sup>. Cela attire l'attention sur la région atteinte et facilite la détection de lignes de fractures subtiles ou invisibles<sup>3</sup>.

**Image 8<sup>6</sup>:** Différencier une imprégnation de contraste post thrombectomie versus une transformation hémorragique d'un AVC.



**TDM de la tête en contexte d'AVC aigu post thrombectomie.** L'image TDM de type 120 kV post-intervention immédiate (A) montre des régions d'hyperatténuation dans le territoire de l'artère cérébrale moyenne droite. Les images de la TDM sans contraste virtuelle (VNC) ne révèlent aucune hémorragie intracrânienne (B). La carte iodée seule (C) met en évidence le défaut au niveau de la barrière hémato-encéphalique. Au moment du premier contrôle 24 heures après l'intervention (D) et du deuxième contrôle à 3 semaines (E), on ne visualise aucun signe hémorragie intracrânienne. À l'IRM de suivi, la séquence T2\*s (F) ne montre également aucun signe d'hémorragie.

## LIMITATIONS

Les problèmes de flux de travail, notamment les difficultés de planification de la TDM, l'augmentation du temps de reconstruction, l'augmentation du nombre d'images et l'augmentation du temps d'interprétation limitent l'utilisation de la TDM DE à plus grande échelle.

## AVANTAGES

- Caractérisation immédiate d'incidentalome tel qu'un nodule surrénalien ou une lésion rénale supraliquidiennne en déduisant les images sans contraste d'une TDM injectée réduisant ainsi la radiation, le nombre d'examen subséquent et le stress au patient<sup>1,2,3</sup>.
- Diminution de la radiation, lorsque les paramètres sont bien optimisés, en effectuant seulement 2 passes pour obtenir une TDM triple-phase<sup>2,3</sup>.
- Optimisation de l'opacification inadéquate de contraste, par exemple pour un angioscan pulmonaire, évitant ainsi de refaire l'examen<sup>2,3</sup>.
- Donner des informations pronostiques, par exemple, en définissant la teneur en iode dans un tissu afin d'estimer plus précisément l'étendue de l'ischémie/nécrose<sup>1,2,3</sup>.
- Diminution significative des artefacts de durcissement en lien avec le matériel chirurgical<sup>3</sup>.
- Diminution de la quantité de contraste nécessaire pour obtenir la même qualité d'image qu'une TDM de base avec contraste (bénéfique pour les cas d'insuffisance rénale)<sup>2,3</sup>.

## CONCLUSION

La TDM DE a de multiples applications qui permettent d'améliorer les informations que les images de TDM conventionnelle peuvent nous fournir<sup>3</sup>. Ces applications ont démontré de nombreux avantages dans une gamme étendue d'application clinique<sup>3</sup>. Les récentes avancées en matière de protocole et d'optimisation du traitement d'images font en sorte que la TDM DE a et aura de plus en plus sa place dans le domaine de l'imagerie médicale.

## RÉFÉRENCES

- Dual-Energy Multidetector CT: How Does It Work, What Can It Tell Us, and When Can We Use It in Abdominopelvic Imaging? Courtney A. Coursey, Rendon C. Nelson, Daniel T. Boli, Erik K. Paulson, Lisa M. Ho, Amy M. Neville, Danielle Marin, Rajan T. Gupta, and Sebastian T. Schindera RadioGraphics 2010 30:4, 1037-1055
- Hsu, C., Vajuhuden, Z. Dual energy CT. Reference article. Radiopaedia.org. [accessed on 11 Sep 2022] https://doi.org/10.53347/rp-2018-0353
- Sodickson AD, Kerlins A, Czakoowski B, Primak A, Wortman J, Ujeda JW. Dual energy CT in clinical routine: how it works and how it adds value. Emerg Radiol. 2021
- Chellini D, Kinman K. Dual-Energy CT Principles and Applications. Radiol Technol. 2020 Jul;91(6):561-576CT-Febr281:103-117. Epub 2020 Jun 1.
- Weidman EK, Piotrowski AJ, Halpern DF, Hayes SA, Perez-Johnston R, Zheng J, Moskowitz C, Ginsberg MS. Dual-Energy CT Angiography for Detection of Pulmonary Emboli: Incremental Benefit of Iodine Maps. Radiology. 2018 Nov;289(2):546-553. doi: 10.1148/radiol.2018180594. Epub 2018 Sep 11. PMID: 30204073
- Morhard D, Ertl L, Gerdsmeier-Petz W, Ertl-Wagner B, Schulte-Altedorneburg G. Dual-energy CT immediately after endovascular stroke intervention: prognostic implications. Cardiovasc Intervent Radiol. 2014 Oct;37(5):1171-8. doi: 10.1007/s00270-013-0804-y. Epub 2013 Dec 6. PMID: 24310826