

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année : 2024

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**MA-QC : LOGICIEL EN LIGNE GRATUIT DE CONTROLE QUALITE EN IRM DE
PROSTATE : MISE A JOUR VERS PIQUAL 2.0**

Présentée et soutenue publiquement le 24 octobre 2024 à 14h00
Au Pôle Recherche
Par Sylvain MARCHASSON

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Philippe PUECH

Assesseurs :

Madame le Docteur Patricia GUTIERREZ

Monsieur le Docteur Jonathan OLIVIER

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Louis ALDEBERT

REMERCIEMENTS :

Il m'est agréable de remercier toutes les personnes dont les actions et le soutien directs ou indirects ont favorisé l'aboutissement de ce travail de thèse.

A mon directeur de thèse Dr Louis Aldebert, merci pour ton soutien, ta bienveillance et ta disponibilité indispensables pour mener à bien ce travail malgré certains revirements de situations.

A mon président du jury, Pr Puech. Merci pour la détermination sans faille dont vous faites preuve dans la formation de vos étudiants dont je fais partie. La clarté et la pédagogie de vos cours sont le reflet des heures de travail et de la passion que vous y mettez.

Je voudrais exprimer mes vifs remerciements aux membres du jury les docteurs Jonathan Olivier et Patricia Gutierrez qui ont accepté d'évaluer mes travaux. Patricia qui m'a guidé dans la bonne humeur vers des résultats plus clairs et concis à exposer avec des conseils et commentaires éclairés.

Je souhaite évidemment remercier Sarah, qui est sans doute la meilleure rencontre qui me soit arrivée et avec qui j'ai la chance de partager ma vie. Ton cœur immense est une source d'inspiration constante pour moi, merci pour ton soutien de chaque instant, pour tous nos moments de complicité et ceux à venir.

A mes parents et à Mimie, sans qui je ne serai pas là, merci pour l'éducation et les valeurs que vous m'avez inculquées, pour tous vos sacrifices, votre aide inconditionnelle et déterminante dans les épreuves de la vie.

A Pierre, notre amitié a été un des fils conducteurs de toutes ces années de médecine. Nos révisions parfois tardives, nos soirées à refaire le monde et nos séances de sport

acharnées sont gravées dans ma mémoire. Merci pour tous tes conseils en radiologie et sur cet exercice qu'est la thèse de médecine.

A mon frère, Gauthier. Merci pour ces conseils et années de collocation qui ont été l'occasion de partager avec humour nos expériences du quotidien d'un étudiant, d'un externe puis d'un interne.

Merci à ma sœur Sophie, pour ta bienveillance, ton soutien et ta bonne humeur constante.

Merci à mon ami d'enfance et colocataire Rémy, qui a su me supporter (dans tous les sens du terme) et m'apporter un soutien moral durant les périodes clés de ce travail.

Enfin merci à tous les médecins radiologues qui ont contribué à rendre ce travail possible, grâce à leur analyse qualité sur le logiciel MA-QC, dans un objectif commun d'amélioration des pratiques quotidiennes et du parcours patient.

TABLE DES MATIERES

1	PREAMBULE	8
2	INTRODUCTION	9
2.1	Epidémiologie du cancer prostatique	9
2.2	Dépistage, diagnostic	10
2.2.1	Dépistage	10
2.2.2	Place de l'IRM dans le cancer de prostate	10
2.2.3	Biopsies prostatiques	11
2.2.4	IRM prostatique en pratique et score PIRADS	12
2.3	Le score PI-QUAL	22
2.3.1	PI-QUAL v1	22
2.3.2	Mis à jour du PIQUAL : Score PI-QUAL v2	28
2.4	Le logiciel MA-QC	36
2.4.1	Présentation du logiciel et de l'étude initiale.....	36
2.4.2	Conception du logiciel	37
3	Temps de traitement.....	38
3.1.1	Résultats de l'étude initiale.....	38
3.1.2	Objectif de notre étude	39
4	MATERIELS ET METHODES.....	40
4.1	Base de données	40
4.1.1	Flow-chart	40
4.2	Recueil de données.....	42
4.3	Statistique	45
5	RESULTATS	45
5.1	Score PIQUAL 2 moyen	45
5.1.1	Score PIQUAL 2 moyen des séquences pondérées T2	45
5.1.2	Score PIQUAL 2 moyen des séquences de diffusion.....	45
5.1.3	Score PIQUAL 2 des séquences de DCE	46
5.1.4	Répartition des examens selon leur score PIQUAL 2	46
5.1.5	Répartition des examens selon leur score PIQUAL 2 sur les séquences pondérées T2	46
5.1.6	Répartition des examens selon leur score PIQUAL 2 sur les séquences de diffusion	46

5.2	Critères techniques limitants	47
5.2.1	Critères techniques limitants les examens classés PIQUAL 1	47
5.2.2	Critères techniques limitants les examens classés PIQUAL 2	47
6	DISCUSSION	49
6.1	Interprétations des résultats de l'étude.....	49
6.2	Limites de ce travail.....	51
7	CONCLUSION	52
8	BIBLIOGRAPHIE.....	53

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma ESUR (European Society of Urogenital Radiology) v1 zones prostatiques.	12
Figure 2 : Coupe transversale de prostate en partie moyenne (Source :Puech, JFR 2018).....	13
Figure 3 : Zone périphérique de prostate normale en séquence IRM axiale T2 (Source : imagerie PACS du CHRU de Lille)	14
Figure 4 : Remaniements inflammatoires de la zone périphérique, en hyposignal T2 cunéiformes (Source : imagerie PACS du CHRU de Lille).....	14
Figure 5 Zone de transition normale en IRM prostatique : coupe axiale T2 (Source : PACS du CHRU de Lille).	15
Figure 6 : Coupe Axiale T2 montrant à la partie antérieure de la prostate le SFMA normal, en hyposignal T2 franc. (Source : PACS du CHRU de Lille).....	15
Figure 7 : Lésion PIRADS 5 (taille de plus de 15 mm) de la zone de transition, en hyposignal T2 homogène mal limitée, restriction de diffusion et rehaussement précoce. De haut en bas et gauche à droite : T2, diffusion,ADC,DCE (Source : Imagerie PACS CHRU Lille)	19
Figure 8 : Lésion PIRADS 2 de la zone de transition nodule en hyposignal T2, présentant une capsule presque complète. (Source : Imagerie PACS CHRU Lille).....	20
Figure 9 : Lésion PIRADS 4(3+1) de la zone périphérique : lésion focale en hypersignal diffusion mais restriction modérée, correspondant à une lésion PIRADS 3 en diffusion, dont le score final est porté à PIRADS 4 en raison d'un rehaussement précoce. De haut en bas et gauche à droite : T2, diffusion,ADC,DCE (Source : Imagerie PACS CHRU Lille)	20
Figure 10 Lésion PIRADS 3 de la zone périphérique : lésion focale hypersignal diffusion mais faible restriction, sans rehaussement intense en DCE. De gauche à droite : Diffusion, ADC, DCE (Source : Imagerie CHRU Lille).....	21
Figure 11 : A gauche : Champ de vue de 50x50 cm et à droite champ de vue de 25x25 cm (Source : https://www.imaio.com/fr/e-mri/qualite-d-image-et-artefacts/qualite-de-l-image).....	23
Figure 12 : A champ de vue égal : matrice de 512x 512 à gauche et matrice de 128x128 à droite (Source : https://www.imaio.com/fr/e-mri/qualite-d-image-et-artefacts/qualite-de-l-image).....	23
Figure 13 Tableau issu de (14) : Woernle et al. : The Status of Image Quality in Prostate MRI.....	24
Figure 14 Fiche d'évaluation du score PI-QUAL version 1, issue de l'article : Prostate Imaging Quality (PI-QUAL): A New Quality Control Scoring System for Multiparametric Magnetic Resonance Imaging of the Prostate from the PRECISION trial par Francesco Giganti et al. (13)	26

Figure 15 issue de PI-QUAL version 2 :an update of standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI, Maarten de Rooij et al.(12)	32
Figure 16 Tableau issu de PI-QUAL version 2 :an update of standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI, Maarten de Rooij et al.	33
Figure 17 Scoring Sheet PI-QUAL v2 issue de PI-QUAL version 2 : an update of a standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI de Rooij et al.(12)	35
Figure 18 : Flow chart de l'étude	41
Figure 19 : exemple d'analyse des données d'une IRM de prostate par MA-QC (Source : https://www.pcih.fr/mr/)	42
Figure 20 : exemple de test qualité évaluant le score PIQUALv2 par le logiciel MAQC (Source : https://www.pcih.fr/mr/)	43
Figure 21 Tableur Excel avec données brutes recueillies.	44

1 PREAMBULE

Ce travail fait suite à l'étude : MA-QC: Free online software for prostate MR quality control and PI-QUAL assessment réalisée par [M Sabbah](#)¹, [P Gutierrez](#)², [P Puech](#)³ dont le but était d'introduire l'utilisation d'un logiciel open source disponible en ligne gratuitement afin d'évaluer objectivement et de manière reproductible la qualité des images en IRM prostatique et d'en calculer automatiquement le score PI-QUAL.

Cette étude a montré que le logiciel était fonctionnel et rapide d'utilisation avec une évaluation en moins de 2 minutes de l'ensemble des 18 critères techniques composant le score PI-QUAL à partir d'un fichier DICOM d'IRM prostatique.

Ce logiciel permet donc une évaluation objective, standardisée et reproductible de la qualité image dans la détection du cancer prostatique.

L'Objectif du présent travail est d'analyser la base de données recueillies par le logiciel en ligne libre d'accès afin de déterminer le score PI-QUAL moyen dans sa version actualisée PIQUALv2.0 ainsi que des données complémentaires sur les critères techniques limitant le plus souvent la qualité des examens.

Il existe des liens d'intérêts à signaler : l'auteur et le directeur de thèse ont occupé un poste (interne et chef de clinique) dans le service d'imagerie génito-urinaire du professeur Puech dont l'équipe a développé le logiciel MA-QC.

2 INTRODUCTION

2.1 Epidémiologie du cancer prostatique

Le cancer de la prostate est à la fois le cancer le plus fréquent chez l'homme en France et dans le monde (incidence : 59800 cas/an en France en 2018/ prévalence :643156 personnes en 2017).(1)

Il se situe au 3^{ème} rang des décès par cancer chez l'homme en France, soit 9 % des décès par cancer chez l'homme (âge médian au décès de 83 ans). (1–3)

Il présente cependant le meilleur taux de survie net standardisé à 5 ans parmi les cancers, estimé à 93 % entre 2010 et 2015 en France.

Sa mortalité est en diminution constante depuis 1990, en lien avec un diagnostic précoce (accès au dépistage individuel) et de meilleurs traitements.

Cette diminution se traduit par une survie à 5 ans passant de 72 % en 1990 à 93 % en 2015, soit une augmentation de 21 points de %.

Les principaux facteurs de risque du cancer prostatiques sont :

- L'âge (âge médian au diagnostic de 69 ans en 2018),
- Les antécédents familiaux (4),
- Les facteurs ethniques (Antillais, race noire),
- Les facteurs génétiques et notamment les mutations sur les gènes HOXB13 et BRCA2 (5–7),
- Les facteurs environnementaux, comme l'exposition à certains insecticides (Chlordécone).

2.2 Dépistage, diagnostic

2.2.1 Dépistage

L'identification des patients à risque de développer un cancer prostatique est recommandée en vue d'un dépistage individuel pour les hommes âgés de plus de 50 ans ainsi que pour les hommes présentant un risque accru de cancer prostatique en raison de facteurs de risques, notamment génétiques comme la mutation BRCA (8).

Ce dépistage consiste en un dosage sérique du taux de PSA ainsi qu'un toucher rectal.

2.2.2 Place de l'IRM dans le cancer de prostate

En cas d'augmentation du taux de PSA et/ou d'anomalie au toucher rectal, des investigations complémentaires sont à réaliser :

Depuis 2021 ,L'IRM prostatique multiparamétrique pratiquée en amont des biopsies est recommandée par les sociétés savantes dans le but d'éviter des biopsies inutiles (8).

Il a été montré que les biopsies guidées par IRM détectent au moins autant de cancers significatifs que l'approche traditionnelle avec biopsie transrectale guidée par l'échographie seule.(9)

Un bénéfice certain du guidage IRM des biopsies prostatique a été montré la première fois dans le PRECISION trial(10)

Une IRM négative permet au patient d'éviter une série de biopsies de manière sécurisée. En cas de positivité de l'examen, les biopsies dirigées sont nécessaires.

D'autres applications de l'IRM voient le jour avec notamment le staging local et la surveillance active de patients avec une maladie indolente.

2.2.3 Biopsies prostatiques

Le schéma de prise en charge initial incluait une série de biopsies systématiques transrectales guidées par l'échographie chez les patients présentant un taux de PSA à risque de cancer prostatique.

Les biopsies prostatiques doivent associer une combinaison de biopsies prostatiques systématiques, au nombre de 12.

