

# L'imagerie multimodale dans l'endocardite infectieuse

## Multimodality Imaging in Infective Endocarditis

Ahmed Mlik, Rami Tlili, Fares Azaiz, Rim Ben Romdhane, Kawther Bachrawi, Youssef Ben Ameur

Service de cardiologie, Centre Hospitalier Universitaire de Mongi Slim, Tunis, Tunisia.

### Résumé

La sensibilité et la spécificité des critères de Duke modifiés pour l'endocardite infectieuse sur valves natives sont sous-optimales, à environ 80%. Et leurs apports diagnostiques à l'endocardite infectieuse sur matériels prothétiques intra cardiaques est encore plus faible. Les différentes techniques d'imagerie non invasive multimodale pourraient potentiellement améliorer le diagnostic de l'endocardite infectieuse, cependant, leurs valeurs diagnostiques n'est pas claire.

L'objectif de cet article est d'étudier les différentes méthodes d'imagerie multimodale et leurs apports dans le diagnostic et la prise en charge de l'endocardite infectieuse.

### Mots-clés

Endocardite infectieuse ;  
angioscanner multicoupe  
, scintigraphie aux  
leucocytes marqués au  
 $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO ,  $^{18}\text{F}$ -  
FDG PET / SCAN ,  
prothèse valvulaire,  
valves natives, dispositif  
cardiaque implantable.

### Summary

The sensitivity and specificity of the modified Duke criteria for endocarditis in native valves are suboptimal, at around 80%. And their diagnostic contribution for infective endocarditis in intra-cardiac prosthetic materials is even lower. Non-invasive multimodal imaging could potentially improve the diagnosis of infectious endocarditis; however, their diagnostic value is unclear.

In this paper, we propose to analyse the different multimodal imaging methods and their contributions in the diagnosis and management of infectious endocarditis.

### Keywords

Infectious endocarditis,  
the multidetector CT  
angiography,  $^{99m}\text{Tc}$ -  
HMPAO-labeled  
leukocyte scintigraphy,  
 $^{18}\text{F}$ -FDG PET / SCAN,  
valve prosthesis, native  
valve, implantable heart  
device.

### Correspondance

Ahmed Mlik : Service de cardiologie, Centre  
Hospitalier Universitaire de Mongi Slim, Tunis,  
Tunisia. Email : ahmed.mlik11@gmail.com

## INTRODUCTION

L'endocardite infectieuse (EI) est une maladie complexe qui, certes atteint le cœur, mais peut donner des complications qui touchent plusieurs organes. Son pronostic dépend surtout de la rapidité du diagnostic et de sa prise en charge thérapeutique. Cependant, le diagnostic de l'EI n'est pas toujours évident, et se base sur plusieurs critères dont la pierre angulaire est l'échocardiographie. Suite au développement des prothèses intracardiaques dont l'utilisation est devenue plus fréquente au cours de ces dernières années, le diagnostic de l'EI pose actuellement un vrai défi. D'autres modalités d'imagerie (tomodensitométrie, l'imagerie par résonance, l'imagerie nucléaire) ont connu des améliorations techniques et leur application à la détection des lésions cardiaques et extracardiaques liées à l'EI semblent être une voie à suivre dans la prise en charge des patients suspects.

## L'ÉCHOCARDIOGRAPHIE

### PRINCIPE

L'échocardiographie a un rôle clé dans le diagnostic de l'EI et la prédiction du risque embolique. De plus, l'échocardiographie est également cruciale pour l'évaluation pronostique des patients atteints d'EI, pour leur suivi sous thérapie, et pendant la période postopératoire.(1)

Les principaux critères échographiques pour l'EI sont la présence de végétations, d'abcès et/ou d'une nouvelle déhiscence d'une valve prothétique.

### AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

#### *EI sur valves natives:*

##### Végétation :

L'échocardiographie est la technique d'imagerie de choix dans le diagnostic de l'EI sur valves natives avec une sensibilité pour le diagnostic d'une végétation de 50 à 90% par l'échocardiographie transthoracique (ETT) et de 85% jusqu'à 90% par l'échocardiographie transoesophagienne (ETO). La spécificité est aux alentours de 90% pour l'ETT et l'ETO. (2)

##### Abcès :

Le deuxième critère échocardiographique majeur de l'endocardite est la présence d'un abcès périvalvulaire avec une sensibilité de 50% pour l'ETT contre 90% pour l'ETO.

La spécificité est de 90% pour les deux. (3)

##### Limites :

Une échocardiographie négative peut être observée dans environ 15% des EI.

Les explications les plus fréquentes d'une échocardiographie négative sont les très petites végétations et la difficulté à les identifier en présence de lésions sévères préexistantes (prolapsus valvulaire mitral, lésions dégénératives et valves prothétiques). (4)

De même, le diagnostic d'EI peut être plus difficile lorsque les végétations sont non oscillantes et / ou de localisation atypique. De plus, le diagnostic peut être difficile au début de la maladie, lorsque les végétations ne sont pas encore présentes ou trop petites pour être identifiées. (5) Le diagnostic d'un abcès périvalvulaire peut être aussi difficile même en utilisant l'ETO surtout à un stade précoce de la maladie ou l'abcès est encore de petite taille, ou quand l'abcès est situé aux alentours de calcifications à la partie postérieure de l'anneau mitral. (6)

Dans certains cas, il peut être difficile de différencier les végétations des thrombi, des excroissances de Lambd, du prolapsus des cuspidés, de la rupture du cordage, du fibroélastome valvulaire, de la maladie dégénérative ou myxomateuse de la valve, des lésions du lupus systémique (Libman - Sacks) ou du syndrome des anti phospholipides primaire, des lésions rhumatoïdes ou des végétations marantiques. (7)

#### *EI sur prothèses valvulaires :*

##### Végétation :

L'ETT offre une sensibilité faible pour la détection des végétations entre 36% et 69%. L'ETO offre en contrepartie une sensibilité de 86% à 94% et une spécificité de 88% à 100%. (8) Ce qui impose l'utilisation systématique de l'ETO devant toute suspicion d'EI sur prothèse valvulaire.

