

ANNEE 2017

N°

**PLACE DU SCANNER DOUBLE ENERGIE  
DANS LE DIAGNOSTIC ET LE SUIVI DE LA MALADIE GOUTTEUSE :  
ANALYSE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE.**

**THESE**

Présentée

A l'UFR des Sciences de Santé de Dijon  
Circonscription Médecine

Et soutenue publiquement le 10/04/2017

Pour obtenir le grade de docteur en médecine

Par André RAMON

Né le 12/04/1989

A Mâcon (71)



ANNEE 2017

N°

**PLACE DU SCANNER DOUBLE ENERGIE  
DANS LE DIAGNOSTIC ET LE SUIVI DE LA MALADIE GOUTTEUSE :  
ANALYSE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE.**

**THESE**

Présentée

A l'UFR des Sciences de Santé de Dijon  
Circonscription Médecine

Et soutenue publiquement le 10/04/2017

Pour obtenir le grade de docteur en médecine

Par André RAMON

Né le 12/04/1989

A Mâcon (71)

Année Universitaire 2016-2017  
au 1<sup>er</sup> Janvier 2017

**Doyen :**

1<sup>er</sup> Assesseur :

Assesseurs :

**M. Frédéric HUET**

M. Yves ARTUR

Mme Laurence DUVILLARD

M. Pablo ORTEGA-DEBALLON

M. Marc MAYNADIE

## PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

			Discipline
M.	Marc	<b>BARDOU</b>	Pharmacologie clinique
M.	Jean-Noël	<b>BASTIE</b>	Hématologie - transfusion
M.	Emmanuel	<b>BAULOT</b>	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M.	Laurent	<b>BEDENNE</b>	Gastroentérologie et hépatologie
M.	Yannick	<b>BEJOT</b>	Neurologie
M.	Alain	<b>BERNARD</b>	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M.	Jean-François	<b>BESANCENOT</b>	Médecine interne
Mme	Christine	<b>BINQUET</b>	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
M.	Bernard	<b>BONIN</b>	Psychiatrie d'adultes
M.	Philippe	<b>BONNIAUD</b>	Pneumologie
M.	Alain	<b>BONNIN</b>	Parasitologie et mycologie
M.	Bernard	<b>BONNOTTE</b>	Immunologie
M.	Olivier	<b>BOUCHOT</b>	Chirurgie cardiovasculaire et thoracique
M.	Belaid	<b>BOUHEMAD</b>	Anesthésiologie - réanimation chirurgicale
M.	Alexis	<b>BOZORG-GRAYELI</b>	ORL
M.	Alain	<b>BRON</b>	Ophtalmologie
M.	Laurent	<b>BRONDEL</b>	Physiologie
M.	François	<b>BRUNOTTE</b>	Biophysique et Médecine Nucléaire
M.	Patrick	<b>CALLIER</b>	Génétique
M.	Jean-Marie	<b>CASILLAS-GIL</b>	Médecine physique et réadaptation
Mme	Catherine	<b>CHAMARD-NEUWIRTH</b>	Bactériologie - virologie; hygiène hospitalière
M.	Pierre-Emmanuel	<b>CHARLES</b>	Réanimation
M.	Pascal	<b>CHAVANET</b>	Maladies infectieuses
M.	Nicolas	<b>CHEYNEL</b>	Anatomie
M.	Alexandre	<b>COCHET</b>	Biophysique et médecine nucléaire
M.	Luc	<b>CORMIER</b>	Urologie
M.	Yves	<b>COTTIN</b>	Cardiologie
M.	Charles	<b>COUTANT</b>	Gynécologie-obstétrique
M.	Gilles	<b>CREHANGE</b>	Oncologie-radiothérapie
Mme	Catherine	<b>CREUZOT-GARCHER</b>	Ophtalmologie
M.	Frédéric	<b>DALLE</b>	Parasitologie et mycologie
M.	Serge	<b>DOUVIER</b>	Gynécologie-obstétrique
Mme	Laurence	<b>DUVILLARD</b>	Biochimie et biologie moléculaire
Mme	Laurence	<b>FAIVRE-OLIVIER</b>	Génétique médicale
Mme	Patricia	<b>FAUQUE</b>	Biologie et Médecine du Développement
Mme	Irène	<b>FRANCOIS-PURSELL</b>	Médecine légale et droit de la santé
M.	Pierre	<b>FUMOLEAU</b>	Cancérologie
M.	François	<b>GHIRINGHELLI</b>	Cancérologie
M.	Claude	<b>GIRARD</b>	Anesthésiologie – réanimation chirurgicale
M.	Vincent	<b>GREMEAUX</b>	Médecine physique et réadaptation
M.	Frédéric	<b>HUET</b>	Pédiatrie
M.	Pierre	<b>JOUANNY</b>	Gériatrie

M.	Denis	<b>KRAUSÉ</b>	Radiologie et imagerie médicale
M.	Sylvain	<b>LADOIRE</b>	Histologie
M.	Gabriel	<b>LAURENT</b>	Cardiologie
M.	Côme	<b>LEPAGE</b>	Hépatogastroentérologie
M.	Romarc	<b>LOFFROY</b>	Radiologie et imagerie médicale
M.	Luc	<b>LORGIS</b>	Cardiologie
M.	Jean-François	<b>MAILLEFERT</b>	Rhumatologie
M.	Cyriaque Patrick	<b>MANCKOUNDIA</b>	Gériatrie
M.	Sylvain	<b>MANFREDI</b>	Hépatogastroentérologie
M.	Laurent	<b>MARTIN</b>	Anatomie et cytologie pathologiques
M.	David	<b>MASSON</b>	Biochimie et biologie moléculaire
M.	Marc	<b>MAYNADIE</b>	Hématologie - transfusion
M.	Thibault	<b>MOREAU</b>	Neurologie
M.	Klaus Luc	<b>MOURIER</b>	Neurochirurgie
Mme	Christiane	<b>MOUSSON</b>	Néphrologie
M.	Paul	<b>ORNETTI</b>	Rhumatologie
M.	Pablo	<b>ORTEGA-DEBALLON</b>	Chirurgie Générale
M.	Jean-Michel	<b>PETIT</b>	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
M.	Lionel	<b>PIROTH</b>	Maladies infectieuses
Mme	Catherine	<b>QUANTIN</b>	Biostatistiques, informatique médicale
M.	Jean-Pierre	<b>QUENOT</b>	Réanimation
M.	Patrick	<b>RAT</b>	Chirurgie générale
M.	Jean-Michel	<b>REBIBOU</b>	Néphrologie
M.	Frédéric	<b>RICOLFI</b>	Radiologie et imagerie médicale
M.	Paul	<b>SAGOT</b>	Gynécologie-obstétrique
M.	Emmanuel	<b>SAPIN</b>	Chirurgie Infantile
M.	Henri-Jacques	<b>SMOLIK</b>	Médecine et santé au travail
M.	Éric	<b>STEINMETZ</b>	Chirurgie vasculaire
Mme	Christel	<b>THAUVIN</b>	Génétique
M.	Pierre	<b>VABRES</b>	Dermato-vénéréologie
M.	Bruno	<b>VERGÈS</b>	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
M.	Narcisse	<b>ZWETYENGA</b>	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie

## PROFESSEURS ASSOCIES DES DISCIPLINES MEDICALES

M.	Bruno	<b>MANGOLA</b>	Urgences
----	-------	----------------	----------

## PROFESSEURS EN SURNOMBRE

M.	Roger	<b>BRENOT</b>	(surnombre jusqu'au 31/08/2018)
M.	Philippe	<b>CAMUS</b>	(surnombre jusqu'au 31/08/2019)
Mme	Monique	<b>DUMAS-MARION</b>	(surnombre jusqu'au 31/08/2018)
M.	Maurice	<b>GIROUD</b>	(surnombre jusqu'au 21/08/2018)
M.	Pierre	<b>TROUILLOUD</b>	(surnombre du 05/02/2014 au 31/08/2017)

**MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES  
PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES MEDICALES**

			<b>Discipline Universitaire</b>
M.	Sylvain	<b>AUDIA</b>	Médecine interne
Mme	Shaliha	<b>BECHOUA</b>	Biologie et médecine du développement
Mme	Marie-Claude	<b>BRINDISI</b>	Nutrition
M.	Jean-Christophe	<b>CHAUVET-GELINIER</b>	Psychiatrie, psychologie médicale
(Mobilité Novembre 2016 à 2017)			
M.	Alexis	<b>DE ROUGEMONT</b>	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
M.	Hervé	<b>DEVILLIERS</b>	Médecine interne
M.	Olivier	<b>FACY</b>	Chirurgie générale
Mme	Ségolène	<b>GAMBERT-NICOT</b>	Biochimie et biologie moléculaire
Mme	Françoise	<b>GOIRAND</b>	Pharmacologie fondamentale
Mme	Agnès	<b>JACQUIN</b>	Physiologie
M.	Alain	<b>LALANDE</b>	Biophysique et médecine nucléaire
M.	Louis	<b>LEGRAND</b>	Biostatistiques, informatique médicale
Mme	Stéphanie	<b>LEMAIRE-EWING</b>	Biochimie et biologie moléculaire
M	Maxime	<b>SAMSON</b>	Médecine interne
(Mobilité Novembre 2016 à 2017)			
M.	Benoit	<b>TROJAK</b>	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
M.	Paul-Mickaël	<b>WALKER</b>	Biophysique et médecine nucléaire

