

T1, T2, T2* mapping, ECV : ce qu'il faut retenir pour la pratique clinique

Paul Michael Walker MCU-PH
Service de Spectroscopie RMN
Pôle d'Imagerie
CHU François Mitterrand, Dijon

Qu'est que c'est le Tx mapping ?

C'est un terme générique qui englobe les différentes séquences d'IRM produisant les images paramétriques basées sur les temps de relaxation (T1, T2 et T2*)

On parle de;

- T1 mapping (ou cartographie T1)
- T2 mapping
- T2* mapping

Ces techniques se placent par rapport aux méthodes classiques (T2 ES, PSIR T1 etc)

On pourra ajouter le volume extracellulaire (ECV) car généré à partir des images pré- et post-Gd

Ce sont alors des images reconstruites à partir d'images natives (acquises)

Quels processus induisent une modification des temps de relaxation et de l'ECV ?

L'œdème (augmentation de l'eau tissulaire) et la fibrose sont les plus importants déterminants d'une augmentation de T1 et T2

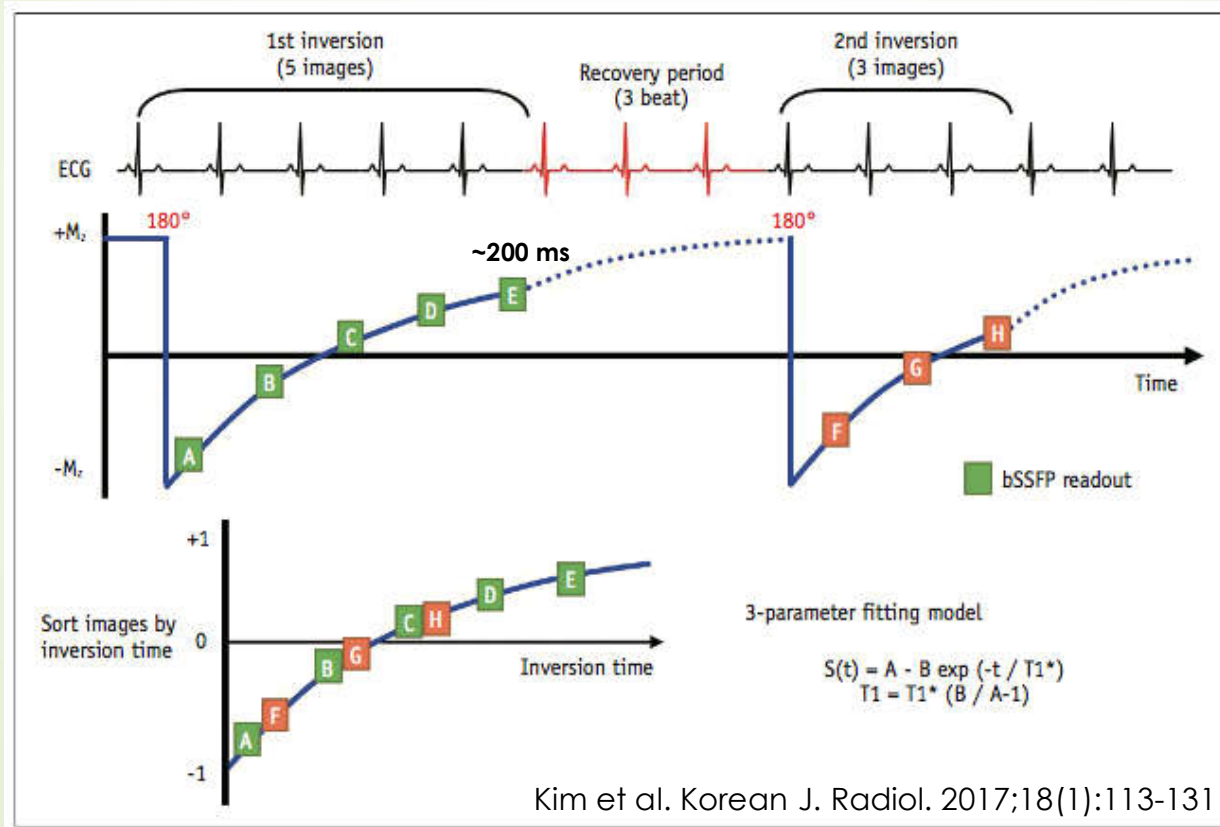
L'infiltration lipidique et la surcharge en fer sont les plus importants déterminants d'une diminution de T1 et T2



Ces processus affectent également l'ECV

T1 mapping pré-Gd

Plusieurs méthodes existent mais la plus répandue est la séquence MOLLI 5(3)3*

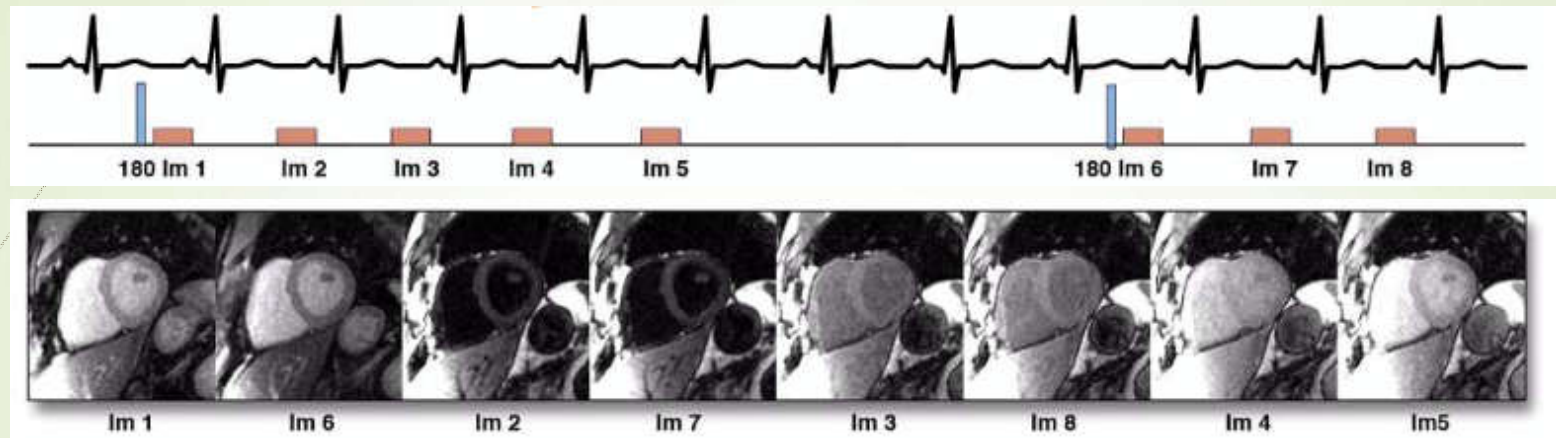


Important de synchroniser l'acquisition des différents images T1 à la même phase cardiaque – en fin de cycle de préférence

L'image paramétrique brute nous donne le T1* - plus court que le vrai T1, mais on applique une correction pour obtenir T1