Ces 12 biopsies systématiques sont réalisées au nombre de deux par zone et par latéralité, c'est-à-dire 2 prélèvements au sein de la base prostatique droite, 2 prélèvements au sein de la médio-prostate droite, 2 prélèvements au sein de l'apex prostatique droit et 6 prélèvements du côté gauche, selon la même organisation.

Le champ de ces biopsies systématiques est restreint aux zones postérieures de la prostate.

Le schéma ESUR v1 de la prostate fait état de ces zones annotés « p » correspondant aux zones intéressées par ces biopsies systématiques.

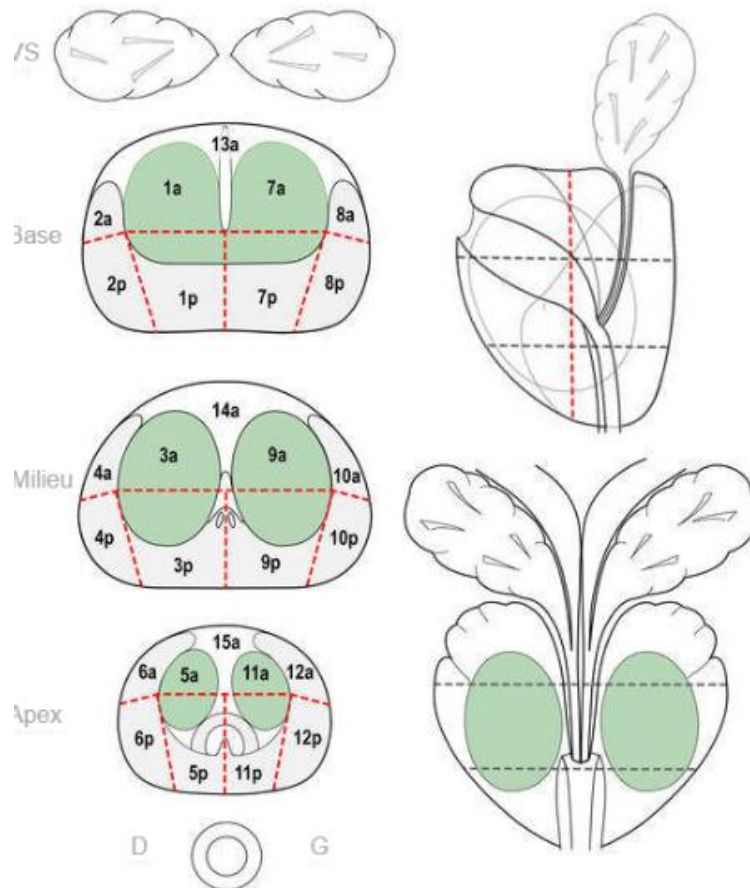


Figure 1 : Schéma ESUR (European Society of Urogenital Radiology) v1 zones prostatiques.

L'IRM précédant la biopsie et les biopsies guidées par l'IRM offrent de meilleurs résultats que le schéma standard de biopsies transrectales guidées par l'échographie chez les patients naïfs de biopsies avec un taux de PSA augmenté avec un taux supérieur de cancers significatifs détectés (9).

2.2.4 IRM prostatique en pratique et score PIRADS

2.2.4.1 Prostate normale

L'IRM prostatique évalue étape par étape et zone par zone la glande prostatique avec une évaluation point par point : de la zone périphérique, de la zone de transition et du stroma fibro-musculaire antérieur.

Cette évaluation est réalisée sur trois séquences : T2, diffusion et séquence d'injection dynamique de gadolinium (DCE/perfusion).

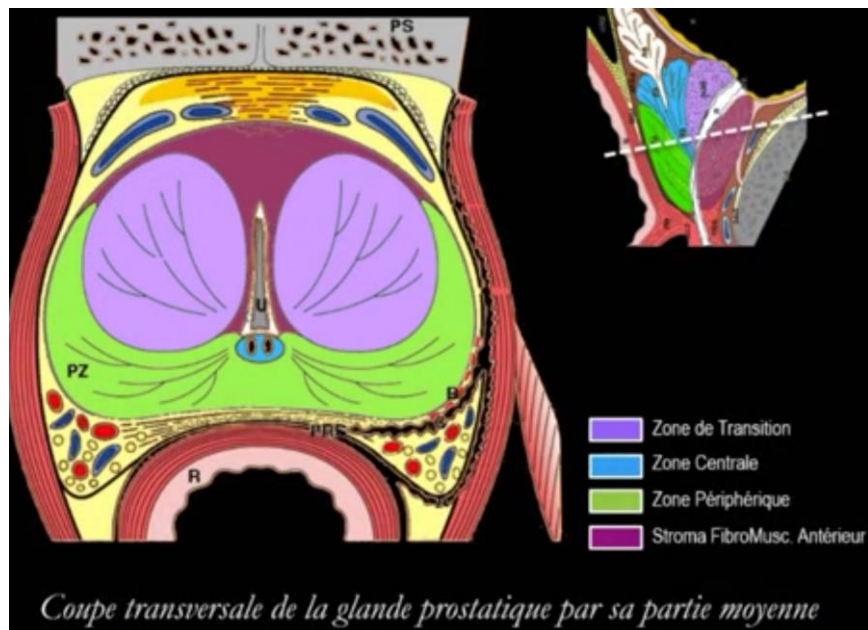


Figure 2 : Coupe transversale de prostate en partie moyenne (Source :Puech, JFR 2018)

La zone périphérique en IRM présente une forme en U, un iso-signal T2 chez le sujet de moins de 40 ans, puis un hypersignal T2, hyposignal T1, hypersignal ADC et un rehaussement faible (transformation glandulaire).

Cette zone représente la majorité des cas de cancers prostatiques avec 68 % des cas diagnostiqués sur prostatectomie radicale dans l'étude de Mc Neal et al.

En cas de remaniements fibreux ou inflammatoires, elle présente des zones en hyposignal T2 plus ou moins diffuses, un iso signal T1, une diminution de l'ADC et un rehaussement plus intense et précoce sur la séquence d'injection dynamique.

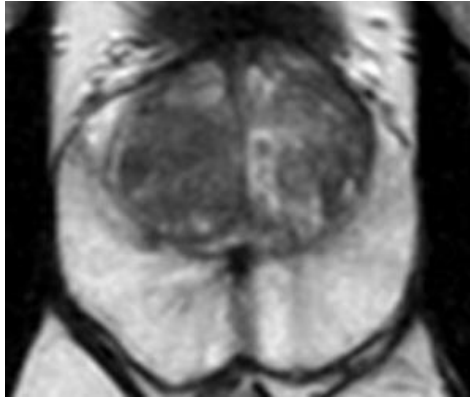


Figure 3 : Zone périphérique de prostate normale en séquence IRM axiale T2
(Source : imagerie PACS du CHRU de Lille)

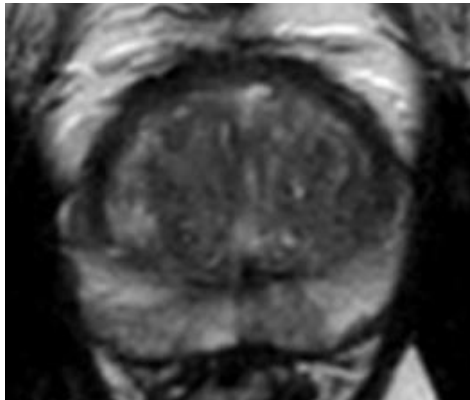


Figure 4 : Remaniements inflammatoires de la zone périphérique, en hyposignal T2
cunéiformes (Source : imagerie PACS du CHRU de Lille)

La zone de transition en IRM présente 2 lobes multi-nodulaires globalement symétriques, à contenu hétérogène myomateux, glandulo-kystique, calcifié...

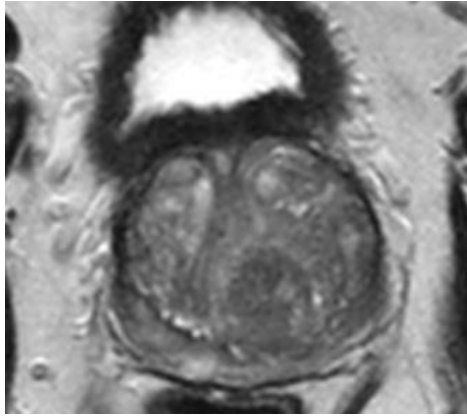


Figure 5 : Zone de transition normale en IRM prostatique : coupe axiale T2 (Source : PACS du CHRU de Lille).

Les nodules d'adénome prostatique typiquement bénins présentent en IRM un fin liseré périphérique hyposignal T2 et/ou de petites ponctuations hypersignal T2 glandulaires. Leur aspect en diffusion est extrêmement variable.

Le Stroma fibromusculaire antérieur est une structure musculaire et collagène variable en épaisseur, médiane, inférieur au-dessous du plan du veru montanum.

Il ne contient pas de glande et présente un signal fibreux très hypoT2 sans aucun rehaussement ni restriction de diffusion.

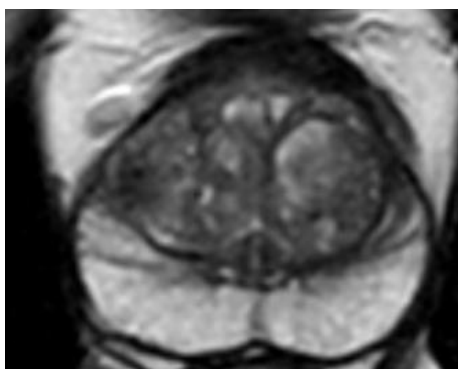


Figure 6 : Coupe Axiale T2 montrant à la partie antérieure de la prostate le SFMA normal, en hyposignal T2 franc. (Source : PACS du CHRU de Lille).

Les bandelettes neurovasculaires en regard des angles postéro-latéraux de prostate sont une voie privilégiée de l'extension des cancers prostatiques, dont l'analyse dépend directement de la qualité image de l'IRM effectuée.

2.2.4.2 Sémiologie IRM du cancer prostatique : le score PIRADS

Le cancer se caractérise en IRM par une plage hyposignal T2 localisée, homogène, nodulaire de topographie évocatrice avec en imagerie fonctionnelle un rehaussement précoce et intense, et une restriction marquée ($ADC < 1 \text{ mm}^2/\text{s}$).

Le score PIRADS (Prostate Imaging Reporting and Data System) est un système de classification standardisé utilisé pour améliorer la détection et la caractérisation du cancer de la prostate.

Le PIRADS a été développé par l'European Society of Urogenital Radiology (ESUR) et l'American College of Radiology (ACR) pour standardiser l'interprétation des IRM de la prostate.

PIRADS v1 (2012) : La première version, introduite en 2012, offrait une base mais présentait des limites en termes de reproductibilité et de complexité.

PIRADS v2 (2015) : La deuxième version a apporté des améliorations significatives en simplifiant et en clarifiant les critères d'évaluation.

PIRADS v2.1 (2019) : Une mise à jour mineure visant à résoudre certaines ambiguïtés et à améliorer la performance diagnostic (11).

2.2.4.3 Description du score

Le PIRADS évalue principalement trois séquences d'IRM : l'imagerie pondérée en T2 (T2WI), la diffusion pondérée (DWI) et l'imagerie par résonance magnétique avec injection dynamique (DCE).

Chaque séquence joue un rôle distinct dans l'évaluation de différentes zones de la prostate : la zone périphérique et la zone transitionnelle.

La séquence clé pour le calcul du score PIRADS de la zone périphérique est la séquence de diffusion.

La séquence clé pour le calcul du score PIRADS de la zone de transition est la séquence pondérée T2.

Les lésions sont notées de 1 à 5, avec le score 1 indiquant une très faible probabilité de cancer cliniquement significatif et le score 5 une très haute probabilité.

La combinaison des scores des différentes séquences aboutit à un score global PIRADS pour chaque lésion identifiée.

Score PIRADS 2.1 sur la séquence de diffusion (score principal de la zone périphérique) :

- **PIRADS 1** : Absence d'anomalie sur la carte ADC ni en DWI à b élevé.
- **PIRADS 2** : Zone linéaire ou en forme de coin avec un ADC abaissé ou avec un hypersignal diffusion à b élevé.
- **PIRADS 3** : Zone focale (discrète et différente de son environnement) avec une ADC abaissée et/ou un signal élevé en diffusion à b élevé qui peut être très en hyposignal sur la carte ADC ou très en hypersignal sur la diffusion à b élevé mais pas les deux.
- **PIRADS 4** : Zone focale avec une chute marquée de l'ADC et un signal très intense en DWI à b élevé restant inférieur à 15 millimètres de plus grand diamètre.

- **PIRADS 5** : Zone focale avec une chute marquée de l'ADC et un signal très intense en DWI à b élevé de plus de 15 mm de plus grand diamètre ou lésion avec extension extra-prostatique.

En cas de score de diffusion 3, il faut analyser la séquence DCE. Si la lésion présente un rehaussement précoce et focal (DCE+), alors le score PIRADS final est de 4, sinon (DCE-) alors le score PIRADS final est de 3.

La séquence d'injection dynamique est également un filet de sécurité, notamment lorsque la séquence de diffusion présente des artefacts altérant sa qualité diagnostic.