**PROFESSEURS EMERITES**

M.	Jean	<b>CUISENIER</b>	(01/09/2014 au 31/08/2017)
M.	Jean	<b>FAIVRE</b>	(01/09/2012 au 31/08/2018)
M.	Marc	<b>FREYSZ</b>	(01/09/2016 au 28/02/2017)
M	Philippe	<b>GAMBERT</b>	(01/09/2014 au 31/08/2017)
M.	Patrick	<b>HILLON</b>	(01/09/2016 au 31/08/2019)
M.	François	<b>MARTIN</b>	(01/09/2015 au 31/08/2018)
M.	Pierre	<b>POTHIER</b>	(01/09/2015 au 31/08/2018)

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE**

M.	Jean-Noël	<b>BEIS</b>	Médecine Générale
----	-----------	-------------	-------------------

**PROFESSEURS ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE**

M.	Didier	<b>CANNET</b>	Médecine Générale
M.	Gilles	<b>MOREL</b>	Médecine Générale
M.	François	<b>MORLON</b>	Médecine Générale

**MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE**

M.	Clément	<b>CHARRA</b>	Médecine Générale
M.	Rémi	<b>DURAND</b>	Médecine Générale
M.	Arnaud	<b>GOUGET</b>	Médecine Générale
Mme	Anne	<b>WALDNER-COMBERNOUX</b>	Médecine Générale

### **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES**

M.	Didier	<b>CARNET</b>	Anglais
M.	Jean-Pierre	<b>CHARPY</b>	Anglais
Mme	Catherine	<b>LEJEUNE</b>	Pôle Epidémiologie
M.	Gaëtan	<b>JEGO</b>	Biologie Cellulaire

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES**

Mme	Marianne	<b>ZELLER</b>	Physiologie
-----	----------	---------------	-------------

### **PROFESSEURS AGREGES de L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE**

Mme	Marceline	<b>EVARD</b>	Anglais
Mme	Lucie	<b>MAILLARD</b>	Anglais

### **PROFESSEURS CERTIFIES**

Mme	Anaïs	<b>CARNET</b>	Anglais
M.	Philippe	<b>DE LA GRANGE</b>	Anglais
Mme	Virginie	<b>ROUXEL</b>	Anglais (Pharmacie)

### **PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES**

Mme	Evelyne	<b>KOHLI</b>	Immunologie
M.	François	<b>GIRODON</b>	Sciences biologiques, fondamentales et cliniques

### **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES**

M.	Mathieu	<b>BOULIN</b>	Pharmacie clinique
M.	Philippe	<b>FAGNONI</b>	Pharmacie clinique
M.	Frédéric	<b>LIRUSSI</b>	Toxicologie
M.	Marc	<b>SAUTOUR</b>	Botanique et cryptogamie
M.	Antonin	<b>SCHMITT</b>	Pharmacologie

L'UFR des Sciences de Santé de Dijon, Circonscription Médecine, déclare que les opinions émises dans les thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ne leur donner ni approbation, ni improbation.

#### COMPOSITION DU JURY

##### Président :

- Professeur Jean-Francis MAILLEFERT, Président du Jury, service de rhumatologie, CHU de DIJON.

##### Membres :

- Professeur Paul ORNETTI, Directeur de thèse, service de rhumatologie, CHU de DIJON.
- Docteur Hervé DEVILLIERS, service de médecine interne 2, CHU de DIJON.
- Docteur Pierre POTTECHER, service de radiologie, CHU de DIJON.
- Docteur Amélie BOHM, service de rhumatologie, CHU de DIJON.

## **REMERCIEMENTS**

*Aux Membres du Jury :*

### **A Monsieur le Professeur Maillefert**

Qui me fait l'honneur de présider ce jury.

Merci de nous avoir accompagné au cours de cet internat, pour vos remarques toujours pertinentes, de votre capacité à cibler nos points faibles et de nous pousser à les améliorer.

Merci de nous apprendre une médecine humaine basée sur l'écoute du patient, de nous former à une médecine « pratique » basée sur vos connaissances et votre passion de la rhumatologie.

Pour tout ce que vous nous avez apporté au cours de cet internat, soyez assuré, Monsieur, de mon profond respect.

### **A Monsieur le Professeur Ornetti**

Qui me fait l'honneur d'être mon président de thèse.

Merci pour ta disponibilité, ta capacité à transmettre ta passion de la rhumatologie, ta patience et ta pédagogie pour former une véritable école dijonnaise de l'échographie.

Merci pour ton dynamisme, ton intérêt et ta curiosité pour les technologies nouvelles sans lesquels ce travail n'aurait pu aboutir.

Cela a été un véritable plaisir de travailler et d'apprendre à tes côtés et j'espère pouvoir continuer dans les années futures.

### **A Monsieur le Docteur Devilliers**

Tu me fais l'honneur de juger ce travail.

Merci pour tes précieux conseils qui ont permis de mener ce travail à terme.

Merci de m'avoir fait partager tes connaissances, d'avoir éveillé mon intérêt pour les bio-statistiques.

La médecine interne est une discipline vaste, mais ô combien passionnante et stimulante, comme j'ai pu l'apprécier à tes côtés au cours de mon semestre passé dans le service de médecine 2.

### **A Monsieur le Docteur Pottecher**

Tu me fais l'honneur de juger ce travail.

Ce travail n'aurait pas été possible sans toi. Tes connaissances et ta capacité à les partager lors des staffs (entre autres) ont permis d'éveiller chez moi de nombreux points d'intérêt.

Merci de m'avoir fait découvrir le scanner double énergie !

Merci pour ton accompagnement et pour tes précieux conseils ayant trait à l'imagerie et à ce travail.

## **A Madame le Docteur Bohm**

C'est un véritable honneur pour moi que tu aies accepté de juger ce travail.

Au cours de mon internat, je t'ai connu à la fois interne et CCA. L'un comme l'autre, ta présence a toujours été réconfortante, ta bonne humeur appréciée.

Merci de m'avoir guidé tout au long de l'internat.

Enfin merci de ton aide précieuse pour mes débuts en échographie, d'avoir encadré mon travail sur le scanner double énergie en veillant, comme une véritable maman sur son bon déroulement.

### ***Aux médecins rencontrés au cours de mon internat :***

**Aux assistantes chef de clinique**, Anaïs, Amélie, Audrey, Elise, Leila, pour votre compagnonnage, votre disponibilité, votre bonne humeur constante et votre soutien moral. A Anaïs, Amélie et Leila pour votre investissement dans mon travail de mémoire qui n'aurait pas été possible sans votre implication !

**Au Docteur Piroth**, pour ton énergie débordante, ton implication sans faille auprès des patients et tes visites pédagogiques en hôpital de semaine.

**Au Professeur Tavernier**, pour votre passion pour la médecine, la clinique et vos cours du jeudi matin où vous nous transmettiez votre savoir sans vous soucier de l'heure....(et vos incontournables moyens mnémotechniques).

Mon regret aura été d'être arrivé trop tard en rhumatologie pour pouvoir profiter de votre enseignement au cours de votre activité professorale.

**Au Docteur Sidot**, qui m'a accompagné lors de mes premiers pas d'interne et m'a appris un versant de la médecine qui n'était pas précisé dans les livres. Merci, au milieu de votre emploi du temps surchargé, d'avoir pris le temps de nous faire partager vos connaissances.

**A toute l'équipe de médecine interne 2**, au Professeur Besancenot, au Docteur Bielfeld, au Docteur Muller et au Docteur Turcu pour votre encadrement. J'ai passé un semestre très enrichissant et mon intérêt pour les maladies auto-immunes a été comblé !

**Au Docteurs Cherasse et Grimault** pour ces six mois passés à Macon, à compléter ma maîtrise de l'échographie, à découvrir les subtilités de l'imagerie ostéo-articulaire auprès d'un véritable passionné et à apprendre à vos côtés lors des visites quotidiennes du service.