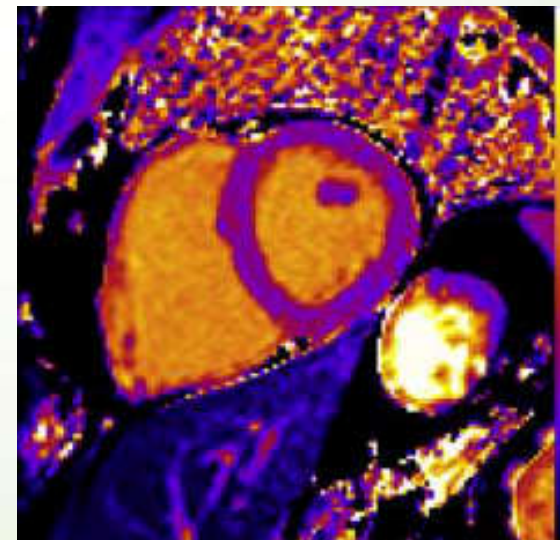
T1 mapping pré-Gd

Taylor et al. JACC. Cardiovasc. Imag 2016;9(1):67-81



L'image paramétrique est calculée pixel par pixel à partir des images natives ci-dessus

Très important de visualiser les images natives car la forme du coeur ne devrait pas changer



T1 dépend du B_0

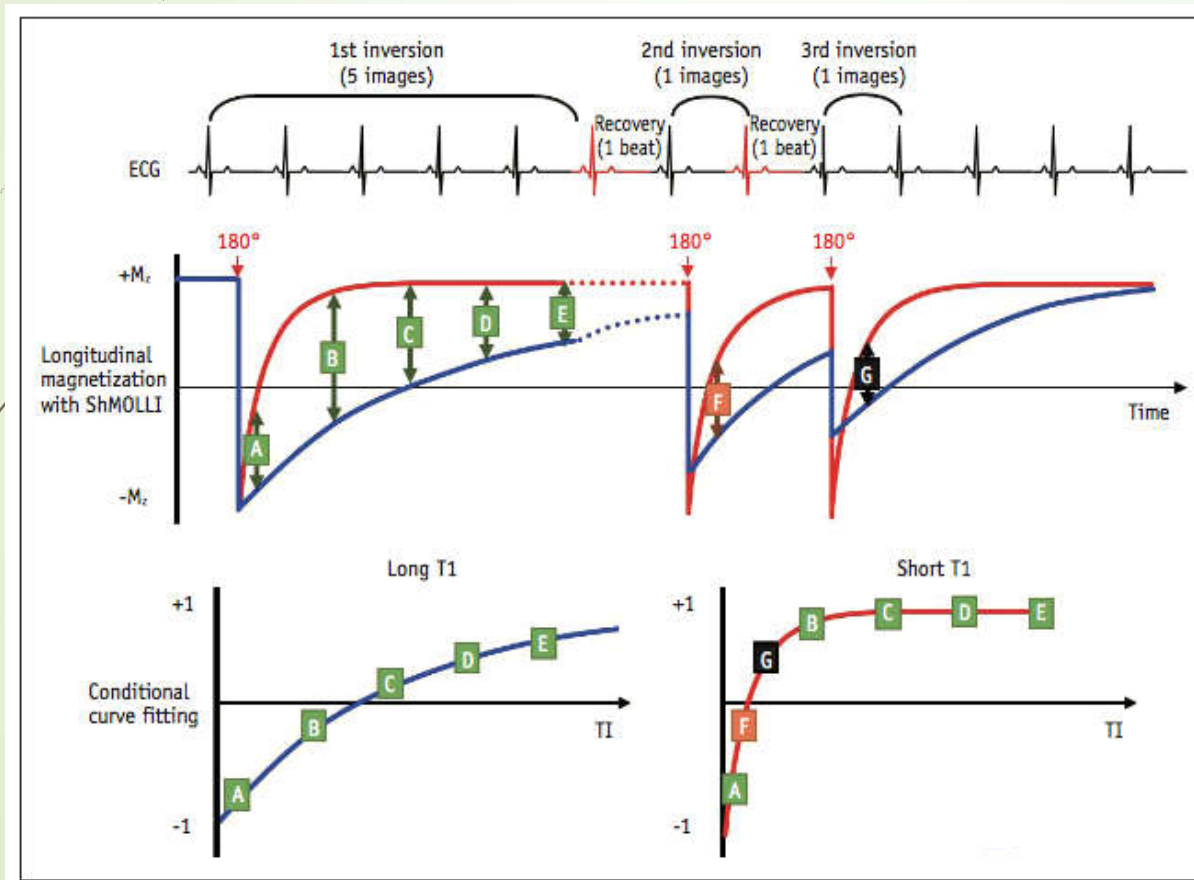
1,5 T
Myocarde sain ~ 1000 ms
Sang ~ 1500 ms

3,0 T
Myocarde sain ~ 1150 ms
Sang ~ 1600 ms

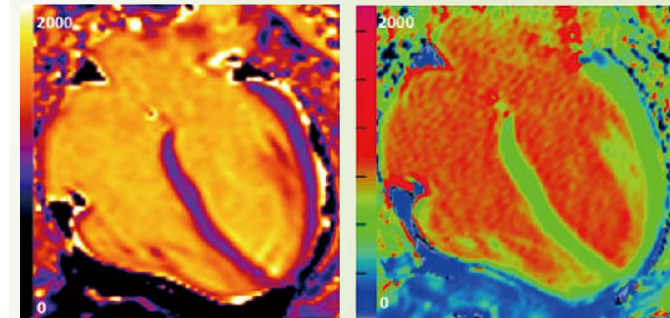
Mais très séquence dépendant

T1 mapping post-Gd

Les T1 sont raccourcis et une variante de la séquence est utilisée : short MOLLI*



Pour optimiser l'échantillonnage de la courbe T1 pour les temps de relaxation plus courts, les délais TI plus courts sont requis



MOLLI

ShMOLLI

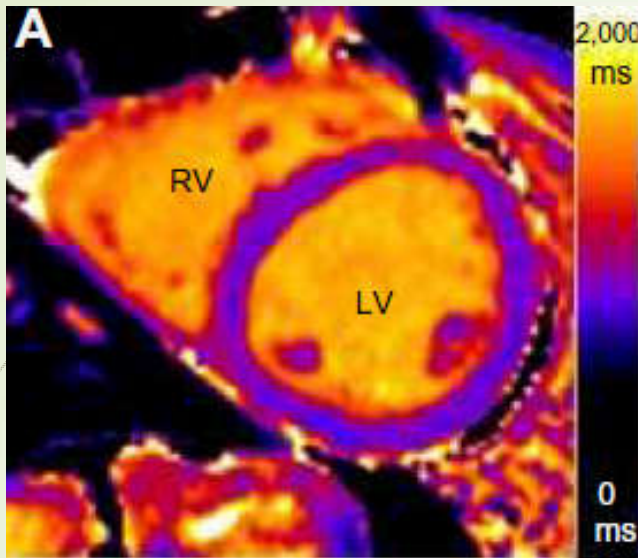
Un bonus à partir des images pré- et post Gd