Score PIRADS 2.1 sur la séquence T2 (score principal de la zone de transition) :

- **PIRADS 1** : Apparence normale de la zone de transition ou nodule rond complètement encapsulé.
- **PIRADS 2** : Nodule presque entièrement encapsulé ou nodule bien délimité sans capsule (nodule atypique) ou zone homogène légèrement hyposignal T2 entre les nodules.
- **PIRADS 3** : Plage avec un signal hétérogène, mal délimitée, ne pouvant être classée 2, 4 ou 5.
- **PIRADS 4** : Plage lenticulaire ou non circonscrite homogène et modérément hyposignal T2 de moins de 15 mm.
- **PIRADS 5** : Plage lenticulaire ou non circonscrite homogène et modérément hyposignal T2 de plus de 15 mm.

En cas de score T2 de 2 il faut analyser la diffusion, si le score de diffusion est de 3 ou moins alors la lésion est de score PIRADS 2, si le score de diffusion est de 4 ou plus alors la lésion est classée PIRADS 3.

En cas de score T2 de 3 il faut analyser la diffusion. Si le score de diffusion est de 4 ou moins, alors la lésion est classée PIRADS 3. Si le score de diffusion est de 5, alors la lésion est classée PIRADS 4.

Exemples

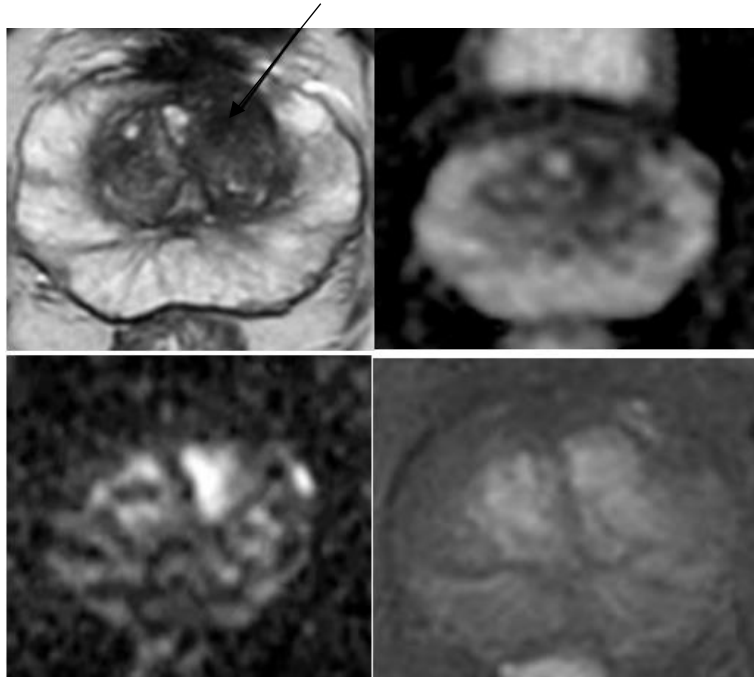


Figure 7 : Lésion PIRADS 5 (taille de plus de 15 mm) de la zone de transition, en hyposignal T2 homogène mal limitée, restriction de diffusion et rehaussement précoce. De haut en bas et gauche à droite : T2, diffusion,ADC,DCE (Source : Imagerie PACS CHRU Lille)

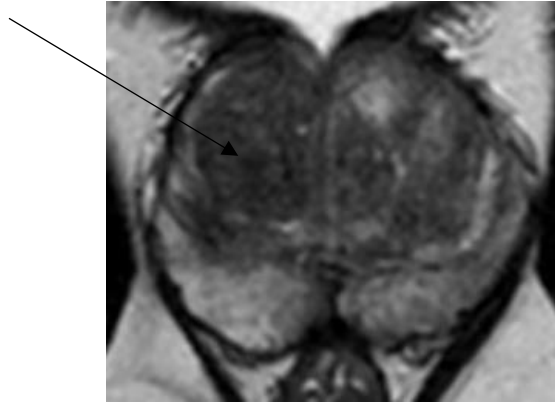


Figure 8 : Lésion PIRADS 2 de la zone de transition nodule en hyposignal T2, présentant une capsule presque complète. (Source : Imagerie PACS CHRU Lille)

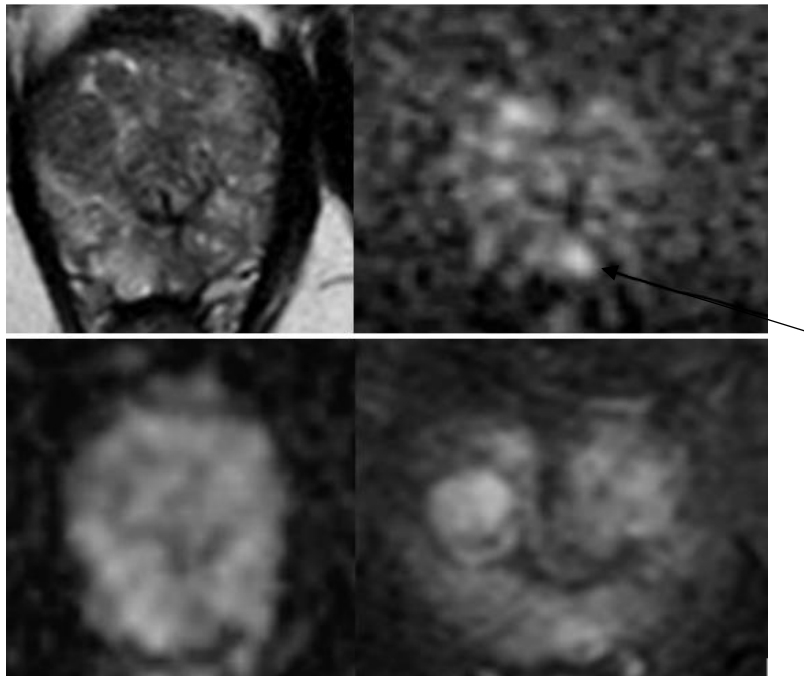


Figure 9 : Lésion PIRADS 4(3+1) de la zone périphérique : lésion focale en hypersignal diffusion mais restriction modérée, correspondant à une lésion PIRADS 3 en diffusion, dont le score final est porté à PIRADS 4 en raison d'un rehaussement précoce. De haut en bas et gauche à droite : T2, diffusion,ADC,DCE (Source : Imagerie PACS CHRU Lille)

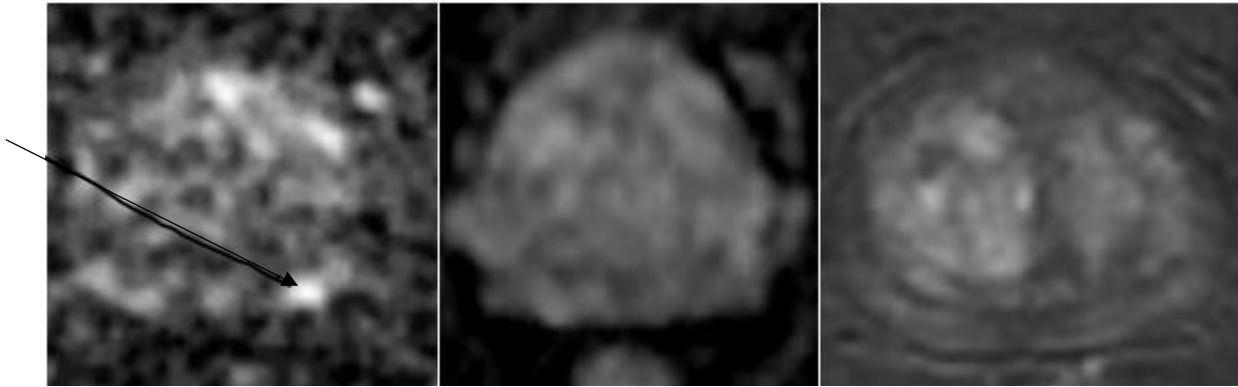


Figure 10 : Lésion PIRADS 3 de la zone périphérique : lésion focale hypersignal diffusion mais faible restriction, sans rehaussement intense en DCE. De gauche à droite : Diffusion, ADC, DCE (Source : Imagerie CHRU Lille)

2.2.4.4 Performances diagnostiques

De nombreuses études ont validé la précision du PIRADS v2 dans la détection du cancer de la prostate, en particulier pour les lésions cliniquement significatives (score Gleason ≥ 7).

Une méta-analyse de Woo et al. (2017) a montré que le PIRADS v2 avait une sensibilité de 89% et une spécificité de 73% pour la détection des cancers de la prostate cliniquement significatifs .(10)

Le PIRADS v2 est maintenant largement utilisé dans les pratiques cliniques pour guider les biopsies ciblées et influencer les décisions de traitement.

Il est particulièrement utile pour éviter les biopsies inutiles chez les patients présentant des lésions à faible risque.

Il existe cependant des limitations, notamment le fait que malgré une amélioration de la standardisation, il existe toujours des variations dans l'interprétation entre radiologues.

2.3 Le score PI-QUAL

2.3.1 PI-QUAL v1

2.3.1.1 Rationnel du score

La qualité des images en IRM est un prérequis indispensable pour tout diagnostic de cancer, avec une influence claire sur la précision diagnostique et les décisions de prise en charge (12).

Giganti et Al (13) ont introduit un nouveau score évaluant la qualité des images sur une échelle de 5 points en prenant en compte chaque séquence réalisée soit la séquence T2, la diffusion et la séquence d'injection dynamique.

2.3.1.2 Critères techniques définis par le score PI-RADS V2.1 :

Ces critères définis afin d'optimiser la qualité image sont les suivants en T2 :

- **Épaisseur maximale de coupe acceptable à 3.0 mm (épaisseur du voxel).**
- **Présence d'un plan axial T2 et au moins d'un autre plan de coupe, sagittal ou coronal.**
- **Le champ de vue, décrit par deux valeurs en centimètres correspondant à la longueur et la largeur de l'image obtenue, devant faire 12-20 cm.**

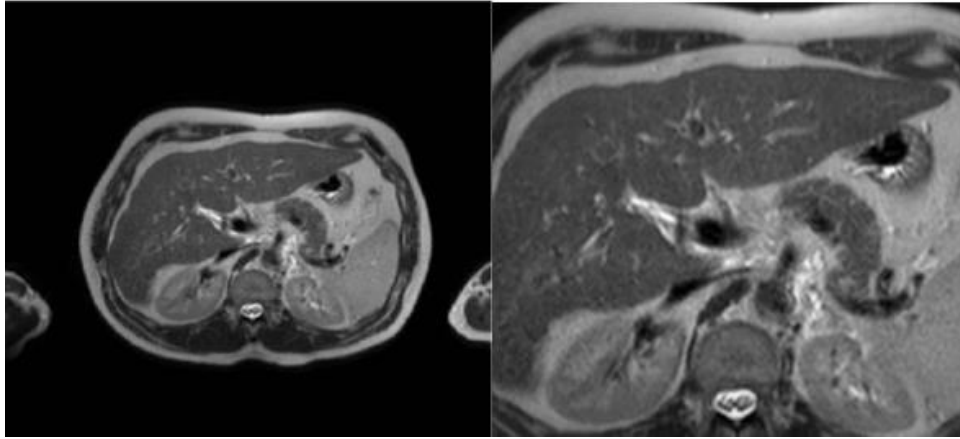


Figure 11 : A gauche : Champ de vue de 50x50 cm et à droite champ de vue de 25x25 cm (Source : <https://www.imaios.com/fr/e-mri/qualite-d-image-et-artefacts/qualite-de-l-image>)

- **La résolution en phase requise pour le voxel à 0.7 mm ou moins (Longueur du voxel).**
- **La résolution en fréquence requise à 0.4 mm ou moins (largeur du voxel).**

Ces critères de résolution correspondent à la finesse de l'image c'est-à-dire à la taille du voxel qui dépend de la matrice, du champ de vue et de l'épaisseur de coupe.