**Au Professeur Wendling**, vous m'avez fait l'honneur de m'accueillir dans votre équipe le temps d'un semestre. Votre disponibilité, vos connaissances innombrables dans tous les domaines de la rhumatologie et votre capacité à transmettre cette passion, ont été pour moi une véritable chance. Vos précieux conseils et votre implication dans notre formation au cours du DES me poussent à vouloir approfondir et parfaire mes connaissances dans cette belle discipline qu'est la rhumatologie. En espérant avoir l'opportunité de pouvoir travailler de nouveau avec vous, veuillez recevoir l'assurance de ma profonde admiration.

**Au Docteur Prati, au Docteur Guillot et au Docteur Sondag**, pour votre dynamisme, votre encadrement, votre attrait pour la recherche. Je garderai un excellent souvenir de ce semestre passé à vos côtés et j'espère avoir l'opportunité de travailler à nouveau avec vous dans les suites de l'internat.

### ***Aux internes de rhumatologie de Dijon***

A Marion, Christine, Hugo, Marie, Thibaut, Armonie, Inès et Géraldine pour avoir partagé ces moments d'internat, pour votre implication dans le recrutement de patients, ces (quelques...) verres au Flannery toujours dans la mesure et le contrôle...

### ***Aux internes de rhumatologie de Besançon :***

A Mickael (avec une petite pensée à tous ses rats sacrifiés...), à Aline (courage tu seras bientôt autonome pour l'échographie !), à Etienne (tout le meilleur pour ta thèse, ton mémoire et tes aspirations futures), à Christine et Julie (promis, je vais essayer d'améliorer mon écriture...), à Laure (garde ta bonne humeur et ton rire contagieux). Plein de bonheur au cours de votre internat.

### ***Aux internes rencontrés au cours des différents stages :***

A Pascal, pour le soutien mutuel au cours de notre premier semestre. Je te souhaite plein de bonheur avec ta nouvelle petite famille !

A tous les autres, Bastien, Maud, Paul-Simon, Nathalie, Aurélie, Nicolas, Grégoire, Alexis....

### ***Aux secrétaires médicales.***

A Nathalie, Pascale et Evelyne avec un remerciement particulier à Nathalie pour ses relectures et ses conseils précieux.

**A tous les externes rencontrés** (et ils sont nombreux !) avec un remerciement particulier à Eric et Julien pour leur rôle de « cobaye » échographique. A Hélène, Lauriane, Audrey et tous les autres.

**A Julien** (N\*\*\*a for life !) pour toutes ces années d'externat et d'internat passées, pour tes conseils, ta passion insatiable pour la musique classique que tu m'as fait partager, pour ces soirées à refaire le monde et vouées au dépassement de soi ! A ces longues heures passées sur modern (qui confinent à de l'acharnement, vague 50 !...). Je te souhaite tout le meilleur pour la fin de l'internat, ton clinicat et plein de bonheur auprès d'Estelle.

### ***A ma famille :***

A mes grands-parents qui ne sont plus là mais qui, j'en suis certain, veillent sur moi. Avec une pensée toute particulière à mon grand-père décédé cette année qui est, et restera, un modèle, un homme d'exception rempli d'une énergie gargantuesque et qui a consacré sa vie à la médecine.

A mon père qui m'a soutenu tout au long de mes études et m'a transmis sa passion pour la médecine et plus particulièrement pour la rhumatologie. Je te remercie du fond du cœur pour m'avoir guidé jusque là !

A ma mère, qui a su faire preuve de patience au cours de toute ces années, pour son soutien infaillible, sa présence et les heures passées à corriger ce travail.

A Paul, Clémence et Marc pour m'avoir soutenu et supporté durant toutes ces années.

## **SERMENT D'HIPPOCRATE**

*"Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.*

*Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.*

*Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions.*

*J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité.*

*Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.*

*J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.*

*Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.*

*Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera.*

*Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.*

*Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.*

*Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.*

*Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.*

*J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.*

*Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque."*

# **SOMMAIRE**

## **INTRODUCTION**

1. Gold standard
2. Critères de classification clinique
3. Le scanner double énergie

## **REVUE DE LA LITTÉRATURE**

1. Méthodes
  - 1.1. Procédure de sélection des données
  - 1.2. Extraction des données
2. Evaluation des propriétés psychométriques
  - 2.1. Résultats
  - 2.2. Faisabilité
  - 2.3. Reproductibilité
  - 2.4. Validité
  - 2.5. Sensibilité au changement

## **DISCUSSION**

## **CONCLUSIONS**

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **TABLE DES MATIERES**

# INTRODUCTION

La goutte fait partie des arthropathies microcristallines. Elle est caractérisée par la précipitation de cristaux d'urate de sodium (UMS) responsable de l'accès inflammatoire chez un patient présentant le plus souvent une hyper-uricémie chronique.

Sa prévalence est en constante augmentation du fait du vieillissement de la population ainsi que des modifications des habitudes alimentaires, plus riches en purines et en fructose.

Bardin & al (1) d'après un questionnaire téléphonique et à partir de 10 026 participants ont estimé la prévalence de la goutte en France à 0,9 % en 2013 [chiffre relativement proche de la prévalence de la maladie en Angleterre et en Allemagne (de l'ordre de 1,4 %)].

## **1. GOLD STANDARD : PONCTION ARTICULAIRE**

Le diagnostic de goutte repose actuellement sur la mise en évidence de microcristaux d'UMS en microscopie optique (MO), fortement biréfringents en lumière polarisée (2). Néanmoins, cette technique a montré certaines limites dont la première est sa faisabilité pratique : une étude hollandaise (3) a évalué le recours à la ponction articulaire en soins primaires chez des patients suspects d'accès goutteux. La ponction articulaire était réalisée seulement dans 3 % des cas.

Ce gold standard actuel montre également certaines limites en termes de validité (sensibilité et spécificité) et de reproductibilité, qui sont des critères déterminants pour être l'examen de référence, essentiellement pour le diagnostic de certitude.

Segal & al (4) à partir d'une revue de la littérature ont analysé quatre études portant sur l'identification des microcristaux d'UMS :

- Une étude (5) à partir de microcristaux d'UMS synthétiques retrouvait une sensibilité de 69 % et une spécificité de 95 % . A partir de cette étude, Segal & al retrouvaient un rapport de vraisemblance positif (RVP) de 14 (les « chances » d'avoir une goutte avec un test positif sont quatorze fois plus élevées qu'avant la réalisation du test) et un rapport de vraisemblance négatif (RVN) de 0,33.
- Les coefficients de corrélations kappa ont pu être déterminés à partir d'une étude de Schumacher & al (6). Dans cette étude, onze échantillons étaient analysés par trois laboratoires différents (dont un laboratoire de référence). Les coefficients de corrélations kappa étaient de 0,35 pour un laboratoire (en comparaison à celui de référence) et de 0,63 pour l'autre.
- Une étude de Von Hessen (7) a également montré le manque de reproductibilité du gold standard : plusieurs lames étaient envoyées à vingt-cinq laboratoires différents (une lame avec cristaux d'UMS naturels et trois lames contrôle contenant des corticoïdes, du cholestérol et des particules de latex). Seuls dix-neuf laboratoires ont identifié correctement la lame contenant les cristaux d'UMS, cinq laboratoires avaient chacun un faux positif pour les cristaux d'UMS et un laboratoire deux faux positifs pour les cristaux d'UMS.

Toutes ces données (à moduler au vu du faible nombre d'études et de l'absence de données « vraie vie ») montrent que le gold standard actuel pour le diagnostic de goutte est sous-utilisé et possède une sensibilité modeste ainsi qu'une reproductibilité moyenne, ce qui peut aboutir à un retard diagnostique alors qu'il s'agit d'une pathologie curable si elle est prise en charge précocement. De plus, le gold standard peut être mis en défaut en cas de site non accessible à la ponction (cheville, poignet) ou en cas d'atteinte péri-articulaire.

## **2. CRITERES DE CLASSIFICATION CLINIQUE**

Il existe également des scores de classification relativement anciens, qui n'intègrent pas tous le recours à la ponction articulaire (8). L'imagerie ne fait pas partie intégrante de ces critères anciens, essentiellement clinico-biologiques, à la différence des nouveaux critères ACR-EULAR.

- *Les critères de classification de Rome (1963)* nécessitent deux critères sur quatre pour le diagnostic de goutte (critères : 1 - uricémie > 420  $\mu\text{mol/l}$ , 2 - tophus, 3 - cristaux d'UMS dans le liquide synovial, 4 - antécédents de fluxion articulaire brève). La présence des deux premiers critères est ainsi suffisante à poser le diagnostic, mais ne concernerait que les gouttes tophacées chroniques.

- *Les critères de classification de New York (1966)* : La présence de deux critères est nécessaire pour retenir le diagnostic de goutte (au moins deux accès de monoarthrite, tophus décelable cliniquement, colchicino-sensibilité).

- *Les critères de classification de l'ACR de 1977* (6 critères/11 pour retenir le diagnostic) ont montré une spécificité décevante.