##### Abcès :

Le diagnostic d'un abcès est plus difficile sur les prothèses valvulaires, en particulier en début de la période postopératoire (après un remplacement valvulaire).

##### Nouvelle déhiscence d'une valve prothétique :

La déhiscence d'une valve prothétique représente le troisième critère diagnostique principal pour l'EI. L'endocardite infectieuse doit être suspectée en

présence de nouvelles régurgitations périvalvulaires, même en l'absence de végétations. L'ETO a une meilleure sensibilité que l'ETT pour ce diagnostic, en particulier dans la valve prothétique mitrale. (9)

Limite :

L'apport de l'ETO et de l'ETT est moins intéressant pour l'endocardite sur prothèses valvulaires pour plusieurs raisons. Premièrement, la présence de matériels intracardiaques rend difficile la visualisation de la végétation ou de l'abcès, d'où la faible sensibilité de l'échocardiographie. (10) Secondairement, il est très difficile de faire la différence entre un thrombus, un strand ou une dégénérescence d'une bioprothèse d'une végétation.

#### **El sur un dispositif cardiaque implantable :**

L'ETT a une faible sensibilité et une valeur prédictive négative pour la détection des végétations de l'appareil cardiaque. L'ETO a une sensibilité et une spécificité plus élevées que l'ETT (11), mais les deux modalités doivent être effectuées avec une évaluation complète clinique et biologique de l'état des patients. Les difficultés de détection des végétations sur les sondes par ETT sont expliquées par les raisons suivantes: la présence de cône d'ombre des sondes, en particulier chez les patients ayant plus d'une sonde intracardiaque, l'emplacement atypique des végétations (dans la veine cave supérieure ou dans l'oreillette droite) et l'insuffisance acoustique de la fenêtre transthoracique chez ces patients qui sont généralement âgés. (12)

## **TOMODENSITOMÉTRIE (TDM) CARDIAQUE ET EXTRACARDIAQUE AVEC OU SANS ANGIOGRAPHIE :**

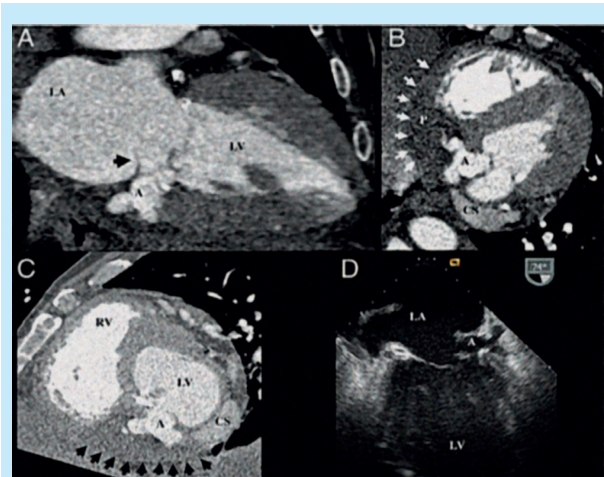
### **PRINCIPES**

L'image tomодensitométrique est une image radiographique numérisée se basant sur la mesure de l'atténuation d'un faisceau de rayons X traversant une partie du corps. Les scanners sont donc composés, entre autres d'un tube radiogène et d'un système de détection. (13)

## **AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS**

### **Valves natives :**

La tomодensitométrie conventionnelle a une bonne sensibilité et spécificité surtout pour les lésions périvalvulaires, mais la tomодensitométrie multicoupe a révolutionné le diagnostic de l'endocardite infectieuse par rapport à la TDM conventionnelle et offre ainsi des informations sur l'anatomie cardiaque à haute résolution dans les endocardites sur valves natives comme sur valves prothétiques. la tomодensitométrie multicoupe permet l'identification des perforations valvulaires, des extensions périvalvulaires de l'infection (abcès, pseudo-anévrismes, fistules et déhiscence valvulaire), cependant, elle est moins précise dans la visualisation des végétations. (14,15) Parfois, elle présente une valeur diagnostique similaire à l'ETO dans l'évaluation globale de l'endocardite infectieuse. En plus, le scanner peut être utile dans la description anatomique de l'aorte et dans la détection de calcifications ce qui pourrait ainsi fournir des informations essentielles aux chirurgiens.



**Figure 1 :** Végétation mobile de la valve mitrale avec abcès paravalvulaire / pseudoanévrisme (16)

La tomодensitométrie multicoupe (A: oblique sagittal gauche; B: oblique axial; C: vue à axe court). (P), obstruction du sinus coronaire (CS). La flèche noire (A) pointe vers la végétation mobile. Les flèches blanches (B) et noires (C) délimitent le bord extérieur de l'abcès / épanchement inflammatoire péricardique.