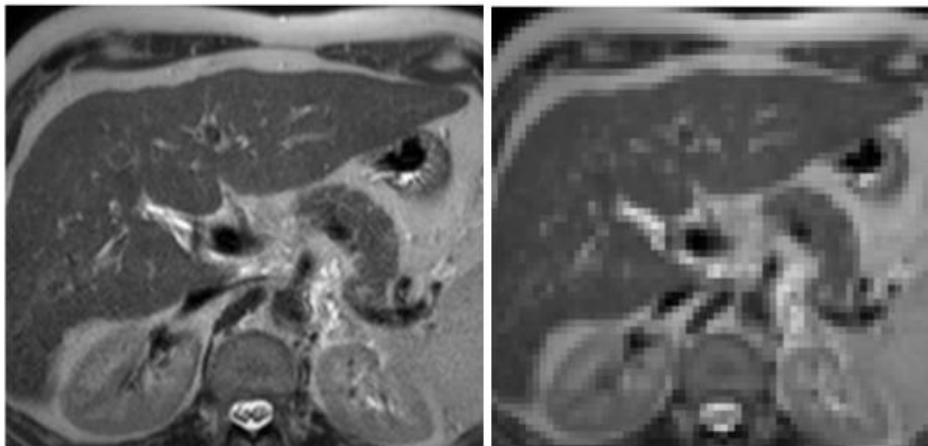


Figure 12 : A champ de vue égal : matrice de 512x 512 à gauche et matrice de 128x128 à droite (Source : <https://www.imaios.com/fr/e-mri/qualite-d-image-et-artefacts/qualite-de-l-image>)

2.3.1.2.1 Evolution des critères techniques d'IRM multiparamétrique

TABLE 1. Evolution of Minimum Technical Requirements for mpMRI Acquisition

		Dickinson et al (European Consensus Meeting) ¹⁴	Barentsz et al (PI-RADS v1) ¹⁵	Weinreb et al (PI-RADS v2) ¹⁶	Turkbey et al (PI-RADS v2.1) ²¹
Year		2011	2012	2015	2019
T2-WI	Max slice thickness	≤4 mm at 1.5 T and ≤3 mm at 3 T		≤3 mm	≤3 mm
	Planes of imaging	Axial and at least one other	2–3 planes	Axial and at least one other (sagittal/coronal)	Axial and at least one other (sagittal/coronal)
	Field of view			12–20 cm	12–20 cm
	In-plane resolution	0.5 × 0.5 mm to 0.7 × 0.7 mm			
	In-plane dimension			≤0.7 mm (phase) and ≤0.4 mm (frequency)	≤0.7 mm (phase) and ≤0.4 mm (frequency)
DWI	Max slice thickness	≤5 mm		≤4 mm	≤4 mm
	Planes of imaging	Axial	Axial	Similar to T2-WI and DCE	Similar to T2-WI and DCE
	In-plane resolution	1.5 × 1.5 mm to 2 × 2 mm			
	Field of view			16–22 cm	16–22 cm
	In plane dimension			≤2.5 mm (phase and frequency)	≤2.5 mm (phase and frequency)
	Time to Echo		≤90 msec	≤90 msec	≤90 msec
	Repetition time			≥3000 msec	≥3000 msec
	Fat saturation			Recommended	Recommended
	B value sequences	For ADC calculation, ≤800 sec/mm ²	0, 100, and 800–1000 sec/mm ² for ADC calculation	0–100 and 800–1000 sec/mm ² for ADC calculation. Mandatory to have one ≥1400 sec/mm ²	0–100 and 800–1000 sec/mm ² for ADC calculation. Mandatory to have one ≥1400 sec/mm ²
	Time to echo			<5 msec	<5 msec
Repetition time			<100 msec	<100 msec	
DCE	Slice thickness	≤4 mm		3 mm	3 mm
	Imaging planes	Axial		Same as for DWI and DCE	Same as for DWI and DCE
	Field of view			Encompass entire prostate gland and SVs	Encompass entire prostate gland and SVs
	In plane resolution	0.7 × 0.7 mm to 1 × 1 mm for 1.5 T and 0.5 × 0.5 mm to 0.7 × 0.7 mm at 3 T			
	In plane dimension			≤3 mm	≤3 mm
	Temporal resolution	10–15 seconds	≤10 seconds	≤10 seconds	≤15 seconds
	Observation rate				≥2 minutes
	Dose			0.1 mmol/kg standard GBCA or equivalent high relativity GBCA	0.1 mmol/kg standard GBCA or equivalent high relativity GBCA
Injection rate	3 mL/second	2–4 mL/second	2–3 cc/sec starting with continuous image data acquisition	2–3 cc/sec starting with continuous image data acquisition	
Fat suppression/subtractions			Recommended	Recommended	

Figure 13 : Tableau issu de (14) : Woernle et al. : The Status of Image Quality in Prostate MRI

2.3.1.3 Description du score

PI-QUAL attribue un score Likert de 1 à 5, avec un score de :

- **PI-QUAL 1** indiquant d'aucune des séquences ne respecte les standards de qualité minimum.
- **PI-QUAL 2** qu'une seule des séquences est de qualité acceptable.
- **PI-QUAL 3** indiquant qu'au moins 2 séquences prises ensemble sont de qualité acceptable.
- **PI-QUAL 4** indiquant que 2 séquences prises indépendamment sont de qualité acceptable.
- **PI-QUAL 5** que chaque séquence est indépendamment de qualité diagnostique optimale et en adéquation avec les critères techniques requis par PIRADS.

Il en résulte trois groupes distincts quant à la finalité diagnostique de l'examen réalisé :

Le groupe de score PI-QUAL 1-2 :

Il n'est pas possible de détecter toutes les lésions significatives et il n'est pas possible de caractériser toutes les lésions significatives.

Le groupe de score PI-QUAL 3 :

Il est possible de détecter toutes les lésions significatives mais il n'est pas possible de caractériser toutes les lésions significatives (bénin/malin).

Le groupe de score PI-QUAL 4-5 :

Il est possible de détecter toutes les lésions significatives et il est possible de négativer les lésions significatives qui ne correspondent pas à des lésions de cancer prostatique significatif.

Prostate Imaging QUALity control (PI-QUAL) scoring sheet

PI-QUAL score	Criteria	Clinical implications
1	All mpMRI sequences are below the minimum standard of diagnostic quality	It is NOT possible to rule in all significant lesions § It is NOT possible to rule out all significant lesions §
2	Only one mpMRI sequence is of acceptable diagnostic quality	
3	At least two mpMRI sequences taken together are of diagnostic quality	It is possible to rule in all significant lesions It is NOT possible to rule out all significant lesions
4	Two or more mpMRI sequences are independently of diagnostic quality	It is possible to rule in all significant lesions It is possible to rule out all significant lesions
5	All mpMRI sequences are of optimal diagnostic quality	

§ Therefore reports should not include PI-RADS or Likert scores

Please (✓) if present: (note: 'adequate' means compliant with the technical specifications reported in PI-RADS v. 2 guidelines) *

T2-WI	DWI	DCE
Technical parameters	Technical parameters	Technical parameters
Axial plane	Axial plane matching T2-WI	Axial plane matching T2-WI
Sagittal or coronal plane	Adequate field of view	Adequate field of view
Adequate field of view	Adequate in-plane resolution	Adequate in-plane resolution
Adequate in-plane resolution	Adequate slice thickness	Adequate slice thickness
Adequate slice thickness	Multiple (> 2) b values acquired	Pre-contrast T1-WI available
Z-axis correctly positioned	High b value (synthesised or acquired)	Fat suppression/subtraction
Visual assessment	Visual assessment	Adequate temporal resolution [≤ 10 sec]
Capsule clearly delineated	Adequate ADC map	Adequate total observation rate [≥ 2min]
Seminal vesicles clearly delineated	Absence of artefacts (e.g. rectal air)	Visual assessment
Ejaculatory ducts clearly delineated		Capsular vessels clearly delineated
Neurovascular bundles clearly delineated		Vessels in the adductor canal clearly delineated
Sphincter muscle clearly delineated		Absence of artefacts (e.g. movement)
Absence of artefacts (e.g. movement)		
Is T2-WI of diagnostic quality?	Is DWI of diagnostic quality?	Is DCE of diagnostic quality?
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No

Figure 14 Fiche d'évaluation du score PI-QUAL version 1, issue de l'article : Prostate Imaging Quality (PI-QUAL): A New Quality Control Scoring System for Multiparametric Magnetic Resonance Imaging of the Prostate from the PRECISION trial par Francesco Giganti et al. (13)

2.3.1.4 Impact du score PI-QUAL en pratique clinique

Le score PI-QUAL a été évalué dans plusieurs cohortes de patient et il a été montré que la qualité des images a un impact direct sur la détection du cancer et la planification des biopsies (14).

2.3.1.5 Adhérence aux critères techniques du PI-RADS V2

L'adhérence aux critères techniques minimum définis par le PI-RADS v2 est variable dans le monde, comme le montrent certaines études. Par exemple celle réalisée dans les centres de prise en charge tertiaires en Turquie qui ne remplissent pas la majorité des critères techniques recommandés pour les IRM de prostate (15).

Les défauts techniques prédominent au niveau de la résolution en phase et en fréquence notamment sur les séquences pondérées T2.

Les critères qualités étaient plus souvent respectés sur les champs magnétiques 3T comparativement aux 1.5 T.

Le temps d'acquisition est plus long pour les centres adhérents à la taille du champ de vue (FOV) et la résolution en phase.

Le temps d'acquisition est également plus long sur les séquences de diffusion respectant une haute valeur de pondération diffusion b supérieure ou égale à 1400 et le champ de vue (FOV).

2.3.1.6 Concordance inter-observateur

La concordance inter observateur pour l'évaluation du score PI-QUAL est bonne dans plusieurs études, notamment celle-ci retrouvant un coefficient kappa de 0.85 entre deux lecteurs expérimentés sur 103 examens différents (16). Chez des lecteurs non experts, cette concordance est bonne également.

Les séquences T2 sont les plus en accord avec les critères techniques recommandés par le PI-RADS v2 avec 92 % de conformité, suivies des séquences de perfusion avec 79 % de conformité et des séquences de diffusion avec 77 % de conformité.

Le manque de données disponibles sur l'effet de la qualité des images sur la concordance inter-observateur et un consensus international a réitéré l'importance d'études se concentrant sur la qualité image en IRM, pour évaluer la performance et la reproductibilité des examens.

2.3.2 Mis à jour du PIQUAL : Score PI-QUAL v2

2.3.2.1 Limites du score PI-QUAL version 1

Le score PIQUAL v1 est conçu pour certifier la qualité des images dans le **seul contexte d'optimiser la réalisation des biopsies prostatiques**.

En effet, son utilisation dans les autres contextes cliniques n'est pas reconnue.

Ceci était un frein à son utilisation pour la surveillance active, le suivi des patients avec imagerie précédente positive ou négative, l'évaluation de l'extension loco-régional d'un cancer.

Le score PIQUAL v1 est conçu dans le **seul contexte de l'IRM prostatique multiparamétrique**, c'est-à-dire incluant une séquence d'injection dynamique de contraste (DCE). Ceci est un frein à son usage dans le cadre des IRM prostatique bi-paramétriques (absence de séquence injectée).

La multiplication et la complexité des critères techniques et visuels recommandés dans l'évaluation de la qualité images du score PIQUALv1 limite sa compréhension et sa simplicité d'utilisation en pratique courante par les différents intervenants (urologues et radiologues notamment).

2.3.2.2 Nouveaux paramètres de qualité

La qualité des images ne dépend pas uniquement des critères techniques définis dans le PIRADS V2.1 (14) mais également de la préparation optimale du patient, l'entraînement des équipes de manipulateurs en radiologie et l'utilisation des systèmes d'intelligence artificielle. L'impact de ces éléments sur les images finales obtenues doit être quantifié.

Il existe de **nombreux artéfacts** impactant la qualité image. Le score PIQUAL-2 a renforcé le poids de leur évaluation dans l'évaluation de la qualité image.

Les types d'artéfacts les plus courants à rechercher :

- Les **artéfacts de mouvements** qui sont les plus courants. En imagerie pelvienne, de nombreux mouvements involontaires peuvent les générer comme les mouvements respiratoires, le péristaltisme intestinal, le remplissage vésical et les mouvements du périnée.
- Les **artéfacts de susceptibilité magnétique**, qui sont dus à la présence de tissus de différents types autour de la prostate avec des susceptibilités magnétiques différentes comme les gaz rectaux et les matériaux métalliques comme les prothèses de hanches.
- Les **artéfacts de déplacement chimique** qui sont dus à la différence de fréquence de résonance entre les protons de la graisse et les protons de l'eau. Il peut en résulter des bandes sombres ou claires aux interfaces eau/graisse qui peuvent obscurcir les bords de la glande prostatique.
- Les **artéfacts de repliement ou aliasing**, qui résultent d'un champ de vue trop petit avec des images anatomiques visibles hors de leur localisation

physiologique. Ajuster le champ de vue ou élargir la matrice peut réduire ces artéfacts.

- La **baisse du rapport signal sur bruit** chez les patients avec BMI élevé et usage d'antennes de surface.

Moyens de pallier ces artéfacts :

- Préparation du patient :

L'usage **d'agents antipéristaltiques** comme les anticholinergiques ou le glucagon pour diminuer le péristaltisme intestinal après vérification de l'absence de contre-indication.

L'amélioration de la qualité image a été démontré avec leur usage (17,18) mais ils n'ont cependant pas de bénéfice démontré dans la détection du cancer (18) ou le staging loco-régional (19).

D'autres techniques comprennent l'utilisation de **micro-lavements, des restrictions alimentaires et des cathéters rectaux** minces pour diminuer l'accumulation d'air rectal (20).

- Matériel :

Les **champs magnétiques de type 3T** ont théoriquement une meilleure qualité image que ceux à 1.5 T, mais ils sont plus sensibles aux artéfacts de susceptibilité magnétique.

C'est pourquoi PIRADS V2.1 recommande l'usage d'un champ 3T hormis dans le cas d'un patient porteur de matériel ou d'implants métalliques (11).

Les **antennes endorectales** peuvent être utilisées pour améliorer le rapport signal sur bruit **sur les machines 1.5T** et chez les patients à **BMI élevé** (21).