Janssens & al (9), à partir de 328 patients considérés comme goutteux d'après les critères ACR, ont calculé la sensibilité et la spécificité du test en fonction du nombre d'items présents (en comparaison à l'identification d'UMS à la ponction articulaire).

Ainsi la présence d'au moins 4 items conférait une sensibilité de 100 %, mais une spécificité de 24 %. Le seuil ( $\geq 6$ ) retrouvait une sensibilité de 80 % et une spécificité de 64 %. Plus le nombre d'items retrouvés était élevé, plus la spécificité augmentait au détriment de la sensibilité pour atteindre, en cas de présence d'au moins neuf critères, une sensibilité de 7 % et une spécificité de 99 %.

Janssens & al ont cherché à valider ces critères en comparaison à la présence de cristaux à la ponction articulaire. Dans cette étude, aucun des 3 critères n'assurait une sensibilité > 70 % et une spécificité > 80 %, ce qui paraît insuffisant. Cette étude a mis en évidence que ces critères permettent le diagnostic d'exclusion de la goutte, mais ne remplacent pas la mise en évidence de cristaux d'UMS dans un liquide (9).

Pour pallier à ce manque de spécificité des critères de classification clinique disponibles, Janssens & al (10) ont établi un score de probabilité à partir d'un groupe de 300 patients en utilisant l'identification des cristaux comme gold standard.

Un score total < 4 permet d'écarter la goutte dans près de 100 % des cas. Le diagnostic a été confirmé chez 80 % des patients avec un score > 8. Un score entre 4 et 8 laisse une incertitude concernant le diagnostic (goutte confirmée dans 30 % des cas).

De manière plus récente sont apparus des critères de classification ACR/EULAR pour la goutte (11). Le score maximal est de 23 et un score  $\geq 8$  suffit pour poser le diagnostic. Ces nouveaux critères ont été validés au cours de l'étude SUGAR (à partir de 330 patients) et retrouvaient une sensibilité de 92 % et une spécificité de 89 % (11). L'utilisation des critères cliniques seule retrouvait une sensibilité de 85 % et une spécificité de 78 %.

Ces nouveaux critères de classification permettent de poser le diagnostic de goutte en 3 étapes.

- **Etape 1** : Critères « d'entrée » : au moins un épisode de gonflement ou douleur d'une articulation périphérique ou d'une bourse.
- **Etape 2** : Mise en évidence de cristaux d'UMS en MO à lumière polarisée (critère suffisant pour poser le diagnostic sans avoir recours à l'étape 3).
- **Etape 3** : associe à la fois des critères cliniques, biologiques (taux d'uricémie) et fait apparaître pour la première fois l'échographie avec la mise en évidence du signe du double contour et le scanner double énergie. La mise en évidence d'érosions caractéristiques à la radiographie complète les critères de classification.

Le diagnostic de goutte est donc affirmé soit par l'analyse du liquide articulaire avec la mise en évidence de cristaux d'UMS en MO, soit par l'association d'éléments clinico-biologiques et d'imagerie.

Cette classification intègre pour la première fois l'utilisation du scanner double énergie (DECT pour **D**ual **E**nergy **C**omputed **T**omography) et met ce dernier au même niveau que l'échographie dans le diagnostic de goutte.

### **3. LE SCANNER DOUBLE ENERGIE**

Le scanner double énergie est une nouvelle modalité d'imagerie dont le principe est connu depuis les années 1970, mais dont l'application clinique est plus récente.

Les premières utilisations du DECT ont été rapportées en urologie notamment dans la détermination de la nature des calculs urinaires (lithiase calcique versus lithiase urique) (12).

Ses champs d'applications sont vastes allant de la neuroradiologie à l'urologie en passant par le champ des pathologies cardio-vasculaires (13).

Il existe actuellement quatre types de scanner double énergie sur le marché (13,14) :

- 64-slice dual-source CT (Definition, Siemens Medical Systems; Erlangen, Germany)
- 128-slice dual-source CT (Definition Flash, Siemens Medical Systems)
- High-definition 64-MDCT (Discovery 750 HD, GE Healthcare; Milwaukee, Wisconsin, USA)
- 320-row CT scanner (Toshiba Aquilion ONE, Toshiba Medical Systems, Japan)

Le scanner double énergie repose sur l'acquisition de deux sets de données d'un matériau choisi à deux kilovoltages différents (80 kV et 140 kV) (15). Il existe actuellement des scanners dits « double » tube, chaque tube délivrant un faisceau de rayon X à 80 et 140 kV, et des scanners « mono » tube qui délivrent deux faisceaux de rayon X en alternance (commutation entre deux faisceaux de l'ordre de 0,5 ms). Les images obtenues (deux images à chaque acquisition pour chaque niveau d'énergie) sont ensuite chargées sur la station de travail et les images fusionnées (post-traitement des données) à partir d'un logiciel dédié (Syngo.via : gout).

Le principe physique du DECT est basé sur la différence d'absorption des rayons X par les tissus à l'étude. L'atténuation obtenue dépend des propriétés physiques du matériau considéré, de son poids moléculaire ainsi que de l'énergie appliquée. La différence d'atténuation induite par deux faisceaux de rayons X à deux niveaux d'énergie différents sur une région d'intérêt dépend donc du poids moléculaire des matériaux qui la compose.

La distinction entre les dépôts d'acide urique et le calcium est relativement aisée du fait du poids moléculaire beaucoup plus élevé du calcium par rapport à l'acide urique qui est principalement composé de carbone et donc plus léger.

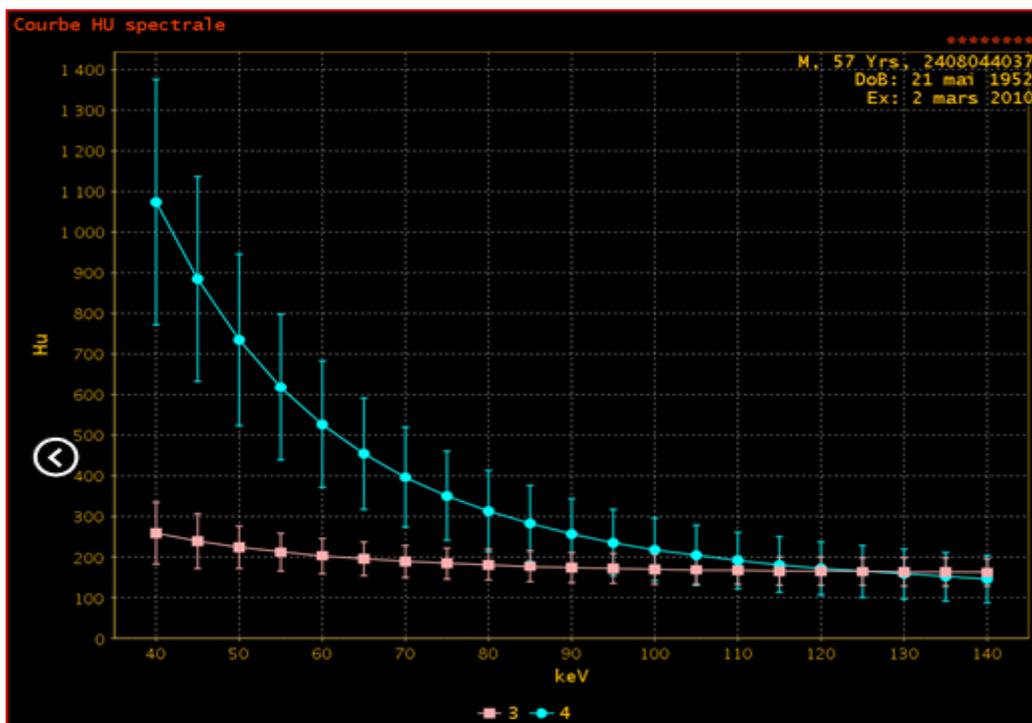
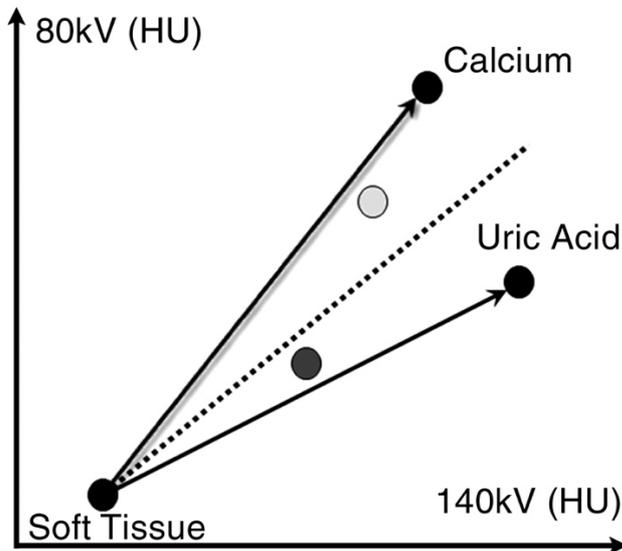


Figure 1 :

Courbe d'atténuation du calcium (rose) et de l'iode (bleue) en fonction de l'énergie (keV) délivrée

Un algorithme de décomposition des matériaux est utilisé pour le post-traitement des données (15,16).