L'échocardiographie transœsophagienne (D) a détecté l'abcès / le pseudo-anévrisme, mais l'étendue de l'atteinte périvalvulaire n'était pas claire. A = abcès; LA = oreillette gauche; LV = Ventricule gauche gauche; RV = Ventricule droit.

**Prothèse valvulaire :**

Le scanner cardiaque permet la visualisation des végétations, des abcès, des pseudo anévrysmes et des déhiscences prothétiques. Selon certaines études, la sensibilité pour la détection des endocardites infectieuses est de 93% (17) et elle est de 100% pour les lésions perivalvulaires. (18) Prouvant ainsi une égalité voire même une supériorité quant au diagnostic de l'EI porté par l'ETO

**Artères coronaires :**

La coronarographie peut être dangereuse chez les patients atteints d'EI surtout celle de la valve aortique vu le risque d'embolisation de la végétation et/ou d'une décompensation hémodynamique. Ainsi, le coroscaner peut être une technique alternative pour l'exploration des artères coronaires. (19)

**Extra cardiaque :**

L'exploration de la vascularisation intra crânienne par l'angioscanner cérébral est une étape très importante dans la prise en charge des EI afin de dépister les anévrysmes mycotiques ou les signes indirects comme les hémorragies intra parenchymateuses ou sous arachnoïdiennes. (20) Le scanner permet de rechercher une atteinte pulmonaire dans les EI du cœur droit comme les abcès et les infarctus pulmonaires. Il a aussi une bonne sensibilité et spécificité pour l'exploration du lit vasculaire systémique et ainsi détecter les lésions périphériques artérielles telle que les infarctus splénique, rénal ou mésentérique et aussi pour rechercher des lésions métastatiques telle que les artérites septiques et les spondylodiscites. (21)

## SCINTIGRAPHIE AUX LEUCOCYTES MARQUÉS AU <sup>99</sup>MTC-HMPAO AVEC SPECT/TDM

**PRINCIPE**

L'imagerie par scintigraphie aux leucocytes marqués utilise des leucocytes radiomarqués autologues (In-oxine ou <sup>99</sup>mTc-HMPAO) qui sont injectés par voie intraveineuse au patient pour rechercher une infection dans le corps en imageant des rayons gamma. L'accumulation de leucocytes radiomarqués dépend du temps entre les images initiales et tardives. Les images planes sont obtenues à partir de différentes angulations avec acquisition SPECT ultérieure, reconstruction 3D et fusion avec les images du scanner à faible dose pour une localisation anatomique et une correction d'atténuation plus poussée. (22)

**AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS****El sur valves natives :**

La scintigraphie aux leucocytes marqués n'a pas de place actuellement dans le diagnostic des EI sur valve native vu sa faible sensibilité pour la détection des végétations à cause de leur petites tailles et leur caractère mobile.

**Dispositif cardiaque implantable :**

Une étude cohorte rétrospective a montré l'efficacité de scintigraphie aux leucocytes marqués dans la détection des végétations sur les dispositifs cardiaques implantés avec une sensibilité de 94%, une spécificité qui peut atteindre 100 %, une valeur prédictive positive de 100% avec une valeur prédictive négative de 94%. (23) Elle permet aussi de différencier les infections touchant le boîtier, les sondes ou les deux au même temps.

**Prothèse valvulaire :**

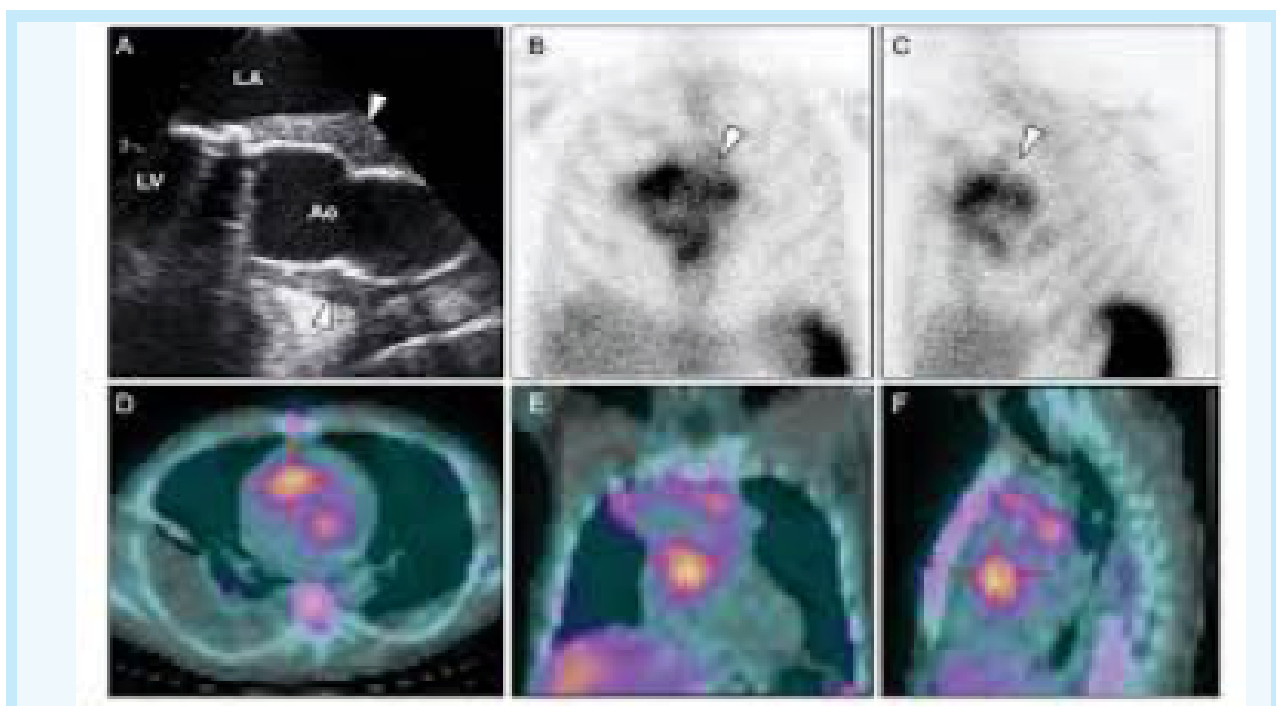
Nous avons inclus trois études portant sur la valeur de la scintigraphie aux leucocytes marqués mTc-HMPAO avec SPECT /TDM dans le diagnostic de l'endocardite chez les patients avec prothèse valvulaire.