Le volume extracellulaire (ECV) du myocarde peut être estimé à partir des images paramétriques pré- et post-Gd

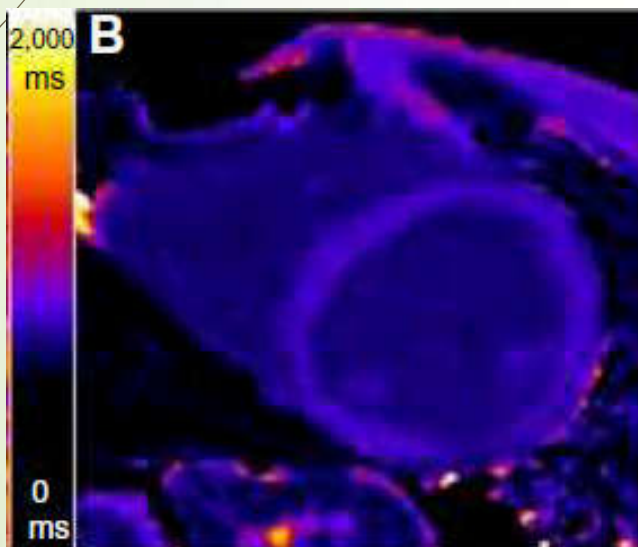
A partir de 15 min environ post-injection, un équilibre entre la quantité de Gd dans le tissu myocardique et la cavité VG s'installe

L'ECV peut être estimé à partir de la formule suivante ;

$$\frac{\left(\frac{1}{T1_{\text{myo post-Gd}}} - \frac{1}{T1_{\text{myo native}}} \right)}{\left(\frac{1}{T1_{\text{blood post-Gd}}} - \frac{1}{T1_{\text{blood native}}} \right)} \times (1 - \text{hematocrit})$$



Pré-Gd
(native)

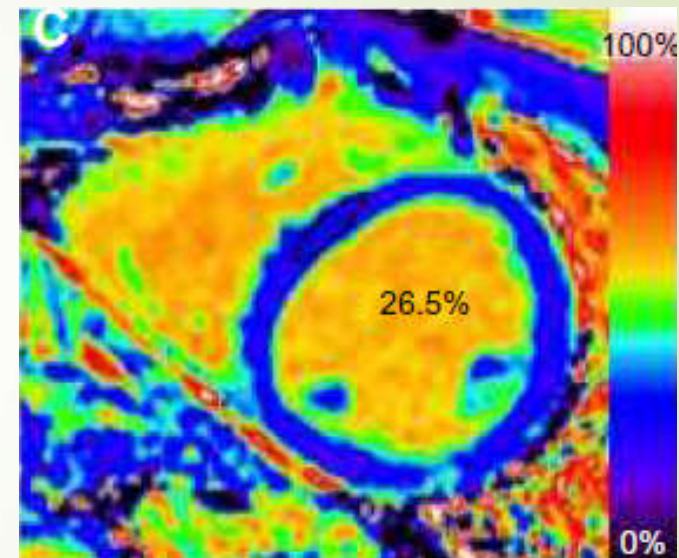


Post-Gd

$$\left(\frac{1}{T1_{\text{myo post-Gd}}} - \frac{1}{T1_{\text{myo native}}} \right) \times (1 - \text{hematocrit})$$

$$\left(\frac{1}{T1_{\text{blood post-Gd}}} - \frac{1}{T1_{\text{blood native}}} \right)$$

ECV



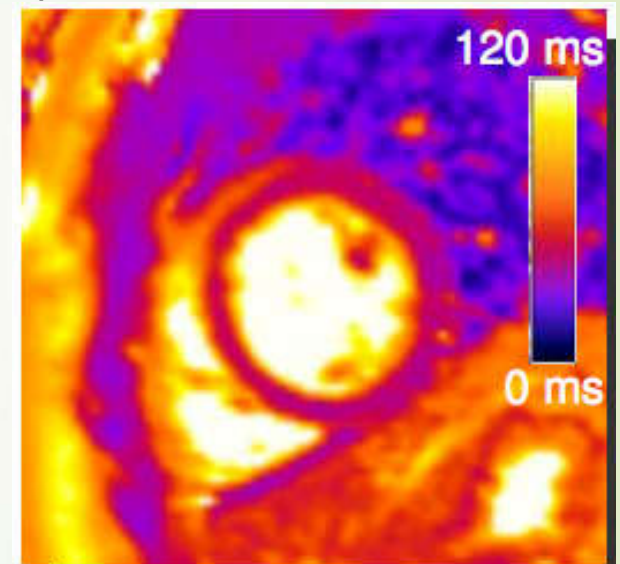
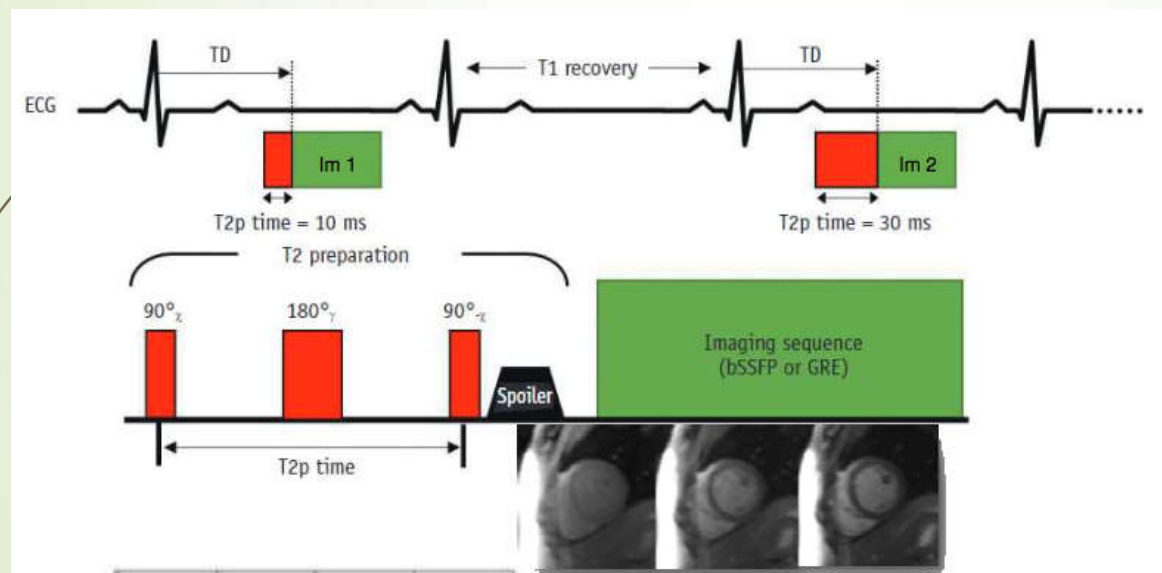
La valeur ECV normale ne dépend pas du B_0 , mais de l'âge, du sexe et de la pathologie

-ECV ~ 0,25±0,02 (< 40 ans)