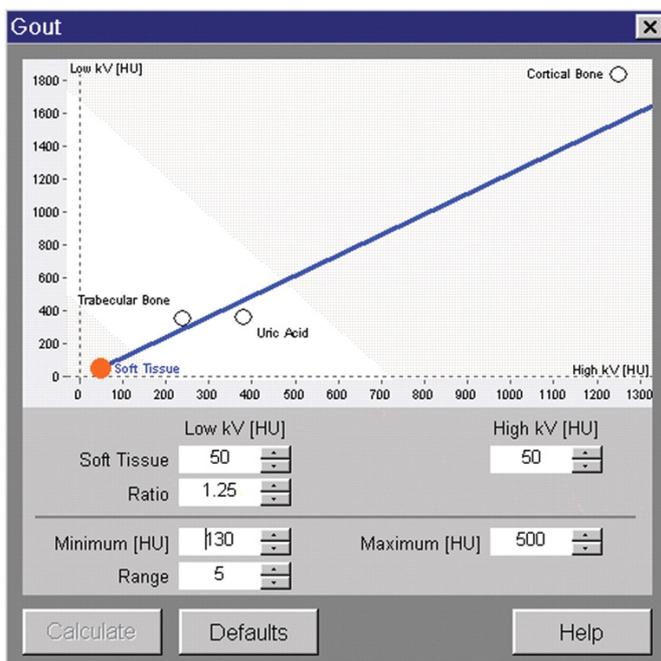
L'algorithme de décomposition de matériau est représenté sur un système de coordonnées :

L'axe des abscisses représente la valeur en Unité Hounsfield (UH) d'un voxel obtenue à 140 kV.

L'axe des ordonnées représente la valeur en UH d'un voxel obtenue à 80 kV.

Sur ce système de coordonnées, trois points sont placés en fonction de leur capacité d'absorption (exprimée en UH) à 80 et 140 kV :

- Tissus mous : 50 UH - 50 UH
- Acide urique : 422 UH - 377 UH



On trace ensuite une ligne bissectrice (divisant l'angle formé par les segments calciques et acide urique) partant des valeurs en UH des tissus mous et séparant le système de coordonnées en deux régions. Si le matériau d'intérêt comporte une densité en UH en-dessous de cette ligne bissectrice, l'algorithme définira le voxel comme un voxel d'acide urique.

Figure 2 :

Algorithme de décomposition de matériau (Images SIEMENS).

Le scanner double énergie permet donc une visualisation directe des dépôts d'acide urique tant intra qu'extra-articulaires.

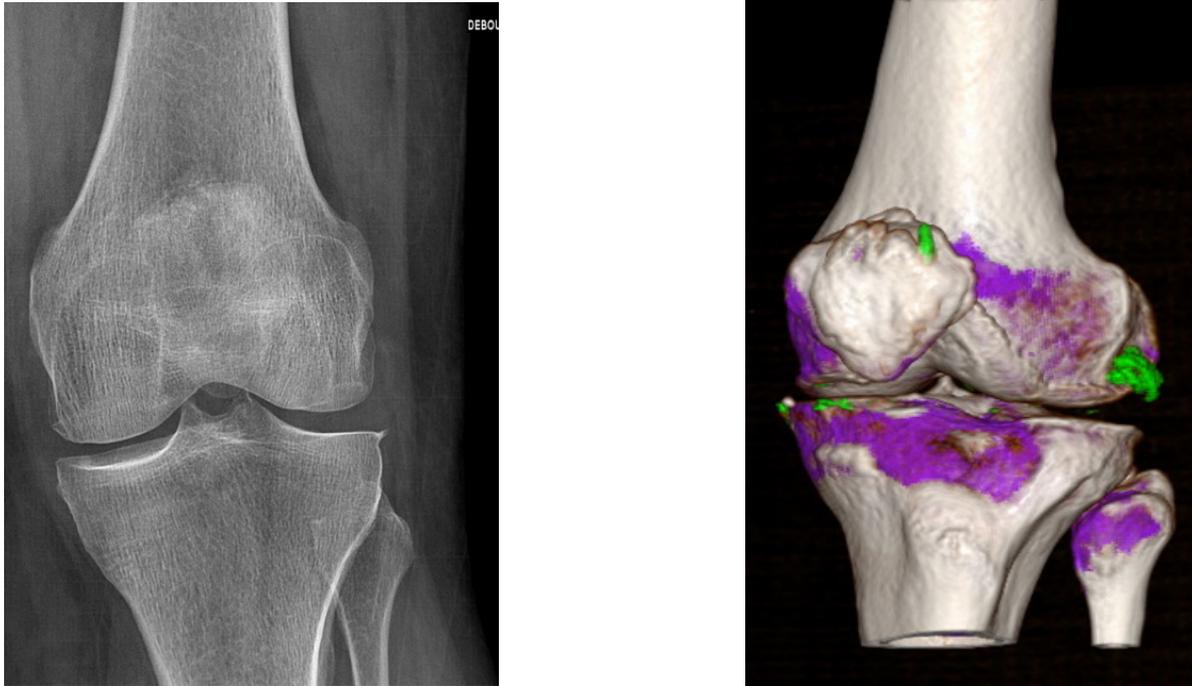


Figure 3 :  
Radiographie d'un genou gauche arthritique et sa correspondance en double énergie (dépôts d'UMS en vert)

Le post-traitement des images permet également de quantifier le volume des dépôts d'acide urique à partir du logiciel Syngo via. La mesure est totalement automatisée, ce qui limite le temps du post-traitement.

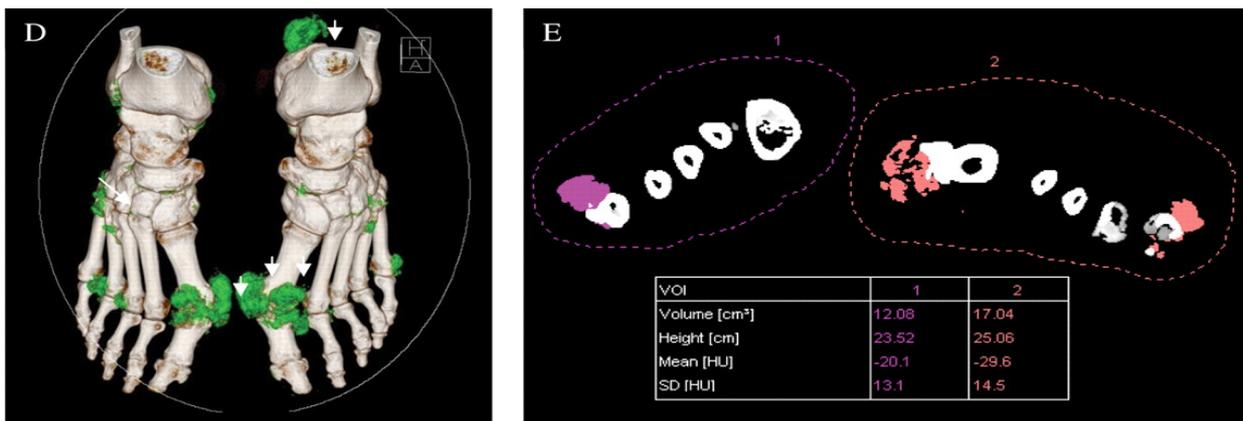


Figure 4 :  
Exemple de quantification volumique des dépôts d'UMS au DECT.  
(Images tirées de l'article de Choi & al : « Dual energy CT in gout : A prospective validation study »)

Au vu des limites du gold standard actuel ainsi que des critères de classification, il semble intéressant d'évaluer les propriétés psychométriques du scanner double énergie selon les critères du filtre *Outcome Measure in Rheumatology (OMERACT)* (17) pour mieux cerner sa place dans le diagnostic et le suivi des patients goutteux. Cela nécessite en pratique d'évaluer la faisabilité, la validité, la reproductibilité et la sensibilité au changement du scanner double énergie dans cette pathologie au travers d'une analyse systématique de la littérature.

## **REVUE DE LA LITTERATURE**

## **1. METHODES**

### ***1.1. Procédure de sélection des données***

Une analyse systématique de la littérature a été réalisée en utilisant les bases de données Medline (jusqu'au mois de décembre 2016) et Cochrane ainsi que les résumés récents des congrès de l'European League Against Rheumatism (EULAR) (de 2002 à 2016) et de l'American College Of Rheumatology (ACR) (de 2012 à 2016).