La scintigraphie aux leucocytes marqués mTc-HMPAO avec SPECT /TDM avait 64 à 90% de sensibilité, 36 à 100% de spécificité et 85 à 100% de valeur prédictive positive (VPP) et 47-81% de valeur prédictive négative (VPN) dans le diagnostic de l'endocardite infectieuse. (19, 24, 25)

**Inconvénients :**

La scintigraphie aux leucocytes marqués demande une préparation pharmacologique préalable du sang à injecter avant la procédure. Sa résolution spatiale et son efficacité de détection des photons est légèrement inférieure à la tomographie par émission de positons au <sup>18</sup>Fluoro-deoxy-glucose intégrée avec un scanner ([<sup>18</sup>F] FDG PET /SCAN). L'accumulation de <sup>99</sup>mTc-HMPAO WBC peut être faible en cas d'abcès drainé ou encapsulé, ou en cas d'infection par des bactéries non pyogènes. (27)

Figure 2 ; Un homme de 50 ans atteint d'une EI sur prothèse mécanique aortique et tube aortique. L'ETO a montré la présence d'un épaissement hétérogène de 20 mm de large autour du tube aortique (A, pointes de flèches blanches). Une accumulation de leucocytes radiomarqués le long du tube aortique a été détectée dans la zone cardiaque (pointes de flèches blanches) sur la face antérieure (B) et oblique (C). Les acquisitions scintigraphiques avec le tube aortique (croix rouges) sur les vues axiales (D), coronales (E) et sagittales (F) ont été reconstruites pour donner des images SPECT / TDM fusionnées. Selon (24)



**Figure 2** Un homme de 50 ans atteint d'une EI sur prothèse mécanique aortique et tube aortique. L'ETO a montré la présence d'un épaissement hétérogène de 20 mm de large autour du tube aortique (A, pointes de flèches blanches). Une accumulation de leucocytes radiomarqués le long du tube aortique a été détectée dans la zone cardiaque (pointes de flèches blanches) sur la face antérieure (B) et oblique (C). Les acquisitions scintigraphiques avec le tube aortique (croix rouges) sur les vues axiales (D), coronales (E) et sagittales (F) ont été reconstruite pour donner des images SPECT / TDM fusionnées. Selon (24)

## LA TOMOGRAPHIE PAR EMISSION DE POSITONS AU 18FLUORO-DEOXY-GLUCOSE INTEGREE AVEC UN SCANNER (<sup>18</sup>F-FDG PET / SCAN):

### PRINCIPE

Il est réalisé en une seule acquisition (généralement à 1 h) après l'administration de <sup>18</sup>F-FDG, qui est activement incorporé in vivo par les leucocytes activés, les monocytes-macrophages et les lymphocytes T CD4 + qui s'accumulent sur les sites d'infection. (27)

### AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

#### Valves natives :

Le PET/SCAN n'a pas de place en routine pour la détection des EI sur valve native vu sa très faible sensibilité qui ne dépasse pas les 14%. (28)

#### Dispositif cardiaque implantable :

Selon plusieurs études, le diagnostic d'une infection liée à un appareil intracardiaque a une sensibilité de 80 à 89%, une spécificité de 86 à 100%, 94 à 100% VPP et 85-88% VPN. Le diagnostic d'infection sur sonde avait une sensibilité 24 à 100%, une spécificité de 79-100%, une VPP de 66-100% et une VPN de 73 à 100%. Le diagnostic d'infection de poche avait une sensibilité de 87 à 91%, une spécificité de 93 à 100%, 97%VPP et 81% VPN. (29, 30, 31, 32, 15, 33, 34) Une autre étude a montré l'efficacité du scanner retardé par rapport à l'injection du <sup>18</sup>F-FDG (3 heure après), la sensibilité et la spécificité deviennent respectivement de 91% et 100% pour l'appareil intracardiaque, 61% et 79% pour les sondes, et 94% et 100% pour le boîtier. (35)

#### Prothèse valvulaire :

Le <sup>18</sup>F-FDG PET / SCAN avait une sensibilité de 73 à 100%, une spécificité de 71 à 100% et de 67 à 100% VPP et 50-100% VPN pour le diagnostic d'endocardite infectieuse. L'ajout du <sup>18</sup>F-FDG PET / SCAN aux critères