-ECV ~ 0,32±0,20 (> 60 ans)

T2 mapping

Les images paramétriques sont calculées à partir d'images acquises à des TE différents – la chronologie de la séquence doit assurer l'acquisition de tous les échos à la même phase du cycle – encore en fin de cycle



Peu de dépendance du T2 au B_0

Myocarde sain

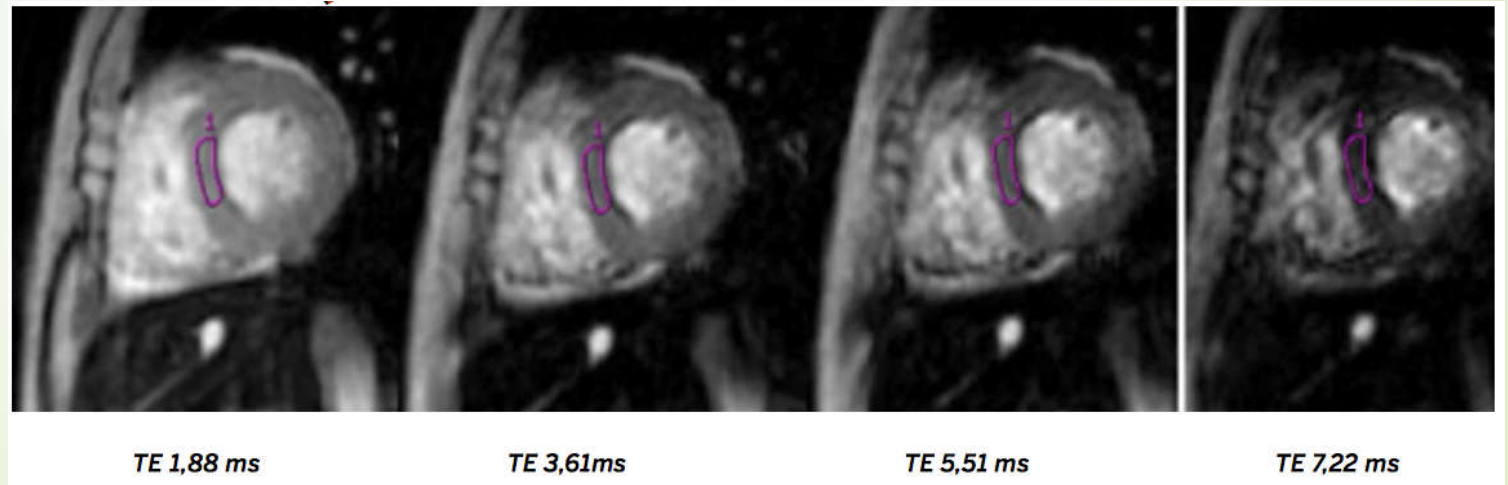
@ 1,5 T T2 ~ 50±5 ms

@ 3,0 T T2 ~ 45±5 ms

T2* mapping

Approche similaire au T2 mapping où les images paramétriques sont calculées à partir d'images acquises à des TE différents

Cependant, une séquence EG remplacera l'écho de spin et les TE seront beaucoup plus faibles



On voit clairement la dégradation de l'image avec TE croissant

Applications cliniques

Cardiomyopathies non-ischémiques

- Cardiomyopathie dilatée (CMD)
- Cardiomyopathie hypertrophique (CMH)
- Maladie de Fabry (dépôts interstitiels de sphingolipides)
- Amylose cardiaque (AL et AT)
- Myocardite

Cardiomyopathies ischémiques

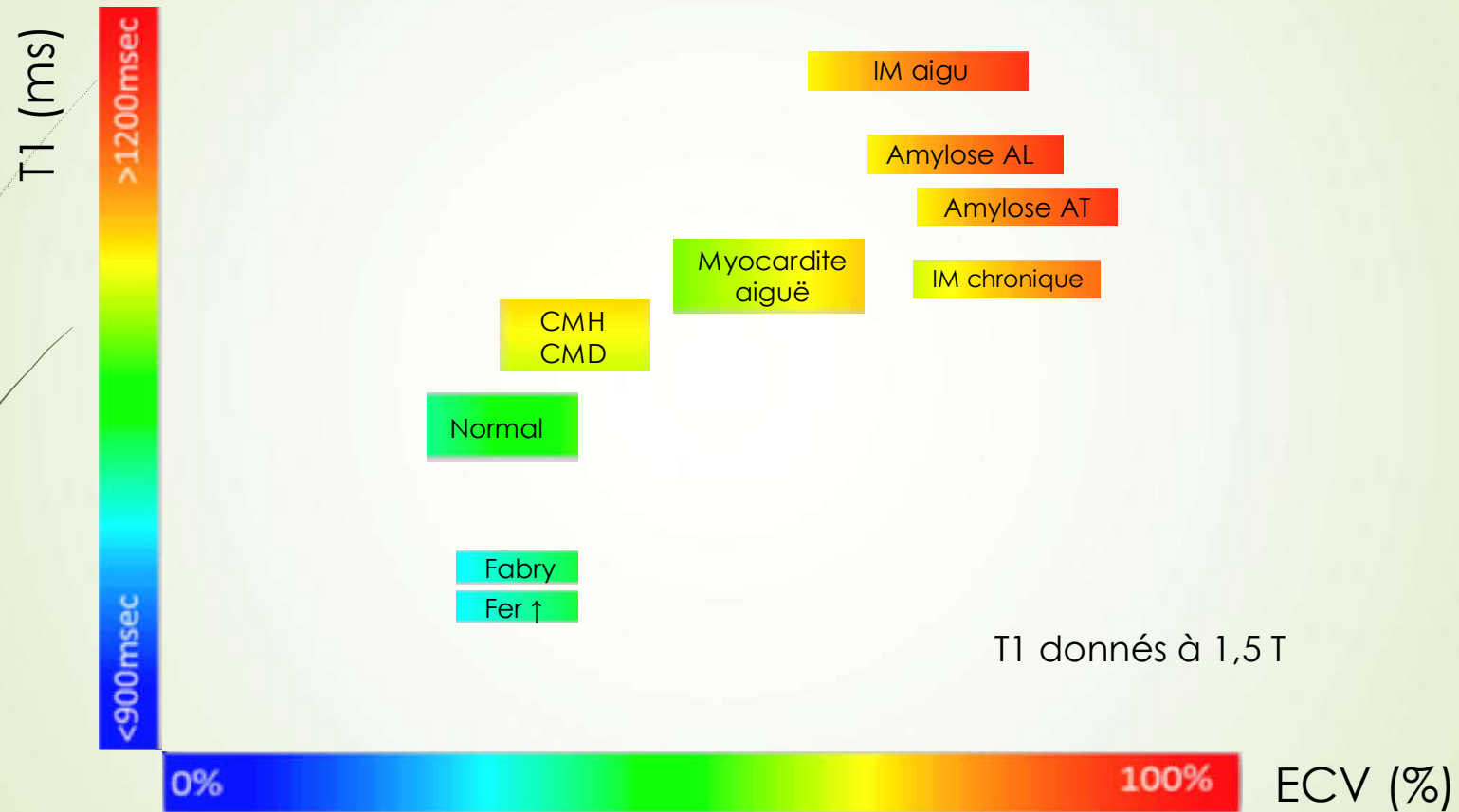
- Infarctus aigu de myocarde
- Infarctus chronique de myocarde