*Les critères d'éligibilité* étaient : 1- l'évaluation de patients atteints de goutte ou suspects d'être atteints de goutte, 2- la réalisation de scanner double-énergie à visée articulaire (mono ou polyarticulaire), 3- l'utilisation d'un gold standard autre que le scanner double énergie pour le diagnostic de goutte, 4- l'évaluation d'au moins une des propriétés psychométriques citées ci-dessus (faisabilité, reproductibilité, validité, sensibilité au changement).

Les critères d'exclusion étaient les études réalisées chez l'animal, l'évaluation de propriétés psychométriques d'autres méthodes n'incluant pas celles du scanner double énergie, les observations de cas, les éditoriaux ou revues de la littérature relatifs à cet examen.

La revue a été conduite en utilisant les mots clés suivants : gout [MESH] ou gouty arthritis [MESH] ou tophaceous gout [MESH] et Dual Energy Computed Tomography. Des restrictions ont été limitées au langage (anglais et français uniquement).

Les résumés de tous les articles ont été lus par deux lecteurs (AR et PO) travaillant de façon indépendante. Tous les articles considérés comme appropriés ou douteux par au moins un des lecteurs ont été obtenus et lus en entier en utilisant un cahier d'extraction des données établi préalablement. Par ailleurs, les références complémentaires de tous les articles obtenus ont été vérifiées manuellement. Celles, pouvant potentiellement être incluables, ont été évaluées selon le procédé cité ci-dessus.

### ***1.2. Extraction des données***

Pour chaque article inclus dans l'analyse finale, les données suivantes ont été extraites : design de l'étude, nature du gold standard, comparaison au gold standard, protocole utilisé pour le DECT si détaillé, données sur la reproductibilité, la validité et la sensibilité au changement.

## **2. EVALUATION DES PROPRIETES PSYCHOMETRIQUES DU DECT**

### ***Faisabilité***

Les données publiées sur le coût de l'examen, l'équipement utilisé, le temps de la procédure d'acquisition et le taux d'irradiation ont été relevées quand elles étaient disponibles.

### ***Reproductibilité***

Les coefficients de corrélation intra-classe (ICC) obtenus pour la détermination du volume des dépôts uratiques en DECT (volume total moyen des dépôts uratiques en  $\text{cm}^3$ , avec l'écart type correspondant) ont été collectés, qu'ils aient été déterminés par un même opérateur (reproductibilité intra-observateur) ou par deux opérateurs (reproductibilité inter-observateur), en aveugle de la clinique. Un ICC > 0,75 est considéré comme le témoin d'une excellente reproductibilité.

Les coefficients de corrélation kappa ont également été collectés, (pour la reproductibilité inter-observateur) pour les études s'intéressant uniquement à la détection des dépôts d'urate de sodium, sans quantification volumique.

### ***Validité***

Les capacités diagnostiques du DECT en comparaison au gold standard (ponction articulaire) ont été comparées en termes de sensibilité, de spécificité et de rapports de vraisemblance positif et négatif. Dans certaines études, le diagnostic de goutte pouvait aussi reposer sur des critères cliniques (présence de tophi et/ou score de Janssens ou critères ACR 77, avec ou sans confirmation par la présence de cristaux à la ponction articulaire), ce qui a justifié une analyse à part.

Les capacités diagnostiques du DECT ont également été comparées à celles d'autres examens d'imagerie utilisables dans la goutte : radiographie, scanner conventionnel, échographie musculo-squelettique, en comparant leur sensibilité, leur spécificité et les aires sous la courbe (ASC) des courbes ROC obtenues, si disponibles.

### ***Sensibilité au changement***

La sensibilité au changement du DECT réside dans sa capacité à détecter les variations de taille des tophi (évaluées sur la moyenne et l'écart-type du volume total des tophi, exprimé en  $\text{cm}^3$ ) des patients sous traitements hypo-uricémiants (THU). Elle a été estimée par la taille de l'effet (ou effect size) de chaque étude de suivi sous THU (coefficient de Cohen), en divisant la moyenne des différences après et avant traitement par l'écart-type des valeurs pré-thérapeutiques. Un effect size > 0,8 est considéré comme important, moyen entre 0,5 et 0,8, faible entre 0,2 et 0,5 et négligeable si < 0,2.

## 2.1 Résultats

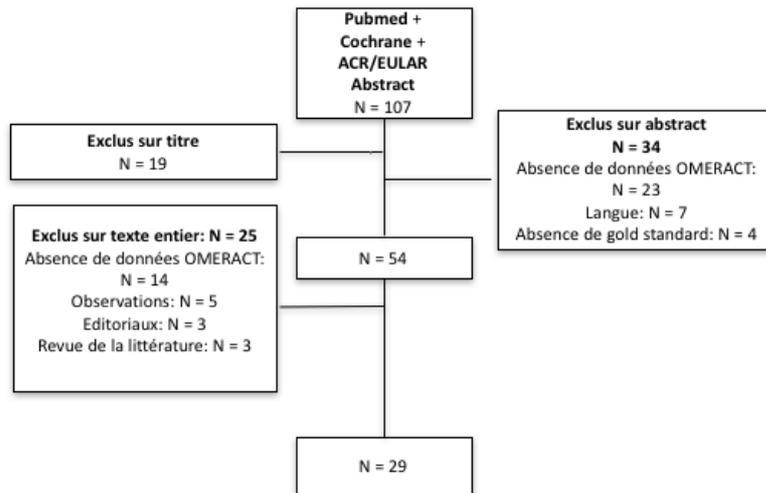


Figure 5 :  
Flow Chart de l'étude

Parmi les 107 articles identifiés par l'équation de recherche, 54 articles évaluant les capacités diagnostiques et/ou la quantification volumique des dépôts d'acide urique du scanner double énergie ont été identifiés. 25 articles ont été exclus après lecture du texte complet car ils ne correspondaient pas aux critères d'éligibilité. L'analyse finale portait sur 29 articles en texte intégral.

## 2.2 Faisabilité

D'après Dalbeth & al (18), le coût de facturation du scanner double énergie est équivalent à celui d'un scanner standard (< 150 euros en France). La réalisation du scanner pour l'évaluation d'un ou plusieurs sites périphériques est < 15 minutes. La mesure du volume des dépôts uratiques est < 5 minutes par site anatomique (18,19). Le coût du logiciel de post-traitement est d'environ 25 000 euros et ne peut être installé que sur certaines marques de scanner, sous forme d'une option payante (*Siemens, Toshiba, General Electrics*).

Les principaux facteurs limitants sont :

- Le caractère irradiant de premier abord de l'examen (« double énergie »). Cependant, la dose par articulation reste faible, comprise entre 0,019 et 0,5 mSv (20–25) et ne correspond pas à une double irradiation en pratique. La dose totale n'est donc que légèrement supérieure à la dose habituellement appliquée. Il n'est pas prévu par ailleurs de scanner double énergie « corps entier », donc le champ d'irradiation reste limité à l'articulation cible.
- Le faible pourcentage pour l'instant de centres de radiologie avec ce type d'option sur le scanner, limitant sa disponibilité. Une autre limite est liée à l'expérience des médecins prescripteurs, en l'absence de recommandations de bonne pratique.

## 2.3 Reproductibilité

### 2.3.1 Reproductibilité intra-observateur (Tableau 1)

Quatre études (20,26–28) rapportaient des données sur la reproductibilité intra-observateur pour la quantification volumique des tophi.

Toutes les études retrouvaient des ICC > 0,95 témoignant d'une excellente reproductibilité intra-observateur (scanner initial relu par le même opérateur à une semaine d'intervalle).

### 2.3.2 Reproductibilité inter-observateur (Tableau 1)

#### ○ Pour la quantification volumique :

Six études (20,21,26–29) ont évalué la reproductibilité inter-observateur pour la quantification volumique des tophi. Les ICC étaient encore une fois excellents > 0,90.

#### ○ Pour la détection des dépôts d'UMS :

Cinq études ont évalué la reproductibilité inter-observateur pour la détection des dépôts d'UMS.

Glazebrook & al retrouvaient un kappa de 0,87 (16), Dalbeth, House & al un kappa de 0,78 (29), Kiefer & al un kappa variant de 0,77 à 0,84 (3 lecteurs)(25). Dalbeth, Kalluru & al retrouvaient un kappa de 0,77 (articulation et os) et de 0,58 (localisation tendons/ligaments) (30), Zhu & al un kappa de 0,97(31).