Duke modifiés améliore la sensibilité pour le diagnostic de 52-70% à 91-97%. <sup>1</sup> F-FDG La TEP / SCAN a montré des sensibilités similaires pour les végétations, les lésions périvalvulaires et la déhiscence valvulaire prothétique par rapport à l'échocardiographie. (36, 37, 38, 39) Le <sup>1</sup> F-FDG PET / angio-TDM, a montré une supériorité dans le diagnostic de l'endocardite infectieuse avec une sensibilité de 91%, une spécificité de 91%, et 93% de VPP et 88% de VPN. (40)

#### **Extracardiaques :**

La scintigraphie aux leucocytes marqués et le PET/SCAN ont une place importante dans la détection des infections extracardiaques métastatiques et les embols septiques et même pour la localisation de la porte d'entrée de l'infection. (42)

#### **Inconvénients :**

Le PET/SCAN présente une limitation pour la détection des embols septiques cérébrales à cause de son métabolisme spécifique qui utilise une quantité importante de traceur. De plus, elle ne peut être pratiquée qu'au moins 3 mois après le remplacement valvulaire afin de minimiser le risque de faux positifs. (27)

### **CE QUE DISENT LES RECOMMANDATIONS CONCERNANT LE CHOIX DES TECHNIQUES D'IMAGERIE:**

Devant le développement de ces nouvelles techniques d'imagerie, les dernières recommandations de l'ESC 2015 ont ajouté de nouveaux critères pour le diagnostic

des EI afin d'améliorer la sensibilité de détection de ces dernières surtout dans les EI sur prothèse valvulaire, pacemaker ou défibrillateur (27)

L'identification des lésions paravalvulaires par TDM cardiaque est considérée comme un critère majeur.

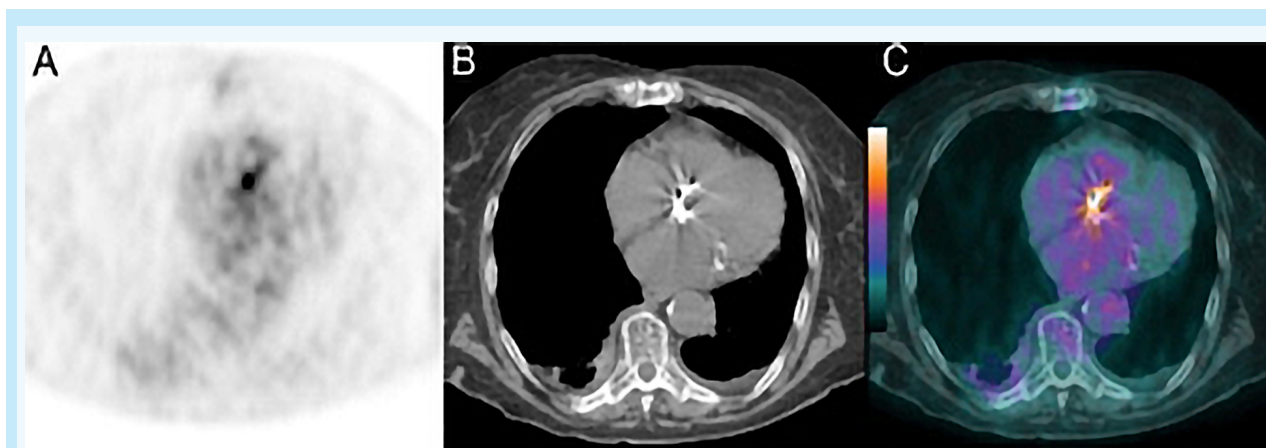
Dans le cadre de la suspicion d'endocardite sur une prothèse valvulaire, l'activité anormale autour du site d'implantation détectée par PET18F-FDG / SCAN (uniquement si la prothèse a été implantée depuis plus de 3 mois) ou SPECT scintigraphie aux leucocytaires radiomarqués / TDM doit être considérée comme un critère majeur.

L'identification des événements emboliques récents ou des anévrysmes infectieux par imagerie uniquement (événements silencieux) doit être considérée comme un critère mineur.

L'utilisation du scanner cardiaque est recommandée dans les dernières recommandations de 2014 du Journal of the American College of Cardiology en class 2a niveau d'évidence B pour évaluer la morphologie / l'anatomie dans un contexte d'infections paravalvulaires suspectées lorsque l'anatomie ne peut pas être clairement délimitée par l'échocardiographie. (43) Mais ils n'ont pas pris en compte d'utilisation de l'angioTDM, de la scintigraphie ou de du PET/TDM.

#### **Les diagrammes proposés :**

On propose deux diagrammes qui ont été influencés par un article publié dans le journal THE LANCET Infectious Diseases (44) (figure1 et 2) afin de donner une démarche claire de l'utilisation des différentes techniques



**Figure 3** Images transversales d'une femme de 83 ans atteinte d'une EI sur une prothèse aortique: (A) 18F-FDG-PET /SCAN; (B) TDM; (C) 18F-FDG-PET / SCAN intégré. Une forte absorption de FDG a été observée au niveau de la prothèse aortique.(41)