} Pas traitées ici

Autres cardiomyopathies

- Surcharge en fer

Résumé des variations observées de T1 et de l'ECV



Cardiomyopathies non-ischémiques

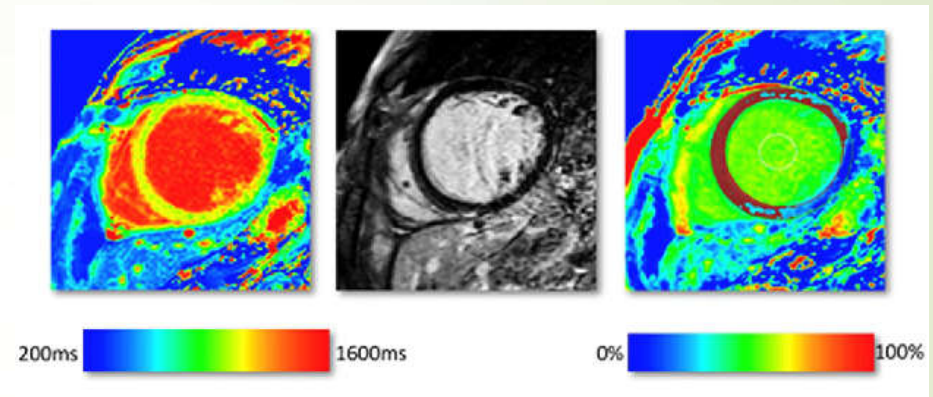
Cardiomyopathie dilatée (CMD)

Augmentation modérée du T1 (sans augmentation du T2) en faveur d'une fibrose interstitielle diffuse plutôt qu'un oedème

Augmentation modérée de l'ECV

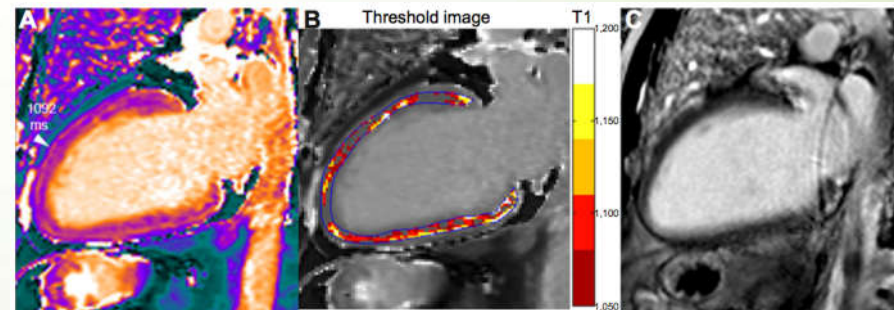
Pas ou peu de prise de Gd sur images tardives

Haaf et al. J Cardiovasc. Magn. Reson 2016;19:89-100



T1 septum ↑
~ 1100 à
1200 ms

ECV > 30%
en rouge



T1 ↑ méso-
myocardique

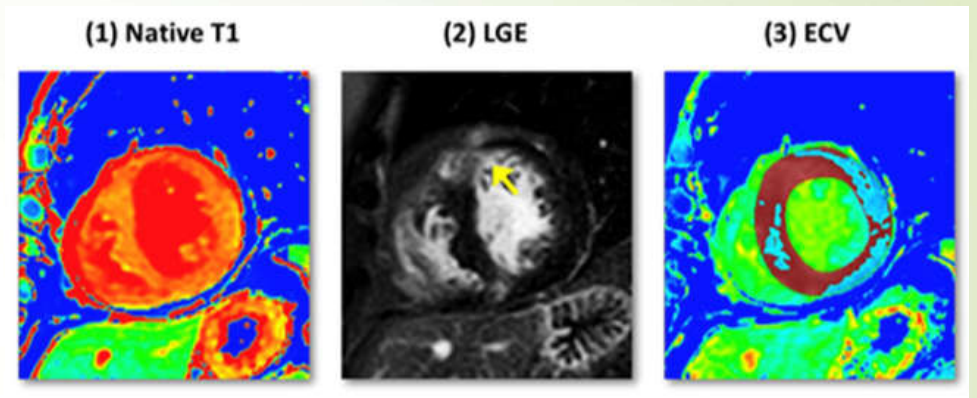
Germain et al. Clin. Med. Insights : Cardiology 2014;8(S4)

Cardiomyopathies non-ischémiques

Cardiomyopathie hypertrophique (CMH)

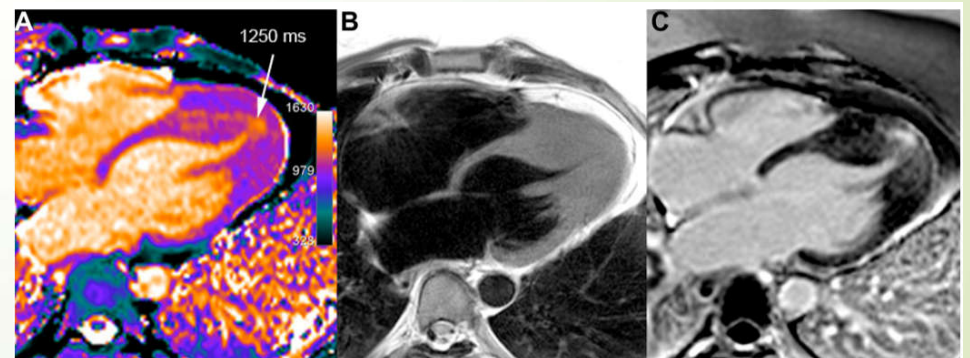
Haaf et al. J Cardiovasc. Magn. Reson 2016;19:89-100

Comme pour la CMD, la prise de Gd en présence d'une CMH, est souvent inconsistante avec l'augmentation du T1 natif en T1 mapping.



ECV > 30% en rouge

Certains auteurs suggèrent que la prise de Gd reflète l'espace extracellulaire tandis que le T1 mapping est davantage plus sensible aux compartiments intra- et extra-cellulaire.