*Tableau 1 :  
Reproductibilité inter et intra-observateur (quantification volumique des dépôts d'UMS)*

Etude	Population	Age moyen (ET)	CCI intra-Observateur	CCI inter-Observateur
Choi, Burns & al	- 40 tophus - 17 patients	62 (NR)	1,00 [1,00 ; 1,00]	1,00 [1,00 ; 1,00]
Shi, Xu & al	- 636 tophus - 66 patients	51,5 (NR)	1,00 [1,00 ; 1,00]	1,00 [1,00 ; 1,00]
Dalbeth, Aati & al	- 55 tophus - 25 patients	64 (NR)	1,00 [1,00 ; 1,00]	0,92 [0,92 ; 0,97]
Rajan & al	- 73 patients avec goutte tophacée évalué à baseline (M0) et M12	58 (NR)	NR	M0 : 1,00 [1,00 ; 1,00] M12 : 0,99 [0,99 ; 1,00]
Dalbeth,House & al	- 58 patients (33 sans tophus apparent, 25 hyperuricémies asymptomatiques)	62,5 (13)	NR	1,00 [1,00,1,00]
Bayat & al	- 73 DECT des chevilles et pieds	NR	0,99 [0,98 ; 0,99]	1,00 [1,00 ; 1,00]

NR = non renseigné, CCI = coefficient de corrélation intraclass, IC 95 % = intervalle de confiance à 95 %, âge moyen exprimé en années [écart type correspondant (ET)]

L'ensemble de ces résultats témoigne d'une très bonne reproductibilité inter-observateur. A titre de comparaison, la mesure du diamètre des tophi en échographie par des experts échographistes retrouvait des ICC intra-observateur > 0,90 et inter-observateur variant de 0,71 à 0,83 (32). Ces résultats sont plus faibles en pratique quotidienne vu le caractère opérateur-dépendant de cette imagerie.

## 2.4 Validité

### 2.4.1 Validité du DECT versus gold standard (Tableau 2)

Six études ont évalué la validité du scanner double énergie en comparaison au gold standard (cristaux d'UMS).

Choi & al (20) à partir de 80 patients suspects d'arthrite goutteuse (dont 40 gouttes prouvées par ponction articulaire) ont estimé une sensibilité et une spécificité de respectivement 0,78 et 0,93. Bongartz & al (22) dans une série de 81 patients comprenant 40 gouttes retrouvaient une sensibilité et une spécificité respectivement de 0,90 et 0,85. Glazebrook & al (16) sur une étude rétrospective à partir de 31 ponctions articulaires constataient une sensibilité et une spécificité de respectivement 1,00 et 0,89. Dalbeth, House & al (29) objectivaient une sensibilité de 0,81 et une spécificité de 0,76. Ahmad & al (33) retrouvaient quant à eux une sensibilité de 1,00 et une spécificité de 0,48. Sur un plus faible échantillonnage (6 patients), Diekhoff & al (14) ont calculé une sensibilité et une spécificité de 1,00.

**Tableau 2 :**  
Validité du DECT en comparaison au gold standard.

Etudes	Type	Groupe goutte		Groupe contrôle		Sensibilité [IC 95 %]	Spécificité [IC 95 %]	Sensibilité et spécificité poolées
		N	Age (Années)	N	Age (Années)			
Choi & al	Prospective (1)	40	62	40	53	0,78 [0,62 ; 0,89]	0,93 [0,80 ; 0,98]	Sensibilité = 0,90 IC95% = [0,86 ; 0,93]  Spécificité = 0,80 IC95% = [0,73 ; 0,86]
Dalbeth, House & al	Prospective (2)	33	61	25	64	0,81 [0,67 ; 0,94]	0,76 [0,59 ; 0,92]	
Glazebrook & al	Rétrospective (2)	12	NR	19	NR	1,00 [0,74 ; 1,00]	0,89 [0,67 ; 0,99]	
Bongartz & al	Prospective (2)	40	62,1	41	58,7	0,90 [0,76 ; 0,97]	0,83 [0,68 ; 0,93]	
Diekhoff & al	Prospective (2)	3	56	3	66,6	1,00 [1,00 ; 1,00]	1,00 [1,00 ; 1,00]	
Ahmad & al	Prospective (2)	30	NR	25	NR	1,00 (0,86 ; 1,00)	0,48 (0,28 ; 0,68)	

*N= effectif ; NR = non renseigné ; (1) = DECT de l'ensemble des articulations périphériques ; (2) = DECT de l'articulation atteinte ; IC95 % = Intervalle de Confiance à 95 %*

En poolant ces données, on arrivait à une sensibilité de 0,90 et à une spécificité de 0,80. Dans ce groupe et à partir des données poolées, le rapport de vraisemblance positif L était de 4,5 et le rapport de vraisemblance négatif  $\Lambda$  de 0,12.

### 2.4.2 Validité du DECT versus gold standard et/ou critères cliniques

#### ○ Etudes évaluant le DECT uniquement

Cinq autres études ouvertes comportaient des données sur la validité, mais avec une méthodologie plus discutable pour retenir le diagnostic de goutte. Les patients étaient classés dans le groupe goutte aussi bien à partir du gold standard que sur des données cliniques (présence de tophus et/ou score de Janssens ou ACR 77). La sensibilité variait de 0,75 à 1,00 et la spécificité de 0,44 à 1,00 (19,23,33–35).

○ Etudes évaluant simultanément le DECT et d'autres méthodes d'imagerie (Tableau 3)

Seulement quatre articles ont comparé le DECT à l'échographie : imagerie émergente ces dernières années pour le diagnostic précoce de goutte.

- Gruber et al (34) retrouvaient une sensibilité comparable pour le DECT et l'échographie. Pour la détection d'UMS, les coefficients de corrélation kappa étaient de 0,69 (échographie et DECT), de 0,41 (DECT et ponction articulaire) et de 1,00 (échographie et analyse du liquide synovial).

- Huppertz & al (23) retrouvaient une légère supériorité de l'échographie par rapport au DECT pour la détection de dépôts d'UMS.

- Ogdie & al (32) ont déterminé des courbes HSROC et calculé l'Aire sous la Courbe, afin de comparer directement la capacité discriminante de l'échographie et du DECT. D'après cette méta-analyse, l'aire sous la courbe était pour le signe du double contour de 0,84, pour les tophi de 0,75 et pour les dépôts d'urate de sodium au DECT de 0,90 ; ce qui est particulièrement élevé pour un examen complémentaire à visée diagnostique.

- Zhu & al (31) à partir de 46 articulations arthritiques mettaient en évidence une supériorité du DECT comparé à l'échographie en termes de sensibilité : 82,6 % versus 60,9 % respectivement [critères cliniques (ACR) ou gold standard positif].

Un seul article a comparé le scanner double énergie au scanner conventionnel et à la radiographie (25). Il était retrouvé une équivalence entre scanner conventionnel et DECT pour la détection de tophi avec toutefois une meilleure spécificité du DECT et des valeurs prédictives positives (VPP) et négatives (VPN) plus élevées en comparaison au scanner conventionnel et aux radiographies simples.

Il faut préciser que toutes ces études comparant les différentes modalités d'imagerie utilisaient comme gold standard des critères cliniques (ACR ou Janssens) avec une minorité de patients bénéficiant de la ponction articulaire pour rechercher des cristaux d'UMS, ce qui est un biais potentiel non négligeable.

Tableau 3 :  
Validité du DECT versus autres examens d'imagerie

Etudes	Radiographie		Echographie		Scanner conventionnel (CT)		Scanner double énergie (DECT)	
	Se/Spe	VPP/VPN	Se/Spe	VPP/VPN	Se/Spe	VPP/VPN	Se/Spe	VPP/VPN
Gruber & al	NR	NR	Se = 65,0 % Spe = NR	NR	NR	NR	Se = 67,0 % Spe = NR	NR
Huppertz & al	NR	NR	Se = 100 % Spe = 85,7 %	VPP=88,6% VPN=100%	NR	NR	Se = 84,6 % Spe = 76,2 %	VPP = 91,7 % VPN = 75 %
Zhu & al	NR	NR	Se = 60,9 % Spe = NR	NR	NR	NR	Se = 82,6 % Spe = NR	NR
Ogdie & al	NR	NR	DC : Se = 83 % ; Spe = 76 % ; To : Se = 65 % ; Spe = 80 %	NR	NR	NR	Se = 87,0 % Spe = 84,0 %	NR
Kieffer & al	Se = 44,4 % Spe = 83,3 %	VPP = 72,7 % VPN = 60,0 %	NR	NR	Se = 71,4 % Spe = 91,3 %	VPP = 88,2 % VPN = 77,8 %	Se = 71,4 % Spe = 95,7 %	VPP = 93,8 % VPN = 78,6 %

Se= sensibilité ; Spe= spécificité ; VPP= valeur prédictive positive ; VPN= Valeur prédictive négative ; NR= non rapportée ; DC= double contour ; To =Tophus