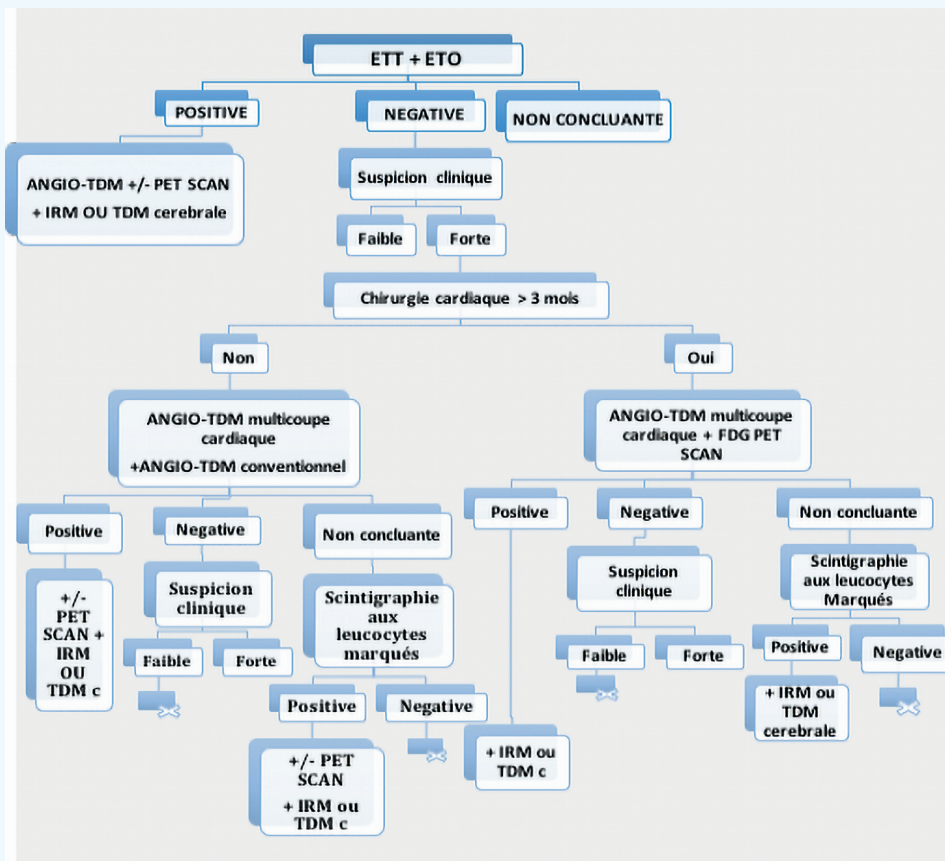


Figure 4 Démarche diagnostic en de suspicion d'EI sur prothèses valvulaires ou sur dispositif cas intracardiaque

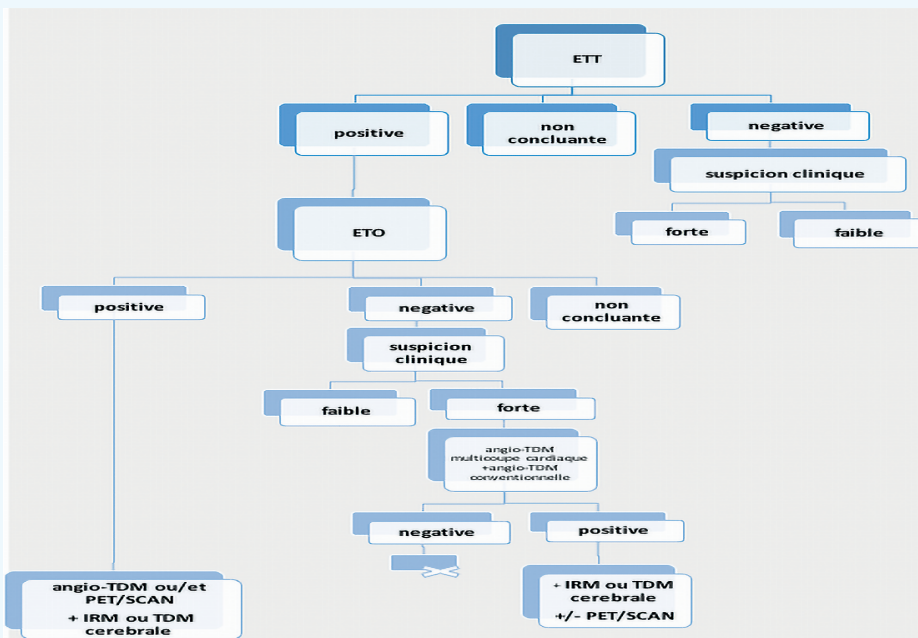


Figure 5 Démarche diagnostic en cas de suspicion d'une EI sur valve native

d'imagerie pour une meilleure efficacité dans le diagnostic de l'endocardite infectieuse.

## CONCLUSION

L'endocardite infectieuse reste un diagnostic difficile et l'échographie cardiaque présente certaines limites pouvant avoir de graves conséquences pronostiques. Les

nouvelles techniques d'imagerie permettent une meilleure évaluation des structures cardiaques et extracardiaques et améliore la prise en charge diagnostique et thérapeutique. Certes, de nouvelles études seront nécessaires à l'avenir afin de préciser les indications de chaque méthode, mais le futur de l'imagerie de l'endocardite infectieuse sera très certainement multimodal.