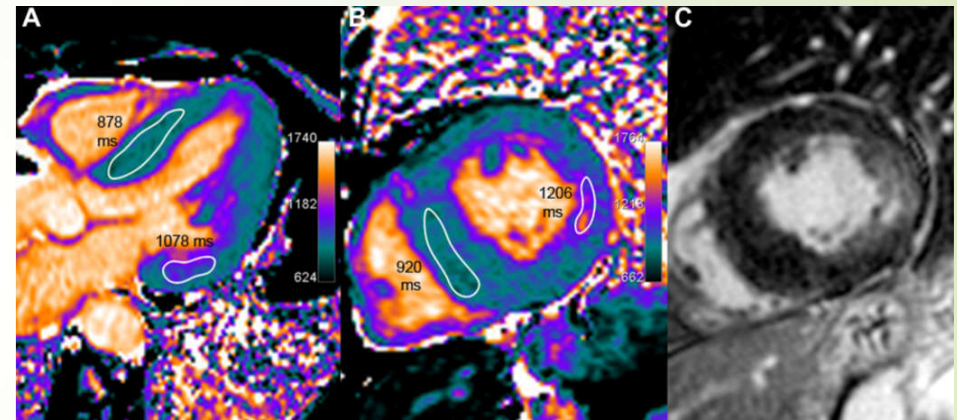
Cardiomyopathies non-ischémiques

Maladie de Fabry (maladie héréditaire du métabolisme qui résulte en le dépôt de sphingolipides dans les myocytes)

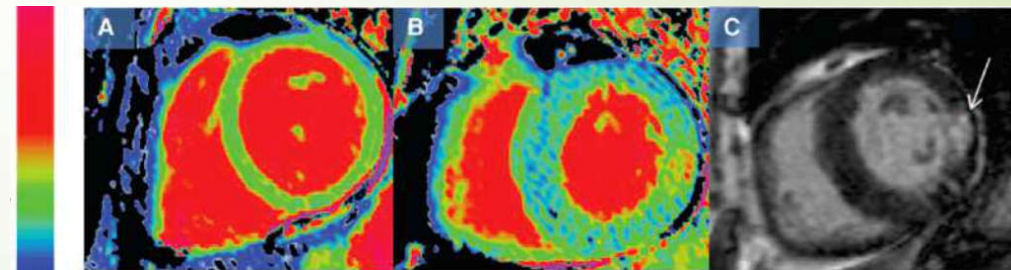
Hypertrophie relative du septum

T1 du myocarde plus bas (~900 ms) que le tissu normal (ici, ~1050-1100 ms)

Rehaussement tardif latéro-basal typique souvent accompagné d'une pseudo-normalisation des T1 voire une augmentation



Germain et al. Clin. Med. Insights : Cardiology 2014;8(S4)



Moon et al. Eur. Heart J. 2003;24:2151-5

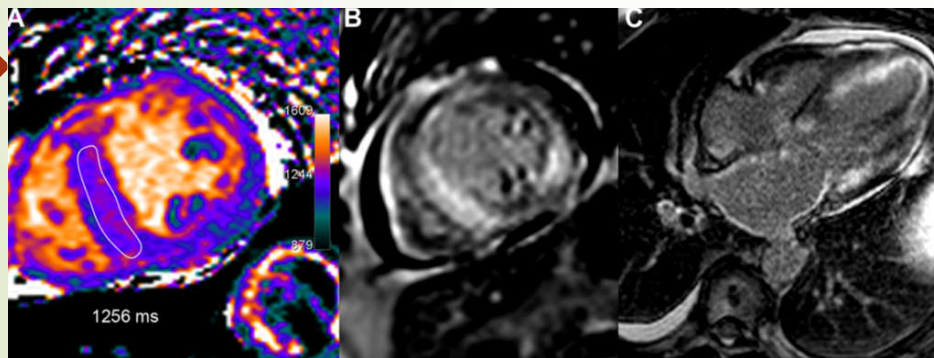
Cardiomyopathies non-ischémiques

Amylose cardiaque (dépôts interstitiels de protéines amyloïdes)

Augmentation du T1 natif (~ 1200 –1300 ms)

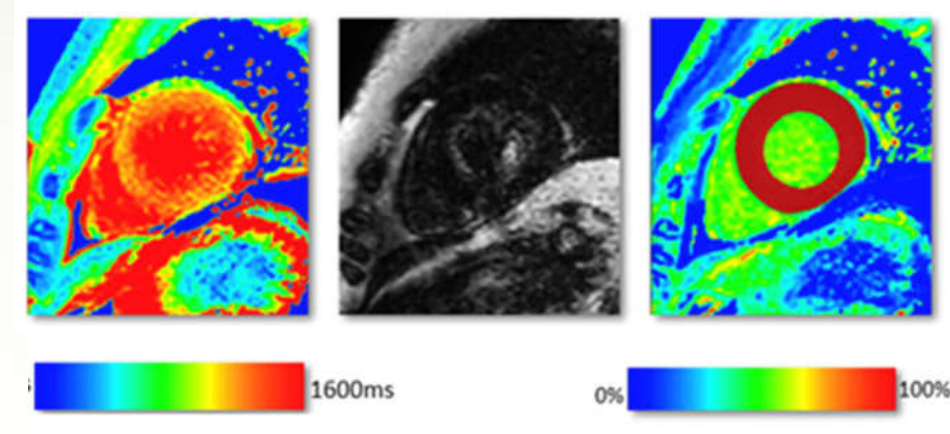
ECV très augmenté dans myocarde post-Gd à cause d'une augmentation globale du volume EC

Rapport C/B post-Gd faible entre myocarde et cavité VG

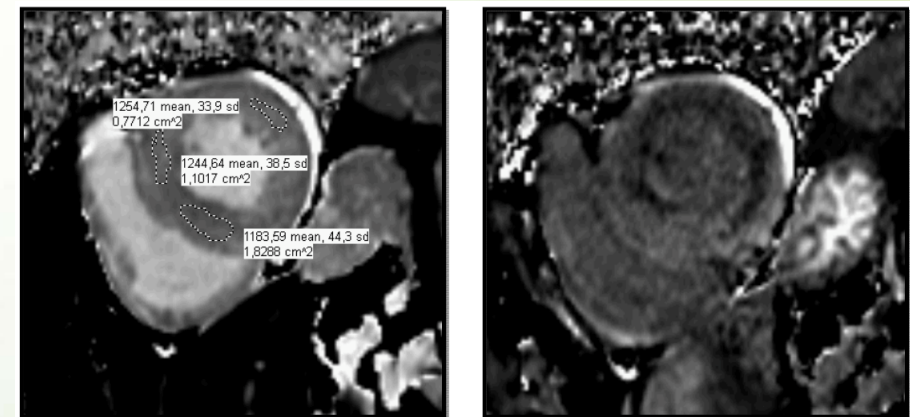


JFICV 2018 Beaune

Prise de Gd « patchy »



Haaf et al. J Cardiovasc. Magn. Reson 2016;19:89-100



Fontana et al. JCMR 2014;16(P341)