- Equipe d'imagerie :

Ingénieurs en radiologie, manipulateurs en électroradiologie médicale, radiologue spécialisé en imagerie génito-urinaire doivent travailler ensemble et être entraînés à l'imagerie prostatique pour fournir les images de qualité optimale.

2.3.2.3 Score PI-QUAL version 2

Le score PI-QUAL v2 développé par un groupe issu de la société européenne pour pallier aux limitations du score initial avec une **utilisation compatible sur les imageries prostatiques bi-paramétriques** (c'est-à-dire sans injection de produit de contraste), un **plus large éventail de situations cliniques** ou il est utilisable avec une **reproductibilité accrue** et une **simplification du score** (12).

En effet, le nombre total de critères à évaluer pour ce score est seulement de 10, contre 34 critères dans sa première version.

Le score PI-QUAL v2 utilise une échelle simplifiée en 3 grades se concentrant sur les critères techniques et les paramètres d'images.

Les experts d'Europe et d'Amérique du Nord ont été réunis dans un groupe international collaboratif de 20 radiologues génito-urinaires spécialisés dans l'imagerie prostatique et de 6 urologues utilisant l'IRM prostatique dans leur pratique quotidienne.

Table 4 Major differences between PI-QUAL v1 and PI-QUAL v2

From: PI-QUAL version 2: an update of a standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI

PI-QUAL v1 (2020)	PI-QUAL v2 (2024)
1–5 Scale	1–3 Scale
Only mpMRI	Both mpMRI and MRI without intravenous contrast medium
Developed by researchers of the PRECISION trial	Developed by an expanded international working group
34 Criteria	10 Criteria
Evaluates compliance with all PI-RADS v. 2 technical recommendations	Defines essential technical requirements based on PI-RADS v2.1 minimum technical requirements for each sequence before assessment
All sequences have the same weighting	T2-WI and DWI have more weighting than DCE sequences

mpMRI multiparametric magnetic resonance imaging, *PI-RADS* prostate Imaging reporting and data system, *DCE* dynamic contrast-enhanced, *DWI* diffusion-weighted imaging, *T2-WI* T2-weighted imaging

Figure 15 issue de PI-QUAL version 2 :an update of standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI, Maarten de Rooij et al.(12)

2.3.2.3.1 Prérequis : Les critères techniques essentiels

Un accord unanime a été obtenu sur le fait que la nouvelle version du score PI-QUAL devait **inclure seulement les critères techniques essentiels de chaque séquence avant de procéder à l'évaluation des images.**

Si ces critères ne sont pas tous respectés pour la séquence T2 ou la séquence diffusion, ces séquences sont d'emblées considérées à 0/4.

Si ces critères ne sont pas tous respectés pour la séquence injectée dynamique, celle-ci sera d'emblée considérée – (voir paragraphe suivant).

Table 2 Essential technical prerequisites per sequence

From: **PI-QUAL version 2: an update of a standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI**

T2-WI	DWI	DCE
3 mm Slice thickness	≤ 4 mm Slice thickness	3 mm Slice thickness
	High <i>b</i> value sequence (≥ 1400 s/mm ²), calculated or acquired	Temporal resolution ≤ 15 s
	ADC map using at least two <i>b</i> values up to 1000 s/mm ²	Fat suppression (or include post-processing, e.g. subtraction/heat maps) 3D sequences (preferred)

T2-WI T2-weighted imaging, DWI diffusion-weighted imaging, DCE dynamic contrast-enhancement, ADC apparent diffusion coefficient

Figure 16 Tableau issu de PI-QUAL version 2 :an update of standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI, Maarten de Rooij et al.

2.3.2.3.2 Les critères de scoring séquence par séquence

Après vérification que chacun de ces critères techniques essentiels et obligatoires de chaque séquence est respecté, le score PI-QUAL v2 consiste en un score de 0 à 4 points pour les séquences T2 et diffusion et éventuellement un score + ou – pour la séquence d'injection dynamique s'il s'agit d'une IRM multiparamétrique.

En cas de score **inférieur ou égal à 2** pour la séquence T2 ou la séquence de diffusion et de séquence DCE classée - : l'examen est classé **PI-QUAL 1** et par conséquent est **inadéquat** à l'usage diagnostique, il faut refaire l'examen.

En cas de **score de 3 ou 4** pour la séquence T2 et pour la séquence diffusion, l'examen est classé **PI-QUAL 2** et est de qualité **acceptable**, il faut éventuellement répéter l'examen.

En cas de score T2 **égal à 4** avec score Diffusion égal à 4 et séquence DCE classée +, l'examen est classé **PI-QUAL 4** et est de qualité **optimale**.

Les quatre points de la séquence T2 sont relatifs à une image avec un **bon rapport signal sur bruit**, une possibilité de **délimiter clairement les différentes structures**

anatomiques de la prostate, **l'absence d'artéfacts significatifs**, une **séquence coronale ou sagittale** avec une bonne résolution/un bon rapport signal sur bruit et sans artéfact significatif.

Les quatre points de la séquence de diffusion sont relatifs à un **bon rapport signal sur bruit** sur les images à haute valeur de b, **un contraste satisfaisant** entre la zone de transition et la zone périphérique sur les cartes ADC, **l'absence d'artéfact significatif** et **une bonne superposition de l'ADC et la séquence à haute valeur de b avec la séquence T2**.

Les deux critères à remplir pour la séquence d'injection dynamique sont **l'absence d'artéfacts significatifs avec un bon rehaussement** et **une bonne différenciation des structures anatomiques**.

Si ces deux critères sont remplis et que l'une des deux autres séquences (T2 ou DWI) a un score de 4/4, alors la séquence DCE est classée +, c'est-à-dire qu'elle permet à un examen initialement classé PI-QUAL 1 d'être reclassé PI-QUAL 2.

Dans les autres cas, cette séquence est classée – et reclasse un examen initialement PI-QUAL 3 en examen PIQUAL 2.

From: PI-QUAL version 2: an update of a standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI

PI-QUAL v2 scoring sheet

MRI without intravenous contrast medium

T2-WI	DWI	PI-QUAL score	Remarks	General clinical implication
≤ 2	≤ 2	1	-	<u>Inadequate</u> scan: scan should be repeated
3 or 4	3 or 4	2	No: ≤ 2 /4 for T2-WI and DWI	<u>Acceptable</u> scan: consider repeat scan
4	4	3	Full scores for T2-WI and DWI	<u>Optimal</u> scan: scan of optimal diagnostic quality

Multiparametric MRI

T2-WI	DWI	DCE	PI-QUAL score	Remarks	General clinical implication
≤ 2	≤ 2	+	1	-	<u>Inadequate</u> scan: scan should be repeated
3 or 4	3 or 4	+	2	No: ≤ 2 /4 for T2-WI and DWI	<u>Acceptable</u> scan: consider repeat scan
4	4	-	3	Full scores for T2-WI and DWI	<u>Optimal</u> scan: scan of optimal diagnostic quality

'+' : both criteria for DCE are satisfied and at least one sequence (either T2-WI or DWI) must score 4/4
 '-' : either only one criterion or no criteria for DCE are satisfied

Please (✓) if present:

T2-WI

Essential requirement before proceeding (equals 0/4 if not met):

Slice thickness: 3 mm	
Axial T2-WI: adequate signal-to-noise ratio (SNR) in all parts of the images	
Axial T2-WI: ability to clearly delineate relevant structures in the prostate	
Axial T2-WI: absence of significant artefacts in the prostatic region	
Sagittal OR coronal: adequate SNR and image resolution AND absence of significant artefacts	
Total score for T2-WI	/ 4

DWI

Essential requirement before proceeding (equals 0/4 if not met):

Slice thickness: ≤ 4 mm	
High b value sequence (≥ 1,400 s/mm ²)	
ADC map using at least two b values up to 1,000 s/mm ²	
Adequate contrast and SNR on high b value images	
Adequate range of contrast to differentiate TZ/BPH from PZ on the ADC maps	
Absence of significant artefacts in the prostatic region	
Anatomical matching of the ADC map / high b value sequence to the axial T2-WI	
Total score for DWI	/ 4

DCE

Essential requirement before proceeding (equals '-' if not met):

Slice thickness: 3 mm	
Temporal resolution: ≤ 15 seconds	
Fat saturation (or include post-processing, e.g. subtraction / heat maps)	
Absence of significant artefacts in the prostatic region and appropriate bolus enhancement	
Ability to identify anatomical structures (e.g. capsular vessels or pudendal artery)	
Total score for DCE ('+' only when both criteria are met)	+ / -

PI-QUAL score 1 2 3

PI-QUAL v2 scoring sheet that includes the basic mandatory PI-RADS v2.1 technical prerequisites for T2-WI, DWI and DCE, and the table to derive the PI-QUAL v2 score

Figure 17 Scoring Sheet PI-QUAL v2 issue de PI-QUAL version 2 : an update of a standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI de Rooij et al.(12)

2.4 Le logiciel MA-QC

2.4.1 Présentation du logiciel et de l'étude initiale

La collecte des paramètres techniques nécessaires pour PI-QUAL peut être complexe et chronophage pour les radiologues.

Pour simplifier ce processus, notre équipe a développé un logiciel gratuit en ligne, appelé "MRI Acquisition Quality Control" (MA-QC), qui extrait automatiquement les paramètres techniques des métadonnées DICOM et calcule le score PI-QUAL de manière interactive.

L'étude MA-QC: Free online software for prostate MR quality control and PI-QUAL assessment par [M Sabbah](#)¹, [P Gutierrez](#)², [P Puech](#)³ vise à décrire la conception du logiciel MA-QC et à valider son efficacité sur un grand ensemble d'examens DICOM de prostate provenant de différents fournisseurs.

Pour valider le logiciel, 100 examens DICOM de prostate ont été collectés auprès de divers fabricants (GE Healthcare, Canon Medical Systems, Siemens Healthineers, et Philips Healthcare).

Les examens comprenaient des données de 67 examens fournis directement par les fabricants, ainsi que 33 autres examens de centres et contacts personnels.

Les données ont été évaluées pour vérifier la capacité du logiciel à lire les images DICOM, extraire les données des séries, et calculer le score PI-QUAL.

2.4.2 Conception du logiciel

Le logiciel MA-QC est accessible via un navigateur web à l'adresse : <https://www.pcih.fr/mr>.

Développé entre avril 2022 et mars 2023 sans financement externe et sans publicité, il est disponible en open-source sous la licence GNU GPL v3.

Le logiciel, développé en PHP et JavaScript avec des bibliothèques open-source pour l'extraction des balises DICOM, offre une interface utilisateur en HTML5 permettant de lire localement les images DICOM, d'afficher une liste logique des séries regroupées par type, de revoir les paramètres de séquence et d'appliquer des tests de qualité.

2.4.2.1.1 Analyse des données IRM

Lorsqu'un ensemble de fichiers est glissé-déposé dans le logiciel, il démarre automatiquement l'analyse. Les fichiers non-DICOM sont exclus, et les données DICOM sont analysées pour extraire 46 balises nécessaires à l'identification des séquences T2, DWI, ou DCE et au calcul des critères techniques de PI-QUAL. Le logiciel regroupe les images en séries, identifie les séquences et leurs types, et affiche un résumé de l'examen avec des miniatures et des paramètres techniques.

2.4.2.1.2 Compatibilité du navigateur

Le logiciel est compatible avec tous les navigateurs modernes HTML5 et a été testé avec succès sur diverses plateformes (Windows 10, OSX Monterrey). Il est également utilisable sur des appareils mobiles, bien que l'entrée de fichiers soit plus pratique depuis un ordinateur de bureau.

2.4.2.2 Calcul du score PI-QUAL

Les utilisateurs peuvent appliquer un test de qualité en sélectionnant l'onglet "Perform quality test".

Le test PI-QUAL évalue les critères techniques et visuels des séquences T2, DWI, et DCE.

Les critères sont détectés automatiquement par le logiciel, mais l'utilisateur peut ajuster les séquences sélectionnées si nécessaire.

Le score PI-QUAL est calculé en fonction de la conformité des critères et affiché avec une description des conséquences cliniques.

Le logiciel initial effectuait un test permettant de calculer automatiquement le score PI-QUAL dans sa première version, il a été mis à jour et propose désormais le calcul du score PI-QUAL version 2.

2.4.3 Temps de traitement

Le temps moyen de traitement pour un examen de la prostate était de 96 secondes, avec une vitesse médiane de 15,2 fichiers par seconde. Le temps de traitement est influencé par le nombre de fichiers et la performance de l'ordinateur utilisé.

2.4.4 Résultats de l'étude initiale

Le logiciel a prouvé son efficacité pour extraire les informations DICOM à partir de divers modèles d'IRM.

Il permet une évaluation rapide et précise des critères techniques du PI-QUAL, démontrant son efficacité sur un large éventail de dispositifs d'IRM.

Il est très et facile à utiliser, accessible gratuitement et sans installation préalable.

Sa compatibilité avec diverses plateformes et navigateurs facilite son utilisation, et son interface utilisateur simplifie l'analyse des paramètres d'examen.