## REFERENCES

- Habib G, Avierinos J-F, Thuny F. Aortic valve endocarditis: is there an optimal surgical timing? *Curr Opin Cardiol.* mars 2007;22(2):77-83
- Mügge A, Daniel WG, Frank G, Lichtlen PR. Echocardiography in infective endocarditis: Reassessment of prognostic implications of vegetation size determined by the transthoracic and the transesophageal approach. *J Am Coll Cardiol.* sept 1989;14(3):631-8.
- Daniel WG, Mügge A, Martin RP, Lindert O, Hausmann D, Nonnast-Daniel B, et al. Improvement in the Diagnosis of Abscesses Associated with Endocarditis by Transesophageal Echocardiography. *N Engl J Med.* 21 mars 1991;324(12):795-800.
- Habib G. Management of infective endocarditis. *Heart.* 1 janv 2006;92(1):124-30.
- Habib G, Derumeaux G, Avierinos J-F, Casalta J-P, Jamal F, Volot F, et al. Value and limitations of the duke criteria for the diagnosis of infective endocarditis. *J Am Coll Cardiol.* juin 1999;33(7):2023-9.
- Hill EE, Herijgers P, Claus P, Vanderschueren S, Peetermans WE, Herregods M-C. Abscess in infective endocarditis: The value of transesophageal echocardiography and outcome. *Am Heart J.* nov 2007;154(5):923-8.
- Sánchez-Enrique C, Vilacosta I, Moreno HG, Delgado-Bolton R, Pérez-Alonso P, Martínez A, et al. Infected Marantic Endocarditis With Leukemoid Reaction. *Circ J.* 2014;78(9):2325-7
- Rozich JD, Edwards WD, Hanna RD, Laffey DM, Johnson GH, Klarich KW. Mechanical prosthetic valve-associated strands: Pathologic correlates to transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* janv 2003;16(1):97-100.
- Habib G, (France), Badano L, (Italy), Tribouilloy C, (France), et al. Recommendations for the practice of echocardiography in infective endocarditis. *Eur J Echocardiogr.* 1 mars 2010;11(2):202-19.
- Habib G, Derumeaux G, Avierinos J-F, Casalta J-P, Jamal F, Volot F, et al. Value and limitations of the duke criteria for the diagnosis of infective endocarditis. *J Am Coll Cardiol.* juin 1999;33(7):2023-9.
- Vilacosta I, Sarriá C, San Román JA, Jiménez J, Castillo JA, Iturralde E, et al. Usefulness of transesophageal echocardiography for diagnosis of infected transvenous permanent pacemakers. *Circulation.* juin 1994;89(6):2684-7.
- Victor F, De Place C, Camus C, Le Breton H, Leclercq C, Pavin D, et al. Pacemaker lead infection: echocardiographic features, management, and outcome. *Heart.* 1 janv 1999;81(1):82-7.
- Ceugnart L, Taieb S. Tomodensitométrie multicoupe: Principes techniques, nouvelles applications en imagerie et en radiothérapie. *Cancer/Radiothérapie.* 1 juin 2005;9(4):223-9.
- Entrikin DW, Gupta P, Kon ND, Carr JJ. Imaging of infective endocarditis with cardiac CT angiography. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* déc 2012;6(6):399-405.
- Feuchtner GM, Stolzmann P, Dichtl W, Schertler T, Bonatti J, Scheffel H, et al. Multislice Computed Tomography in Infective Endocarditis. *J Am Coll Cardiol.* févr 2009;53(5):436-44.
- Feuchtner GM, Stolzmann P, Dichtl W, Schertler T, Bonatti J, Scheffel H, et al. Multislice computed tomography in infective endocarditis: comparison with transesophageal echocardiography and intraoperative findings. *J Am Coll Cardiol.* 3 févr 2009;53(5):436-44.
- Fagman E, Perrotta S, Bech-Hanssen O, Flinck A, Lamm C, Olaison L, et al. ECG-gated computed tomography: a new role for patients with suspected aortic prosthetic valve endocarditis. *Eur Radiol.* nov 2012;22(11):2407-14.
- Ugolini P, Mousseaux E, Hernigou A, Gaux J-C. Infectious Pseudoaneurysms Suspected at Echocardiography: Electron-Beam CT Findings. *Radiology.* oct 2000;217(1):263-9.
- Hekimian G, Kim M, Passetfort S, Duval X, Wolff M, Lepout C, et al. Preoperative use and safety of coronary angiography for acute aortic valve infective endocarditis. *Heart.* 1 mai 2010;96(9):696-700.
- Goddard AJP, Tan G, Becker J. Computed tomography angiography for the detection and characterization of intracranial aneurysms: Current status. *Clin Radiol.* déc 2005;60(12):1221-36.
- Colen TW, Gunn M, Cook E, Dubinsky T. Radiologic manifestations of extra-cardiac complications of infective endocarditis. *Eur Radiol.* nov 2008;18(11):2433-45.