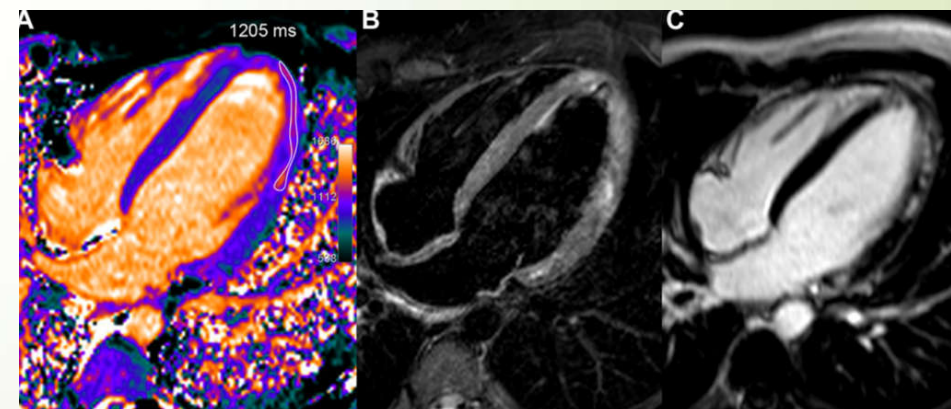
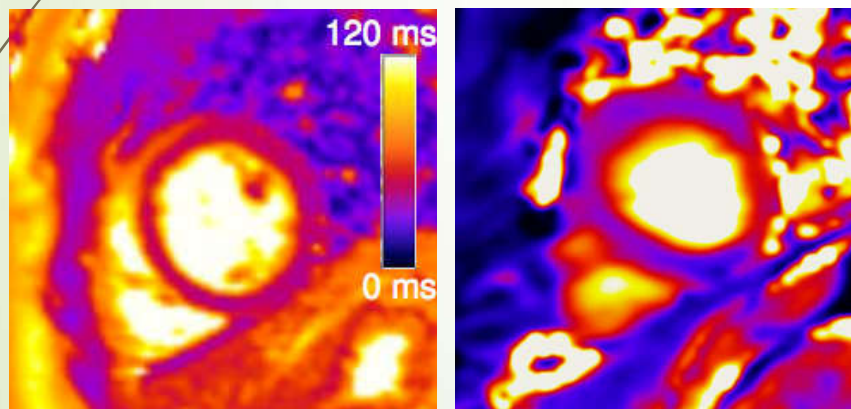
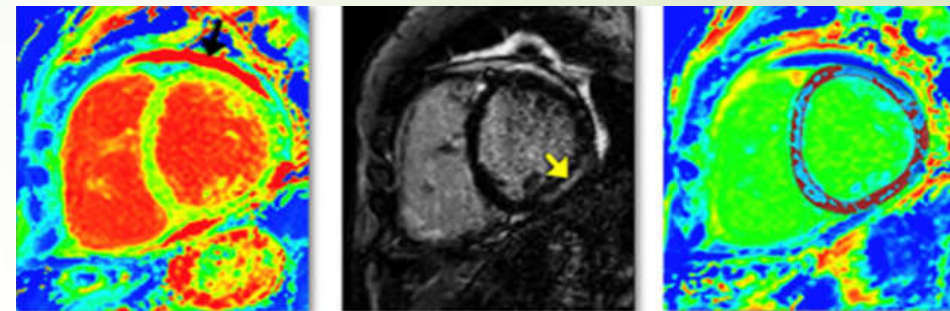
Cardiomyopathies non-ischémiques

Myocardite

Augmentation modérée du T1 natif avec prise tardive de Gd concomitante

La carte ECV souligne la présence d'une augmentation importante de l'espace EC

Haaf et al. J Cardiovasc. Magn. Reson 2016;19:89-100



Contribution du T2 mapping est également subtile avec une hausse modérée au niveau de la lésion

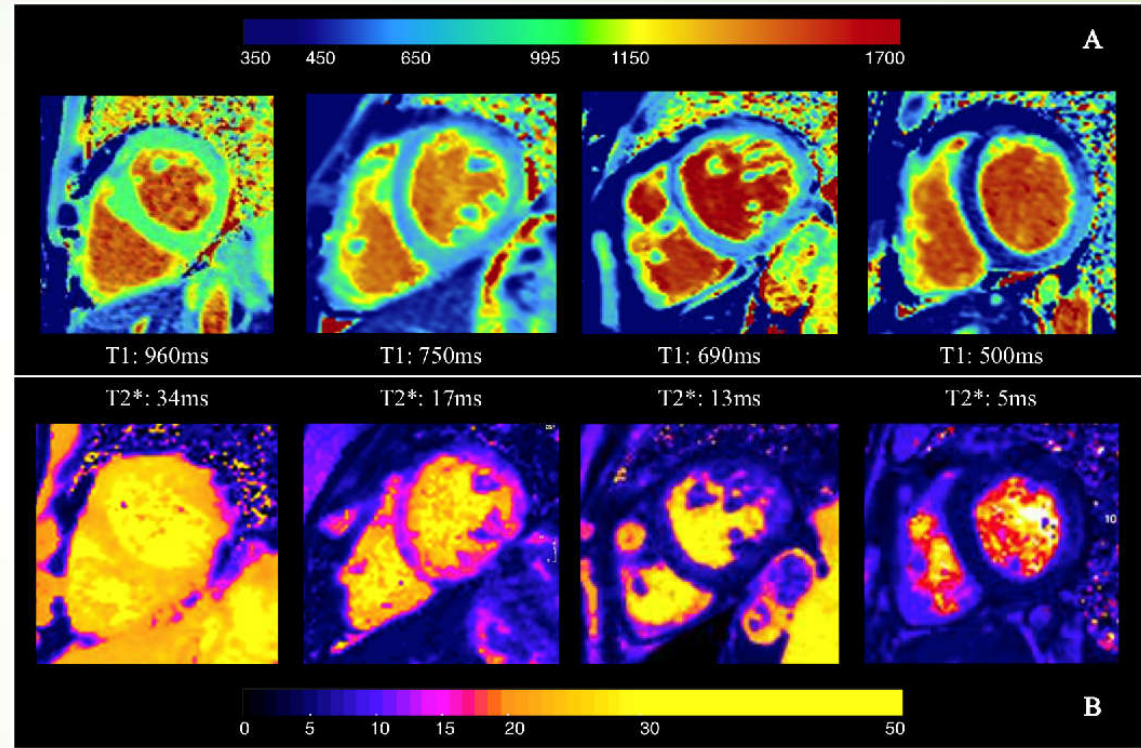
Autres cardiomyopathies

Surcharge en fer

Une des seules véritables applications du T2* mapping que l'on considère le « gold standard »