Bien que des défis aient été rencontrés en raison de l'encodage varié des données DICOM, le logiciel a réussi à adapter son code pour traiter ces exceptions.

En automatisant l'analyse des critères techniques, MA-QC aide à améliorer la qualité globale des examens et devrait être intégré dans le flux de travail clinique pour optimiser les pratiques d'IRM de la prostate.

2.5 Objectif de notre étude

L'étude initiale du logiciel MA-QC a été réalisée en appliquant la première version du score PI-QUAL, ainsi que dans un but principal de vérifier la fonctionnalité pratique du logiciel.

Cette étude vise à reprendre la base de données disponible et y appliquer le test qualité du logiciel MA-QC après mise à jour permettant le calcul du score PI-QUAL dans sa version actuelle (PI-QUAL 2.0).

L'objectif principal est de synthétiser les résultats pour obtenir le score PI-QUAL 2.0 moyen sur le panel d'examens étudiés.

L'objectif secondaire est d'obtenir des données complémentaires sur les critères techniques limitant le plus souvent la qualité des examens.

Le but global étant de dégager des informations permettant une amélioration de la qualité globale des IRM prostatique pour une meilleure pertinence diagnostique et clinique en pratique quotidienne.

3 MATERIELS ET METHODES

3.1 Base de données

Les données sont issues de l'intégralité de la base de données du logiciel en ligne libre d'accès MA-QC comportant des examens analysés depuis la création du logiciel en avril 2022 jusqu'en août 2024 avec des examens directement fournis par les différents constructeurs de machines IRM à savoir Philips, Siemens, GE, Canon ainsi que des examens importés par divers utilisateurs indépendants d'hôpitaux périphériques français mais aussi internationaux.

Ces examens ont été effectués entre octobre 2016 et février 2024.

Ont été inclus par exemple plusieurs examens recueillis de Centres Hospitaliers périphériques et Cliniques des Hauts de France (exemples : CH Valenciennes, le CH-Boulogne, la clinique du Parc) des hôpitaux français variés (exemples : CHU de Rouen, le CH de Beaumont sur Oise, CH Fléger) et à l'international (exemples : CHU de Charleroi , hospital italiano de buenos aires).

Un total de 266 examens figurent dans la base de données du logiciel MA-QC

3.1.1 Flow-chart

La data base du logiciel référence 266 examens.

238 examens analysés sont disponibles en pratique dans la base de données du logiciel en ligne MA-QC.

Parmi eux :

- 2 examens ont été exclus car il s'agit d'IRM cérébrales.

- 2 examens ont été exclus car il s'agissait d'IRM musculosquelettiques : épaule, genou.
- 1 examen a été exclu car il s'agit d'une IRM rénale.
- 13 examens ont été exclus car ils comportaient un nombre d'images insuffisant, fixé arbitrairement à 100 (Les examens comportant moins de 100 images présentaient systématiquement des séquences essentielles manquantes, soit T2, soit diffusion).

Un total de 220 examens a été inclus dans l'analyse de données.

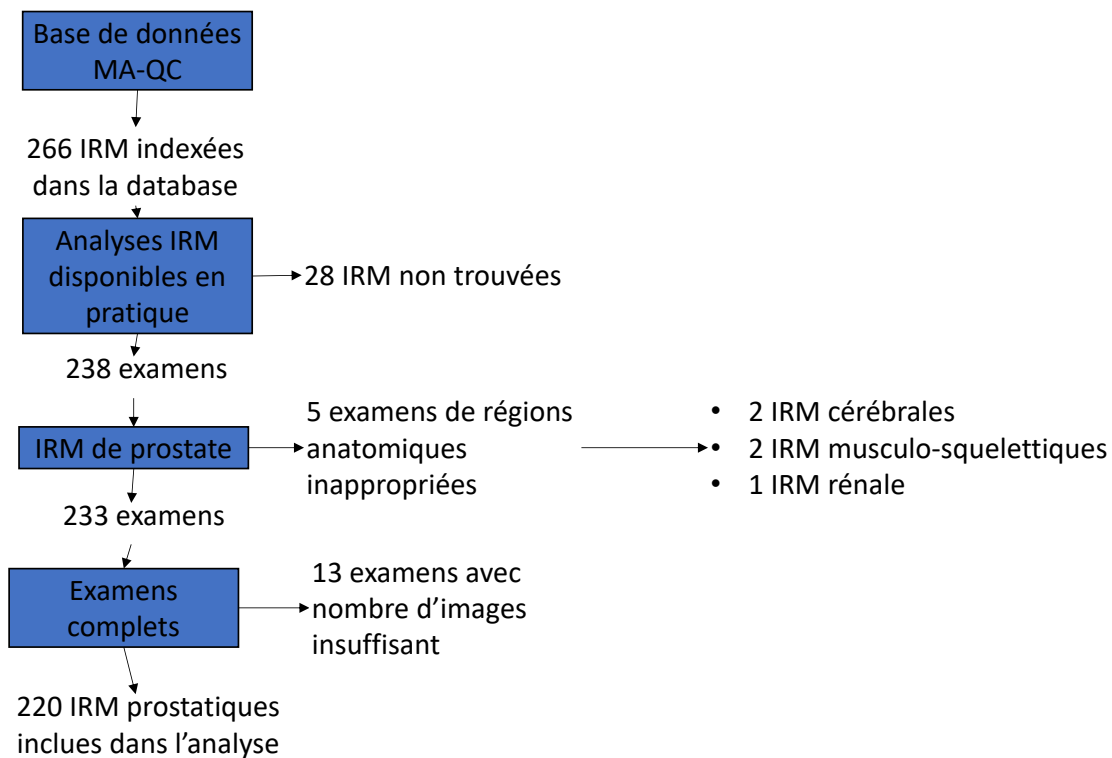


Figure 18 : Flow chart de l'étude

3.2 Recueil de données

Une analyse des données et un test de performance diagnostique ont été effectués sur la totalité des examens analysés.

Analysis of this dataset took 0 sec
Ready to start again...

Study data

Institution: Study description: Manufacturer: **Siemens**
 Protocol name: Model: **MAGNETOM Altea**
 Body part: Software version: **syngo MR XA20**
 Date: **20230106** Estimated service: **April, 2019**
 Images found: **1084** Magnetic field strength: **1.5T**
 Est. examination duration: **31 : 34**

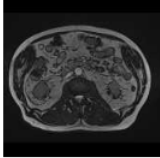
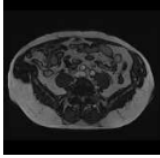
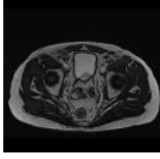
3 13:21:14 t: 20 sec		TRUFI AXIAL GRAND CHAMP COMPOSING AXIAL <input type="button" value="38"/>	FOV ph*fq (mm) 264.06 • 400 Ph.enc.dir. COL (R/L) Matrix ph*fq 158 • 320 Acq.pixl ph*fq (mm) 1.67 • 1.25 Cols • Rows (px) 320 • 260 Rec.pixl x*y(mm) 1.25 • 1.25 Slc thickn. (mm) 4.5 Slc interv. (mm) 5.63	ORIGINAL • PRIMARY • M • NORM • DIS2D • FM • FIL • MFSPLIT sequence: GR - variant: SK options: PER TR: 4.51ms ; TE: 2.26ms *#f2d1	T1-w eg
5 13:21:15 t: 87 sec		COMPO TRUFI_COMP AXIAL <input type="button" value="74"/>	FOV ph*fq (mm) 264.06 • 400 Ph.enc.dir. COL (R/L) Matrix ph*fq 158 • 320 Acq.pixl ph*fq (mm) 1.67 • 1.25 Cols • Rows (px) 320 • 260 Rec.pixl x*y(mm) 1.25 • 1.25 Slc thickn. (mm) 4.5 Slc interv. (mm) 5.63	DERIVED • PRIMARY • M • NORM • DIS2D • FM • FIL • COMPOSED • MFSPLIT sequence: GR - variant: SK options: PER TR: 4.51ms ; TE: 2.26ms *#f2d1	T1-w eg
4 13:22:23 t: 20 sec		TRUFI AXIAL GRAND CHAMP COMPOSING AXIAL <input type="button" value="38"/>	FOV ph*fq (mm) 264.06 • 400 Ph.enc.dir. COL (R/L) Matrix ph*fq 158 • 320 Acq.pixl ph*fq (mm) 1.67 • 1.25 Cols • Rows (px) 320 • 260 Rec.pixl x*y(mm) 1.25 • 1.25 Slc thickn. (mm) 4.5 Slc interv. (mm) 5.63	ORIGINAL • PRIMARY • M • NORM • DIS2D • FM • FIL • MFSPLIT sequence: GR - variant: SK options: PER TR: 4.51ms ; TE: 2.26ms *#f2d1	T1-w eg

Figure 19 : exemple d'analyse des données d'une IRM de prostate par MA-QC
(Source : <https://www.pcih.fr/mr/>)

MR quality tests Select a test here ▾

PI-QUAL is a quality control scoring system designed to help physicians assess the quality of prostate MR examinations.

The updated version 2.0, published in 2024, is applicable as well to biparametric or multiparametric acquisitions.

Each sequence (T2, DWI and DCE) is assessed by a 0-4 (or 0-1 score for DCE) score combining some technical criteria (defined in the PI-RADS 2.1 standard), that this tool extracts automatically from the current dataset, and some visual criteria that you need to evaluate from actual images. The combination of these sequence scores, leads to an overall PI-QUAL v2.0 score of "inadequate", "acceptable", or "optimal".

An "inadequate" PI-QUAL score doesn't allow the application of PI-RADS or Likert score

T2-weighted imaging (T2-WI)	Diffusion-weighted imaging (DWI)	Dynamic contrast enhanced imaging (DCE)
AX T2 TSE ▾	DIFF ZOOMit b50 1000 (2000)_TRACEW ▾	AX DYN TWISTVIBE DIXON (DB)_W ▾
TECHNICAL PARAMETERS Axial plane: AXIAL <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Slice thickness = 3 mm: 3 mm <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> At least one additional orthogonal plane (sagittal or coronal): YES <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	TECHNICAL PARAMETERS Slice thickness is <=4mm: 3 mm <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> High b value >=1400 s/mm2 calculated or acquired: 2000 <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ADC map using at least two b values up to 1000 s/mm2: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	TECHNICAL PARAMETERS Slice thickness = 3mm: 3 mm <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Temporal resolution <=15s: 9 sec <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Fat saturation (or subtraction): fatsat <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
VISUAL ASSESSMENT Axial - Adequate SNR in all parts of the image: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Axial - Ability to clearly delineate relevant structures in the prostate: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Axial - Absence of significant artefacts in the prostatic region: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Sagittal OR Coronal - Adequate SNR AND image resolution AND Absence of significant artefacts: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	VISUAL ASSESSMENT Adequate contrast and SNR on high b value images: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Adequate range of contrast to differentiate TZ/BPH from PZ on the ADC maps: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Absence of significant artefacts in the prostatic region: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Anatomical matching of the ADC map / high b value sequence to the axial T2-WI: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	VISUAL ASSESSMENT Absence of significant artefacts in the prostatic region AND appropriate bolus enhancement: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ability to identify anatomical structures (e.g. capsular vessels or pudental artery): <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4 ▾	4 ▾	+ ▾

PI-QUAL v2=
Optimal

Scan of optimal diagnostic quality

Figure 20 : exemple de test qualité évaluant le score PIQUALv2 par le logiciel MAQC (Source : <https://www.pcih.fr/mr/>)

Pour chaque examen, il a été reporté la totalité du résultat des critères prérequis des différentes séquences ainsi que des 10 critères du PIQUALv2 dans un fichier Excel.

Pour 80 examens, le logiciel n'a pu reconnaître la présence ou l'absence de cartographie ADC calculée à partir de deux valeurs de b inférieures à 1000, ces examens ont été considérés comme remplissant ce critère en cochant la case correspondante sur le logiciel.

Pour 43 examens, le logiciel rendait un résultat de PIQUAL 0/4 sur la séquence T2 en raison d'une épaisseur de coupe différente de map de 3 mm alors qu'ils présentaient une épaisseur de coupe inférieure à 3 mm.

Ces examens ont été considérés comme remplissant ce critère prérequis malgré une case correspondante invalidée par le logiciel et le score PIQUAL de la séquence T2 ainsi que le score PIQUAL global a été calculé manuellement.

Pour 93 examens, le logiciel n'a pas reconnu la présence d'une séquence de perfusion dynamique avec saturation de la graisse ou séquence de soustraction.

La présence ou l'absence de ces séquences a été évaluée visuellement et le score PIQUAL DCE et le score PIQUAL global de ces examens a été calculé manuellement.