22. Yamada S, Kubota K, Kubota R, Ido T, Tamahashi N. High Accumulation of Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose in Turpentine-Induced Inflammatory Tissue. *J Nucl Med.* 7 janv 1995;36(7):1301-6.
23. Erba PA, Sollini M, Conti U, Bandera F, Tascini C, De Tommasi SM, et al. Radiolabeled WBC Scintigraphy in the Diagnostic Workup of Patients With Suspected Device-Related Infections. *JACC Cardiovasc Imaging.* oct 2013;6(10):1075-86.
24. Hyafil F, Rouzet F, Lepage L, Benali K, Raffoul R, Duval X, et al. Role of radiolabelled leucocyte scintigraphy in patients with a suspicion of prosthetic valve endocarditis and inconclusive echocardiography. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging.* 1 juin 2013;14(6):586-94.
25. Erba PA, Conti U, Lazzeri E, Sollini M, Doria R, De Tommasi SM, et al. Added Value of 99mTc-HMPAO-Labeled Leukocyte SPECT/CT in the Characterization and Management of Patients with Infectious Endocarditis. *J Nucl Med.* 1 août 2012;53(8):1235-43.
26. Hyafil F, Rouzet F, Le Guludec D. Nuclear imaging for patients with a suspicion of infective endocarditis: Be part of the team! *J Nucl Cardiol.* févr 2017;24(1):207-11.
27. Habib G, Lancellotti P, Antunes MJ, Bongiorni MG, Casalta J-P, Del Zotti F, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by: European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur Heart J.* 21 nov 2015;36(44):3075-128.
28. Salomäki SP, Saraste A, Kemppainen J, Bax JJ, Knuuti J, Nuutila P, et al. 18F-FDG positron emission tomography/computed tomography in infective endocarditis. *J Nucl Cardiol Off Publ Am Soc Nucl Cardiol.* 2017;24(1):195-206.
29. Ahmed FZ, James J, Cunnington C, Motwani M, Fullwood C, Hooper J, et al. Early diagnosis of cardiac implantable electronic device generator pocket infection using 18F-FDG-PET/CT. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging.* mai 2015;16(5):521-30.
30. Tlili G, Amroui S, Mesguich C, Rivière A, Bordachar P, Hindié E, et al. High performances of 18F-fluorodeoxyglucose PET-CT in cardiac implantable device infections: A study of 40 patients. *J Nucl Cardiol.* août 2015;22(4):787-98.
31. Bensimhon L, Lavergne T, Hugonnet F, Mainardi J-L, Latremouille C, Maunoury C, et al. Whole body [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging for the diagnosis of pacemaker or implantable cardioverter defibrillator infection: a preliminary prospective study. *Clin Microbiol Infect.* juin 2011;17(6):836-44.
32. Beck H, Dilsizian V, Dickfeld T. Absence of Cardiovascular Implantable Electronic Device Infection in Remote Implantations Demonstrated by Fluorine-18 Positron Emission Tomography. *J Am Coll Cardiol.* nov 2012;60(21):2259-60.
33. Sarrazin J-F, Philippon F, Tessier M, Guimond J, Molin F, Champagne J, et al. Usefulness of Fluorine-18 Positron Emission Tomography/Computed Tomography for Identification of Cardiovascular Implantable Electronic Device Infections. *J Am Coll Cardiol.* mai 2012;59(18):1616-25.
34. Graziosi M, Nanni C, Lorenzini M, Diemberger I, Bonfiglioli R, Pasquale F, et al. Role of 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of infective endocarditis in patients with an implanted cardiac device: a prospective study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* août 2014;41(8):1617-23.
35. Leccisotti L, Perna F, Lago M, Leo M, Stefanelli A, Calcagni ML, et al. Cardiovascular implantable electronic device infection: delayed vs standard FDG PET-CT imaging. *J Nucl Cardiol.* juin 2014;21(3):622-32.
36. Fagman E, van Essen M, Fredén Lindqvist J, Snygg-Martin U, Bech-Hanssen O, Svensson G. 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *Int J Cardiovasc Imaging.* avr 2016;32(4):679-86.
37. Ricciardi A, Sordillo P, Ceccarelli L, Maffongelli G, Calisti G, Di Pietro B, et al. 18-Fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography-computed tomography: an additional tool in the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *Int J Infect Dis.* nov 2014;28:219-24.
38. Fagman E, van Essen M, Fredén Lindqvist J, Snygg-Martin U, Bech-Hanssen O, Svensson G. 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *Int J Cardiovasc Imaging.* avr 2016;32(4):679-86.
39. Saby L, Laas O, Habib G, Cammilleri S, Mancini J, Tessonier L, et al. Positron Emission Tomography/Computed Tomography for Diagnosis of Prosthetic Valve Endocarditis. *J Am Coll Cardiol.* juin 2013;61(23):2374-82.
40. Pizzi MN, Roque A, Fernández-Hidalgo N, Cuéllar-Calabria H, Ferreira-González I, González-Alujas MT, et al. Improving the Diagnosis of Infective Endocarditis in Prosthetic Valves and Intracardiac Devices With 18 F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography Angiography: Initial Results at an Infective Endocarditis Referral Center. *Circulation.* 22 sept 2015;132(12):1113-26.
41. Rouzet F, Chequer R, Benali K, Lepage L, Ghodbane W, Duval X, et al. Respective Performance of 18F-FDG PET and Radiolabeled Leukocyte Scintigraphy for the Diagnosis of Prosthetic Valve Endocarditis. *J Nucl Med.* 1 déc 2014;55(12):1980-5.
42. Vos FJ, Bleeker-Rovers CP, Sturm PD, Krabbe PFM, van Dijk APJ, Cuijpers MLH, et al. 18F-FDG PET/CT for Detection of Metastatic Infection in Gram-Positive Bacteremia. *J Nucl Med.* 1 août 2010;51(8):1234-40.
43. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP, Guyton RA, et al. 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 10 juin 2014;63(22):e57-185.
44. Gomes A, Glaudemans AWJM, Touw DJ, van Melle JP, Willems TP, Maass AH, et al. Diagnostic value of imaging in infective endocarditis: a systematic review. *Lancet Infect Dis.* janv 2017;17(1):e1-14.