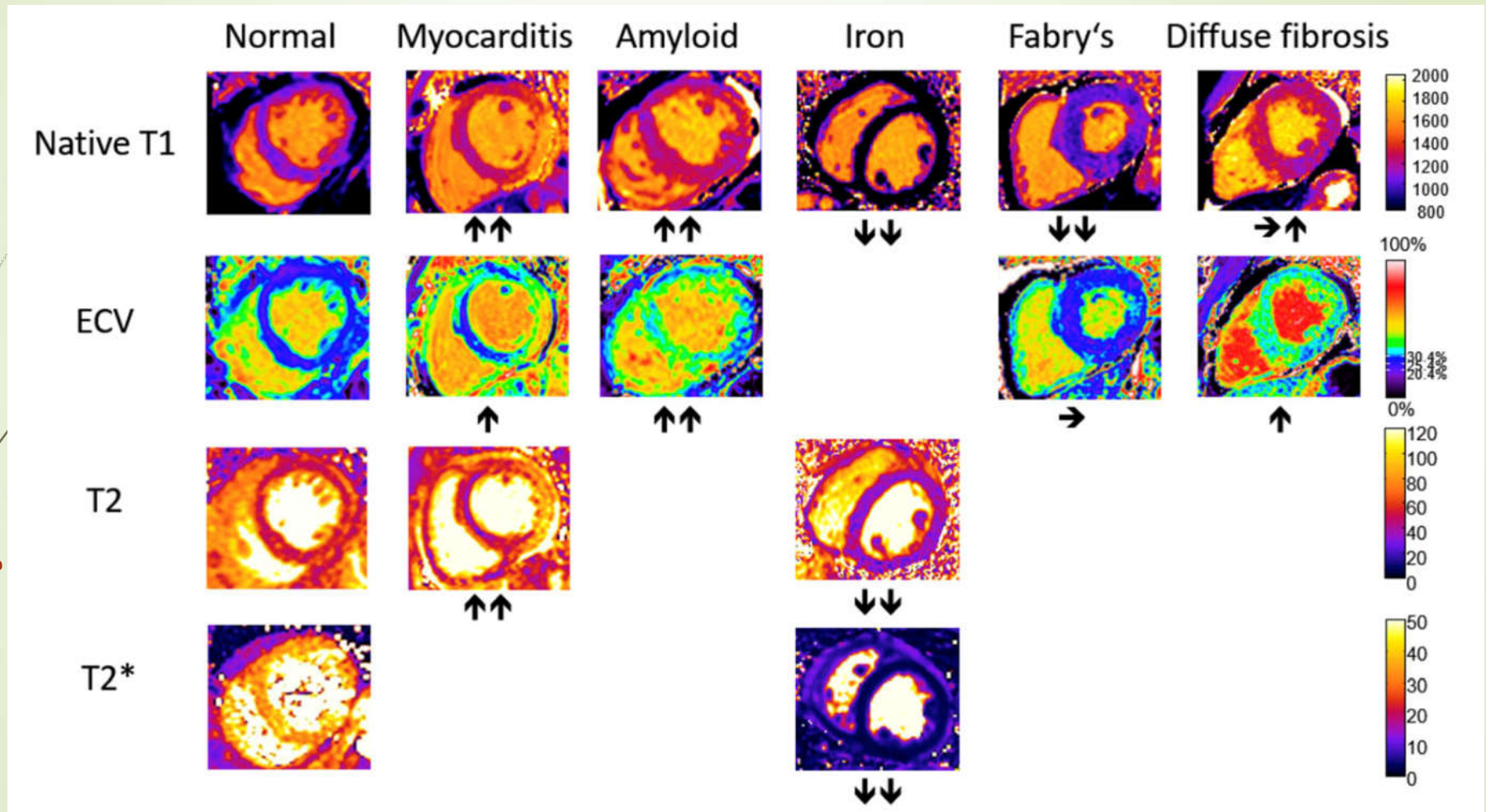
De gauche à droite : témoin sain, légère surcharge en fer, surcharge modérée et surcharge sévère

Noter, néanmoins, la bonne performance du T1 mapping, même si celui-ci n'a pas été validé officiellement encore

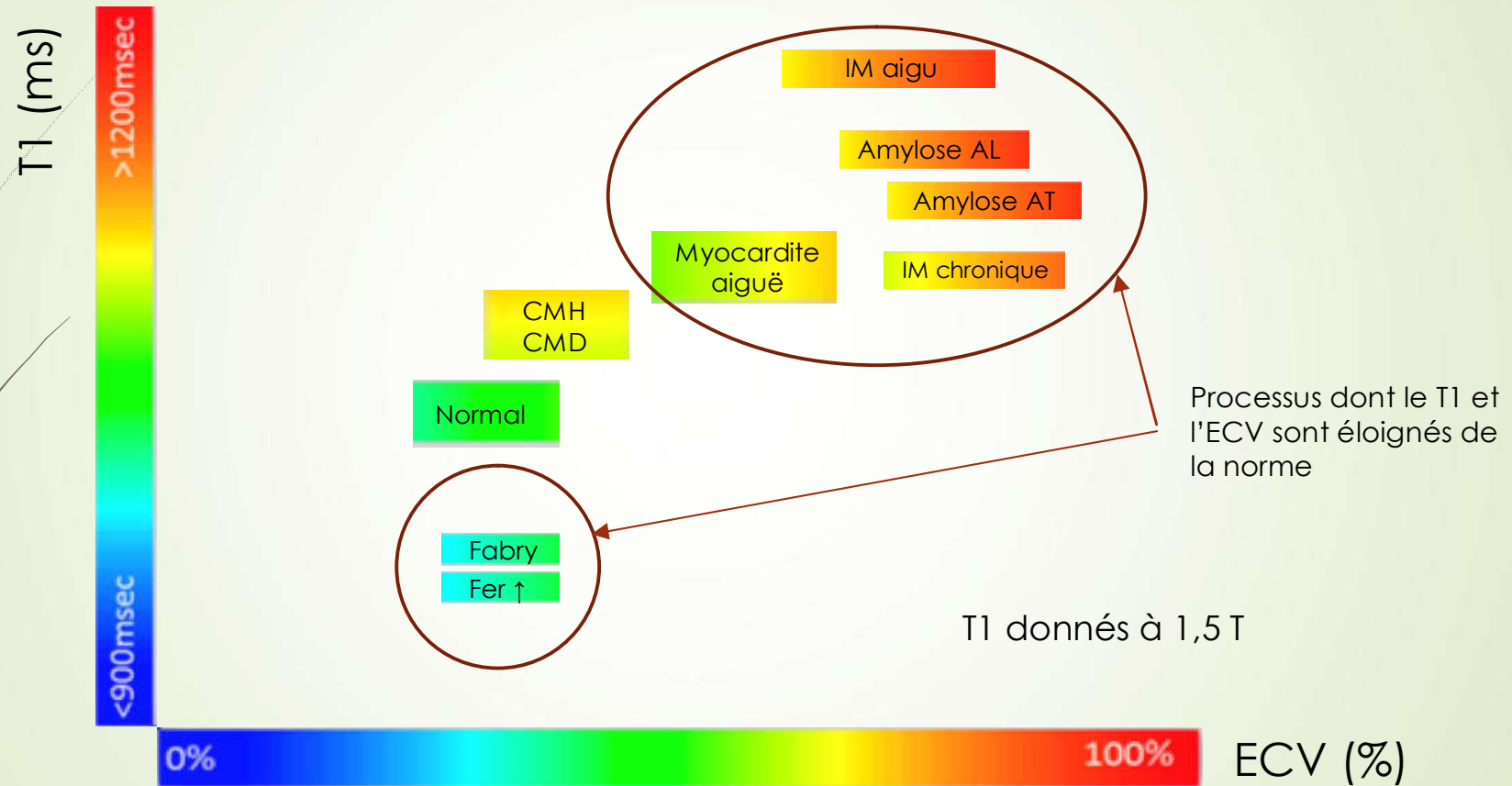


Torlasco et al. PLoS ONE 2018;13(2):1-10

Quelle utilité pour la pratique clinique ?



Résumé des variations observées de T1 et de l'ECV



Merci de votre attention