ID Index	Manufacturer	Model	Soft version	Field Strength	Date	Images found	Site	T2-WI 3mm	DWI c/- 4 mm thickness	DC map at least 2 b/f/100	High b/f/ 1400	DCE 3 mm thickness	Temporal résolution c/- 15s DCE	Fat SAT DCE	T2 score (WI score)	DCE score	PIQUAL score	
22	GE	SIGNA Achieve	28LXV231_R01_2101	3	20220026	792	GE	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
38	GE	SIGNA Achieve	Software Version: P123	3	20220101	945	ETTEPE-UNIVERSI	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
40	GE	SIGNA Hero	28LXV231_R01_2101	3	20220610	2441	IMAPOLE	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
41	GE	SIGNA Hero	28LXV231_R01_2101	3	20220609	1728		1	1	1	1	1	1	0	4	4	0	2
42	GE	SIGNA Firenze	Software Version: P123	3	20220109	1224	CHU de Charost	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
43	GE	SIGNA Firenze	Software Version: P123	3	20210413	794	MACIA EMAR	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
44	GE	SIGNA Premier	28LXV231_R01_2101	3	20210419	873	CINJ	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
45	GE	SIGNA Premier	28LXV231_R01_2101	3	20220102	910	ADICIADEM ST GE	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
46	GE	SIGNA Artist	Software release: DCE3.1	3	20220102	538	Hopital Saint-Joseph	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
47	GE	SIGNA Artist	Software release: DCE3.1	3	20220101	950		1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
48	GE	SIGNA Explorer	28LXV231_R02_2101	3	20220519	473	HP BREEST Kerauda	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
49	GE	SIGNA Explorer	Software release: S15.2	15	20220103	804		1	1	1	1	0	1	0	4	4	0	2
49	GE	SIGNA Voyage	28LXV231_R01_2101	15	20220609	944	HP BREEST Kerauda	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
50	GE	SIGNA Voyage	28LXV231_R01_2101	15	20220629	794		1	1	1	1	0	1	0	4	4	0	2
88	GE	SIGNA Premier	null	3	20220926	1475	CH VALENCIENNE	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
99	GE	SIGNA Premier	9	15	20220107	693	L'Institut Valencienn	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
90	GE	SIGNA Artist	Software release: DCE3.1	15	20220127	2988	CH VALENCIENNE	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
101	GE	DISCOVERY MR750	27LXMR Software release: DCE3.1_R02_1802	3	20190225	2820	CH VALENCIENNE	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	3
69	Siemens	Avanto	siygo MR B18	150	20220907	924,00	al italiano de Buenos	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4	4	1	3
70	Siemens	Avanto	siygo MR B18	150	2021095	2.150,00	al italiano de Buenos	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0	4	4	0	2
71	Siemens	Avanto	siygo MR E11	150	20220723	1233,00	al italiano de Buenos	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0	4	4	0	2
58	Siemens	Aera	siygo MR E11	15	20220624	838,00	Hopital Guy Chabliac	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	4	4	1	3
53	Siemens	Aera	null	15	20220601	3.957,00	CH de nan	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	4	4	0	2
55	Siemens	MAGNETOM Aera	siygo MR XA20	150	20220106	1094,00	St Vincent	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4	4	1	3
62	Siemens	MAGNETOM Aera	null	150	20220704,00	1658,00	Ch Armenières	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0	4	4	0	2
64	Siemens	MAGNETOM Aera	siygo MR XA12	150	20180702	1030,00	gkat Péluse du Conflu	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0	3	4	0	2
72	Siemens	MAGNETOM Lumina	null	3,00	20161026	1104,00	Ilauze et rene Lantr	1	1,00	1,00	1	1	0	0,00	3	4	0	2
54	Siemens	MAGNETOM Lumina	null	3,00	20170115	1226,00	Ilauze et rene Lantr	1	1,00	1,00	1	1	0	0,00	3	4	0	2
73	Siemens	MAGNETOM Somra	null	150	20180910	550,00	INIQUE JULES YERSI	1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0	3	4	0	2
52	Siemens	MAGNETOM Sola	0,00	150	20220607,00	2.459,00	Sedlin	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4	4	1	3
57	Siemens	MAGNETOM Sola	null	150	20170123,00	448,00	Radiologie Atlantique	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	3	4	0	2
85	Siemens	MAGNETOM Vida	null	150	20210227	2.150,00		1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0	4	4	0	2
59	Siemens	MAGNETOM Vida	null CH Boulogne	3,00	20222406,00	567,00	Boulogne	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	4	4	0	2
51	Siemens	MAGNETOM Vida	siygo MR XA50	3,00	20220426,00	1475,00		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	3	4	1	2
63	Siemens	MAGNETOM ESSENZA	0,00	150	20201223,00	1060,00	HUTALIAJAO	1	1,00	1,00	1,00	1	0,00	1	4	4	0	2

Figure 21 Tableau Excel avec données brutes recueillies.

3.3 Statistique

Les variables quantitatives sont exprimées en moyenne et écart type (DS, déviation standard).

Les variables qualitatives, binaires ou discrètes sont exprimées en effectif et pourcentage.

4 RESULTATS

4.1 Score PIQUAL 2 moyen

Le score PIQUALv2 moyen obtenu sur l'ensemble de la base de données est de 2.6 avec un écart-type de 0.61

Parmi les examens de la base de données communs à ce travail et à la précédente étude, ce qui correspond à 81 examens, le score PIQUALv2 moyen est calculé à 2.25/3 contre un score PIQUAL 1 moyen de 2.89/5 sur ce groupe commun de 81 d'examens.

4.1.1 Score PIQUAL 2 moyen des séquences pondérées T2

Le score PIQUAL 2 moyen des séquences T2 obtenu est de 3.8/4 avec un écart type de 0.72

4.1.2 Score PIQUAL 2 moyen des séquences de diffusion

Le score PIQUAL 2 moyen des séquences de diffusion obtenu est de 3.6/4 avec un écart type de 1.1

4.1.3 Score PIQUAL 2 des séquences de DCE

Le score PIQUAL 2 des séquences de perfusion dynamique était « + » dans 151 examens sur 220 (69%).

4.1.4 Répartition des examens selon leur score PIQUAL 2

Sur un total de 266 examens analysés, il existe :

- 15(6%) Examens classés PIQUAL 1
- 58 (26%) Examens classés PIQUAL 2
- 147 (66%) Examens classés PIQUAL 3

4.1.5 Répartition des examens selon leur score PIQUAL 2 sur les séquences pondérées T2

Sur un total de 266 examens analysés il existe :

- 7 (3%) Examens classées PIQUAL \leq 2 en séquence T2
- 10 (4%) Examens classées PIQUAL 3 en séquence T2
- 203(92%) Examens classées PIQUAL 4 en séquence T2

4.1.6 Répartition des examens selon leur score PIQUAL 2 sur les séquences de diffusion

- 18 (8%) Examens classées PIQUAL \leq 2 en séquence de diffusion
- Aucun Examens classées PIQUAL 3 en séquence de diffusion
- 202(92%) Examens classées PIQUAL 4 en séquence de diffusion

4.2 Critères techniques limitants

4.2.1 Critères techniques limitants les examens classés PIQUAL 1

Les examens classés PIQUAL 1 représentent 15 examens.

Parmi eux :

- (46%) examens sont inadéquats en partie en raison d'une épaisseur de coupe en T2 de plus de 3 mm.
- 9 (60%) examens sont inadéquats en raison d'une épaisseur de coupe en diffusion de plus de 4 mm.
- 8(53%) examens sont inadéquats en raison d'une absence de séquence de diffusion à haute valeur de b (≥ 1400).
- 4(27%) examens sont inadéquats en raison d'une cartographie ADC non obtenues en utilisant au moins deux valeurs de b inférieures à 1000.
- 11(73%) examens sont inadéquats en raison d'une épaisseur de coupe en DCE supérieure à 3 mm.
- 11(73%) examens sont inadéquats en raison d'une résolution temporelle en DCE supérieure à 15 secondes.
- 6(40%) examens sont inadéquats en raison de l'absence de saturation de la graisse sur la séquence DCE.

4.2.2 Critères techniques limitants les examens classés PIQUAL 2

Les examens classés PIQUAL 2 représentent 58 examens.

Parmi eux :

- 14(24%) examens ne sont pas de qualité optimale en raison de l'absence de séquence T2 réalisée dans un plan coronal ou sagittale, soit une proportion de %.
- 25(43%) examens ne sont pas de qualité optimale en raison d'une séquence de perfusion dynamique présentant une épaisseur de coupe supérieure à 3 mm.
- 17(29%) examens ne sont pas de qualité optimale en raison d'une séquence de perfusion présentant une résolution temporelle supérieure à 15 secondes.
- 25(43%) examens ne sont pas de qualité optimale en raison d'une séquence de perfusion présentant une absence de saturation de la graisse ou de séquence de soustraction.
- 0 examens ne sont pas de qualité optimale en raison d'une épaisseur de coupe en T2 de plus de 3 mm, rattrapée par la présence d'une séquence de diffusion de score PIQUAL égal à 4 et une séquence DCE +.
- 2(3%) examens ne sont pas de qualité optimale en raison d'une épaisseur de coupe en diffusion de plus de 4 mm, rattrapée par la présence d'une séquence T2 de score PIQUAL égal à 4 et une séquence DCE +.
- 2(3%) examens ne sont pas de qualité optimale en raison d'une absence de séquence de diffusion à haute valeur de b, rattrapée par la présence d'une séquence T2 de score PIQUAL égal à 4 et une séquence DCE +.
- 2(3%) examens ne sont pas de qualité optimale en raison d'une absence de cartographie ADC utilisant deux valeurs de b inférieures à 1000, rattrapée par la présence d'une séquence T2 de score PIQUAL égal à 4 et une séquence DCE +.

5 DISCUSSION

5.1 Interprétations des résultats de l'étude

La présente étude s'inscrit dans la continuité des travaux sur l'utilisation du logiciel MA-QC(22) pour l'évaluation objective et rapide de la qualité des images IRM prostatiques. L'introduction de la version améliorée du score PI-QUAL (PI-QUAL v2) permet de surmonter certaines limites de la première version, notamment sa restriction à l'optimisation des biopsies prostatiques et l'exclusion des IRM bi-paramétriques(12).

En appliquant cette mise à jour à une base de données existante, nous avons pu obtenir un score PI-QUALv2.0 moyen de 2,6 avec un écart type de 0.6 et une majorité d'examens de qualité optimale (66%), ainsi qu'une analyse approfondie des critères techniques limitants.

Les résultats montrent que certains examens, bien que minoritaires sont encore entravés par des limitations techniques.

En effet, les examens classés PIQUAL 1 sont le plus souvent limités par une mauvaise épaisseur de coupe, le plus souvent sur la séquence de diffusion associée à une séquence de perfusion dynamique de mauvaise qualité.

Les examens classés PIQUAL 2 quant à eux le sont le plus souvent en raison d'une séquence de perfusion dynamique avec une absence de saturation du signal de la graisse et/ou une épaisseur de coupe trop élevée.

Ces résultats sont concordants avec l'étude de Francesco Giganti et al.(23) ayant montré des variations significatives dans les paramètres d'acquisitions en IRM prostatiques en tant que critères de qualité, notamment sur les séquences DCE.

Ces éléments soulignent l'importance d'une optimisation continue des protocoles d'acquisition pour améliorer la pertinence diagnostique et clinique des IRM prostatiques.

Le score PIQUALv2.0 a simplifié le nombre de critères qualités requis et paraît donc moins restrictif que le score PIQUALv1.0 (score PIQUAL v2.0 calculé à 2.25/3 contre un score PIQUAL 1 moyen de 2.89/5 sur un groupe commun de 81 d'examens).

Le score PIQUALv2.0 semblant moins restrictif que dans sa première version, cette étude montre que la majorité des examens analysés sont de qualité optimale, par conséquent l'obtention d'un examen de qualité acceptable ou inacceptable doit inciter à répéter l'examen avec un protocole d'acquisition optimisé pour correspondre aux standards de qualités.

L'impact clinique du score PIQUAL dans sa version 1 a été montré par plusieurs études comme celle de Karanasios et al.(24). Même si les résultats de cette étude mettent en lumière l'importance du score PIQUAL v2 dans la pratique clinique quotidienne, des études complémentaires sont nécessaires pour valider sa pertinence clinique notamment dans les situations non étudiés pour PIQUALv1 comme les IRM bi-paramétriques.

En fournissant une évaluation objective de la qualité des images, ce score peut guider les décisions concernant les biopsies prostatiques et le suivi des patients.

Les résultats révèlent des améliorations globales de la qualité des images, en particulier pour les séquences pondérées T2 et de diffusion.

En effet, le score PIQUAL v2.0 moyen des examens antérieurs à 2020 était de 2.04 contre 2.64 pour les examens postérieurs à cette date (année de parution du score

PIQUAL)(13), ce qui pourrait suggérer une amélioration des examens au fil du temps et un impact du score PIQUAL sur cette amélioration.

Même si cet impact a été suggéré dans plusieurs études comme celle de Brembilla et al.(25), des études ciblées avec plus de recul sur ces considérations sont nécessaires pour l'affirmer à propos de sa version 2.0.

En outre, il serait judicieux de développer des programmes de formation ciblés pour les techniciens et radiologues, afin d'améliorer la sensibilisation aux critères d'évaluation de la qualité des images et de réduire ainsi les limitations techniques identifiées dans notre étude.

5.2 Limites de ce travail

Il existe plusieurs limites à ce travail. Notamment le fait que la base de données obtenue est issue d'examens testés volontairement par des utilisateurs indépendants et donc susceptible d'induire un biais de recrutement, puisque les examens en pratique courante qui seraient de moins bonne qualité sont moins susceptibles d'être soumis au test de qualité.

D'autre part, peu d'examens bi-paramétriques ont été analysés dans la base de données MA-QC, de ce fait les résultats obtenus sont peu représentatifs de ce type d'examens, malgré le fait qu'il soit la cible de ce nouveau score.

Le critère de cartographie ADC calculé à partir d'au moins deux valeurs inférieures ou égales à 1000 a été souvent validé par défaut lorsque cette donnée n'était pas disponible dans les analyses, ce qui représente 80 examens soit 36% des cas et pourrait artificiellement augmenter le score PIQUAL 2.0 moyen obtenu.

Un échantillon de plus grande taille permettrait d'augmenter la robustesse des résultats.

Enfin, des optimisations du logiciel sont encore nécessaires notamment dans la vérification de l'épaisseur de coupe en T2, l'évaluation des données utilisées pour le calcul des cartographie ADC et la détection de la saturation de graisse sur les séquences de perfusion dynamiques qui ont été effectuées de façon non automatique pour certains examens.

6 CONCLUSION

Cette étude souligne les performances du logiciel MA-QC dans l'évaluation objective et rapide de la qualité des IRM prostatiques malgré quelques optimisations à effectuer, notamment dans la vérification de l'épaisseur de coupe en T2 et des données utilisées pour le calcul de la cartographie d'ADC.

L'intégration du score PIQUAL dans sa version récemment actualisée PIQUAL v2.0 dans ce logiciel permet non seulement de surmonter certaines limitations de sa version précédente, mais aussi de fournir des résultats rapides qui favorisent l'auto-contrôle et donc l'optimisation des protocoles d'acquisition.

Les données recueillies montrent une prédominance d'examens de qualité optimale, témoignant des améliorations significatives dans les pratiques d'imagerie au fil du temps.

Les résultats mettent également en évidence la nécessité d'une vigilance continue concernant les critères techniques limitants, qui peuvent affecter la qualité des examens.

Il est impératif de poursuivre les recherches pour valider davantage la pertinence clinique du score PIQUAL v2, notamment dans le contexte des IRM bi-paramétriques, qui n'ont été que marginalement représentées dans cette analyse.

En outre, la formation ciblée des professionnels de santé sur le contrôle qualité en imagerie prostatique, à l'aide d'outil comme le logiciel MA-QC pourrait jouer un rôle essentiel dans l'amélioration continue des pratiques cliniques, permettant ainsi d'atteindre des standards de qualité élevés dans la prise en charge des patients.

7 BIBLIOGRAPHIE

1. Panorama des cancers en France - édition 2023 - Ref : PANOKFR2023B [Internet]. [cité 5 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.e-cancer.fr/Expertises-et-publications/Catalogue-des-publications/Panorama-des-cancers-en-France-edition-2023>
2. Le cancer de la prostate - Les cancers les plus fréquents [Internet]. [cité 5 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.e-cancer.fr/Professionnels-de-sante/Les-chiffres-du-cancer-en-France/Epidemiologie-des-cancers/Les-cancers-les-plus-frequents/Cancer-de-la-prostate>
3. Cancers [Internet]. [cité 5 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/cancers>
4. Clements MB, Vertosick EA, Guerrios-Rivera L, De Hoedt AM, Hernandez J, Liss MA, et al. Defining the Impact of Family History on Detection of High-grade Prostate Cancer in a Large Multi-institutional Cohort. *Eur Urol.* 1 août 2022;82(2):163-9.
5. Nyberg T, Tischkowitz M, Antoniou AC. BRCA1 and BRCA2 pathogenic variants and prostate cancer risk: systematic review and meta-analysis. *Br J Cancer.* avr 2022;126(7):1067-81.
6. Nicolosi: Prevalence of germline variants in prostate... - Google Scholar [Internet]. [cité 5 mai 2024]. Disponible sur: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Prevalence%20of%20germline%20variants%20in%20prostate%20cancer%20and%20implications%20for%20current%20genetic%20testing%20guidelines&publication_year=2019&author=P.%20Nicolosi&author=E.%20Ledet&author=S.%20Yang
7. Nyberg: Homeobox B13 G84E mutation and prostate cancer risk - Google Scholar [Internet]. [cité 5 mai 2024]. Disponible sur:

https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Homeobox%20B13%20G84E%20mutation%20and%20prostate%20cancer%20risk&publication_year=2019&author=T.%20Nyberg&author=K.%20Govindasami&author=G.%20Leslie

8. Mottet N, van den Bergh RCN, Briers E, Van den Broeck T, Cumberbatch MG, De Santis M, et al. EAU-EANM-ESTRO-ESUR-SIOG Guidelines on Prostate Cancer—2020 Update. Part 1: Screening, Diagnosis, and Local Treatment with Curative Intent. *Eur Urol.* 1 févr 2021;79(2):243-62.
9. Kasivisvanathan V, Rannikko AS, Borghi M, Panebianco V, Mynderse LA, Vaarala MH, et al. MRI-Targeted or Standard Biopsy for Prostate-Cancer Diagnosis. *N Engl J Med.* 10 mai 2018;378(19):1767-77.
10. Woo S, Suh CH, Kim SY, Cho JY, Kim SH. Diagnostic Performance of Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2 for Detection of Prostate Cancer: A Systematic Review and Diagnostic Meta-analysis. *Eur Urol.* août 2017;72(2):177-88.
11. Turkbey B, Rosenkrantz AB, Haider MA, Padhani AR, Villeirs G, Macura KJ, et al. Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2.1: 2019 Update of Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2. *Eur Urol.* sept 2019;76(3):340-51.
12. de Rooij M, Allen C, Twilt JJ, Thijssen LCP, Asbach P, Barrett T, et al. PI-QUAL version 2: an update of a standardised scoring system for the assessment of image quality of prostate MRI. *Eur Radiol [Internet].* 24 mai 2024 [cité 11 juin 2024]; Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s00330-024-10795-4>
13. Giganti F, Allen C, Emberton M, Moore CM, Kasivisvanathan V. Prostate Imaging Quality (PI-QUAL): A New Quality Control Scoring System for Multiparametric Magnetic Resonance Imaging of the Prostate from the PRECISION trial. *Eur Urol Oncol.* 1 oct 2020;3(5):615-9.
14. Woernle A, Englman C, Dickinson L, Kirkham A, Punwani S, Haider A, et al. Picture Perfect: The Status of Image Quality in Prostate MRI. *J Magn Reson Imaging.* 2024;59(6):1930-52.
15. Department of Radiology, University of Health Sciences Dr. Behcet Uz Child Disease and Pediatric Surgery Training and Research Hospital, Izmir, Turkey, Coskun M, Sarp AF, Department of Radiology, Osmangazi University School of Medicine, Eskisehir, Turkey, Karasu S, Department of Radiology, Izmir Katip Celebi University Atatürk Training and Research Hospital, Izmir, Turkey, et al. Assessment of the compliance with minimum acceptable technical parameters proposed by PI-RADS v2 guidelines in multiparametric prostate MRI acquisition in tertiary referral hospitals in the Republic of Turkey. *Diagn Interv Radiol.* 5 févr 2020;25(6):421-7.
16. Giganti F, Dinneen E, Kasivisvanathan V, Haider A, Freeman A, Kirkham A, et al. Inter-reader agreement of the PI-QUAL score for prostate MRI quality in the NeuroSAFE PROOF trial. *Eur Radiol.* févr 2022;32(2):879-89.

17. Slough RA, Caglic I, Hansen NL, Patterson AJ, Barrett T. Effect of hyoscine butylbromide on prostate multiparametric MRI anatomical and functional image quality. *Clin Radiol.* févr 2018;73(2):216.e9-216.e14.
18. Sundaram KM, Rosenberg J, Syed AB, Chang ST, Loening AM. Assessment of T2-weighted Image Quality at Prostate MRI in Patients with and Those without Intramuscular Injection of Glucagon. *Radiol Imaging Cancer.* mai 2023;5(3):e220070.
19. Engelbrecht MR, Jager GJ, Laheij RJ, Verbeek ALM, van Lier HJ, Barentsz JO. Local staging of prostate cancer using magnetic resonance imaging: a meta-analysis. *Eur Radiol.* sept 2002;12(9):2294-302.
20. Prabhakar S, Schieda N. Patient preparation for prostate MRI: A scoping review. *Eur J Radiol.* mai 2023;162:110758.
21. Robertson SH, Owenby E, Beasley C, Wall L, Gray B, Boru I, et al. Optimization of non-endorectal prostate MR image quality using PI-QUAL: A multidisciplinary team approach. *Eur J Radiol.* sept 2023;166:110998.
22. Sabbah M, Gutierrez P, Puech P. MA-QC: Free online software for prostate MR quality control and PI-QUAL assessment. *Eur J Radiol.* oct 2023;167:111027.
23. Giganti F, Ng A, Asif A, Chan VWS, Rossiter M, Nathan A, et al. Global Variation in Magnetic Resonance Imaging Quality of the Prostate. *Radiology.* oct 2023;309(1):e231130.
24. Karanasios E, Caglic I, Zawaideh JP, Barrett T. Prostate MRI quality: clinical impact of the PI-QUAL score in prostate cancer diagnostic work-up. *Br J Radiol.* 1 mai 2022;95(1133):20211372.
25. Brembilla G, Lavallo S, Parry T, Cosenza M, Russo T, Mazzone E, et al. Impact of prostate imaging quality (PI-QUAL) score on the detection of clinically significant prostate cancer at biopsy. *Eur J Radiol* [Internet]. 1 juill 2023 [cité 4 oct 2024];164. Disponible sur: [https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X\(23\)00163-8/fulltext](https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X(23)00163-8/fulltext)

AUTEUR : Nom : MARCHASSON

Prénom : Sylvain

Date de soutenance : 24 octobre 2024

Titre de la thèse :

MA-QC : logiciel en ligne gratuit de contrôle qualité en IRM de prostate : mise à jour vers PIQUAL 2.0

Thèse - Médecine - Lille « 2024 »

Cadre de classement : *Radiologie et imagerie médicale/Urologie*

DES + FST/option : *Radiologie et imagerie médicale*

Mots-clés : MA-QC ; PIQUAL 2.0 ; IRM de prostate ; Contrôle qualité en imagerie

Résumé :

MA-QC : logiciel en ligne gratuit de contrôle qualité en IRM de prostate : mise à jour vers PIQUAL 2.0

Contexte Ce travail fait suite à l'étude : MA-QC: Free online software for prostate *MR quality control and PI-QUAL assessment* réalisée par [M Sabbah](#)¹, [P Gutierrez](#)², [P Puech](#)³ ayant introduit l'utilisation d'un logiciel open source disponible en ligne gratuitement d'évaluation objective et reproductible de la qualité des images en IRM prostatique et de calcul automatique du score PI-QUAL qui a montré son caractère opérationnel et rapide d'utilisation.

La version actualisée récente du score, PIQUAL 2.0 permet de palier certaines limites du score initial, notamment sa complexité limitant son usage courant ainsi que son domaine d'application restreint à l'optimisation des biopsies prostatiques sur IRM multiparamétrique.

Ce travail a pour objectif principal l'utilisation du logiciel MA-QC afin de déterminer le score PIQUAL 2.0 moyen sur un échantillon d'examen constitué par la base de données en ligne du logiciel. Il vise également à extraire des données sur les critères techniques limitant le plus souvent la qualité des IRM prostatiques.

Méthode : Après exclusion des IRM de la base de données incomplètes ou de territoires anatomiques inappropriés, 220 examens ont été inclus dans l'analyse provenant à la fois des fournisseurs de machine IRM, d'hôpitaux et cliniques des hauts de France, du territoire français et internationaux.

Résultats : Le résultat principal de l'étude est un score PIQUALv2.0 moyen de 2.6 avec un écart type de 0.61. Les résultats secondaires de ces études montrent que les facteurs techniques limitant la qualité des examens classés PIQUAL 1 sont une épaisseur de coupe trop importante, le plus souvent sur la séquence de diffusion associée à une séquence de perfusion dynamique de mauvaise qualité. Ils montrent également que les facteurs techniques limitant la qualité des examens classés PIQUAL 2 sont le plus souvent une séquence de perfusion dynamique avec une absence de saturation du signal de la graisse et/ou une épaisseur de coupe trop élevée.

Cette étude souligne les performances du logiciel MA-QC dans l'évaluation objective et rapide de la qualité des IRM prostatiques malgré quelques optimisations qui restent à effectuer.

Conclusion L'intégration du score PIQUAL dans sa version actualisée PIQUAL v2.0 dans ce logiciel permet non seulement de surmonter certaines limitations de sa version précédente, mais aussi de fournir des résultats rapides qui favorisent l'auto-contrôle et donc l'optimisation des protocoles d'acquisition.

Composition du Jury :

Président : Pr Philippe PUECH

Asseseurs : Dr Patricia GUTIERREZ et Dr Jonathan OLIVIER

Directeur de thèse : Dr Louis ALDEBERT