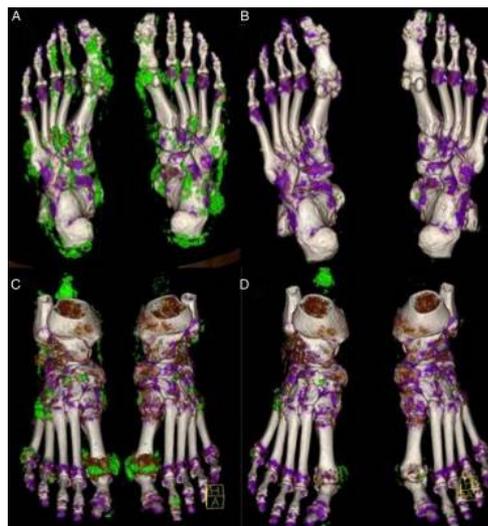
## 2.5 Sensibilité au changement (Tableau 4)

Quatre articles ont évalué la capacité du scanner double énergie à détecter les variations du volume des dépôts d'acide urique chez des patients goutteux sous traitements hypo-uricémiants (allopurinol, febuxostat, benzbromarone, pégloticase), sur des faibles échantillons. Des données contradictoires ont été retrouvées avec une taille d'effet variant de 0,10 (faible) à 1,26 (important) (21,24,28,36). Une étude (24) retrouvait une corrélation significative entre les variations de l'uricémie et celle du volume des dépôts d'UMS. Rajan & al (21) ne retrouvaient pas de corrélation entre l'évolution des dépôts d'UMS et l'uricémie plasmatique.

Tableau 4 :  
Sensibilité au changement du volume des dépôts d'acide urique sous traitement

Etudes	N	Traitement	Durée du suivi (mois)	Durée de la maladie (années)	Uricémie à T0 (mg/dl)	Uricémie à TX (mg/dl)	Volume à T0 (cm <sup>3</sup> )	Volume à TX (cm <sup>3</sup> )	p	Effect size
Rajan & al	73	Allopurinol	12	23 (NR)	6,05 (NR)	6,22 (NR)	2,85 (7,0)	2,20 (5,2)	NR	0,10
Araujo & al	10	Pegloticase	5,9	55,2 (45,9)	8,08 (2,34)	NR	9,15 (13,26)	1,89 (2,86)	NR	0,54
Sun & al	21	Allopurinol	6	NR	8,61 (1,98)	5,95 (2,05)	2,2 (4,5)	0,75 (2,5)	<0,01	0,90
	16	Febuxostat	12	NR	8,59 (3,55)	6,74 (2,07)	6,1 (3,9)	5,9 (6,3)	0,43	0,05
	7	Benzbromarone	24	NR	9,28 (3,66)	5,95 (1,98)	3,1 (2,34)	0,13 (1,0)	<0,01	1,26
Bayat & al	5	Pegloticase	9,5 (6,2)	9 (10)	7,0 (2,3)	NR	17,8 (20,0)	0,22 (0,20)	<0,001	0,88

Valeurs exprimées en moyenne (écart type), NR = non renseigné, suivi exprimé en mois, durée de la maladie exprimée en années.



A, C : images pré-traitement

B, D : images post-traitement

Figure 6 :

Evolution des dépôts d'UMS au DECT sous traitement par pégloticase.

(image tirée de l'article d'Araujo & al: « Tophus resolution with pegloticase : a prospective dual energy CT study »)

## DISCUSSION

Le scanner double énergie est une nouvelle modalité d'imagerie promis à un bel avenir dans l'exploration de la goutte au point d'avoir été récemment intégré dans les critères ACR/EULAR 2015 (11).

Le recours à cet examen reste pour l'instant conditionné par son accès limité à certains centres de radiologie, principalement hospitaliers mais, sa diffusion va s'accroître dans les années à venir car tous les constructeurs développent cette option pour leurs nouvelles machines.

Parmi ses autres limites ou frein potentiel à son utilisation, on peut citer son caractère irradiant par rapport à d'autres modalités d'imagerie telle que l'échographie. Cet aspect doit cependant être relativisé. En effet, dans notre revue de la littérature, tous les auteurs utilisaient des doses relativement faibles variant de 0,019 (25) à 0,5 mSv pour l'évaluation d'un site articulaire. L'évaluation de l'ensemble des articulations périphériques délivrait une dose de 2 mSv (15,20). Le scanner double énergie permet une acquisition rapide avec un retraitement des images post-acquisition réduisant la dose d'irradiation pour le patient. L'irradiation étant limitée à un site articulaire, les viscères ne sont pas irradiés, ce qui permet de limiter les effets stochastiques de l'irradiation.

A titre de comparaison, un scanner du rachis lombaire délivre une dose d'irradiation de 12,32 +/-3,5 mSv (scanner 320 coupes, Toshiba), de 8,8 mSv (scanner 16 coupes, Siemens) selon l'équipe de Gervaise & al (37) et de 19,15 +/- 5,83 mSv (scanner 16 coupes, Siemens) pour l'équipe de Biswas & al (38).

Enfin, il existe, comme toute technique d'imagerie, des artefacts (39), principalement représentés par des faux positifs, sous la forme de dépôts localisés au niveau du lit de l'ongle et des dépôts sous-cutanés. Une étude a également montré une augmentation du nombre de faux positifs en cas de lésions arthrosiques localisées au niveau du genou [différentes hypothèses étaient avancées par les auteurs : vrai artefact ou vrai dépôt intra-cartilagineux d'UMS secondaire à des lésions du cartilage (conduisant secondairement à une cristallisation d'UMS)]. La présence de matériel métallique peut également être à l'origine d'artefacts (40).

En termes de propriétés psychométriques, cette revue de la littérature a mis en évidence certains points forts (reproductibilité, spécificité), certains manques [validité du DECT pour différencier goutte et chondrocalcinose (CCA)] et certaines données encore insuffisantes comme la sensibilité au changement sous THU.

- **Concernant les données sur la reproductibilité :**

Le DECT s'avère être un examen hautement reproductible tant pour la quantification volumique (ICC intra et inter-observateur > 0,90) que pour la détection des dépôts d'UMS (kappa variant de 0,58 à 0,97 selon les séries.)

Ces chiffres sur la reproductibilité pour la quantification volumique peuvent paraître particulièrement élevés, mais il faut savoir que la quantification volumique réalisée à partir du post-traitement des images par la console Syngo-via est totalement informatisée. L'opérateur circonscrit la zone d'intérêt (articulation, région anatomique) pour la quantification des dépôts et le volume est calculé automatiquement via le logiciel. Cette méthode explique la très faible variabilité de mesure entre deux opérateurs ou pour le même opérateur sur lecture répétée. Cela est à comparer aux données de l'échographie qui est la seule autre imagerie utilisée pour la quantification des tophi. D'après le groupe d'étude OMERACT (41), la reproductibilité inter-observateur pour la détection de tophi était bonne avec un kappa de 0,69 et de 0,72 pour la reproductibilité intra- observateur. Pour la mise en évidence du signe du double contour, la reproductibilité était modérée de 0,47 (inter-observateur) et de 0,53 (intra-observateur). Ces moins bons résultats de la reproductibilité de l'échographie (en comparaison au DECT) peuvent être expliqués par la mesure « manuelle » nécessitant, dans un premier temps la détection du tophus et la délimitation de son volume.

Dans les études évaluant ces caractéristiques en échographie, cette dernière est réalisée par un groupe d'experts, ne reflétant pas les données « vrai-vie ». Le DECT tant pour la détection des dépôts d'UMS que pour la quantification volumique semble moins dépendant de l'opérateur et de la qualité de la machine puisque les dépôts d'UMS apparaissent d'une couleur spécifique sur les images scanographiques après traitement. Son interprétation est ainsi moins dépendante de l'expérience et de la courbe d'apprentissage que celle de l'échographie.

- **Concernant les données sur la validité du DECT :**

Cette revue de la littérature retrouve une excellente sensibilité de 90 % à partir des données poolées et une spécificité de 80 % pour les études comparant le DECT au gold standard « ponction articulaire ». Pour les études utilisant les critères de classification clinique, la sensibilité est toujours élevée, mais la spécificité est plus variable de 44 % à 100 %, ce qui pose question sur le véritable diagnostic à retenir au final. Certaines études (22,42) rapportaient une diminution de la sensibilité du DECT lors des accès récents de goutte (< 6 semaines). Dans ce cas, l'échographie semble plus sensible avec la mise en évidence du signe du double contour (42, 43). D'après Bongartz & al (22), cette baisse de sensibilité dans les accès récents semble être en rapport avec des dépôts d'UMS trop petits (< 2 mm) pour être détectables au DECT qui a une résolution spatiale plus faible que l'échographie. En revanche, le DECT semble plus sensible notamment en cas de localisations péri-articulaires (tendons, bourses), profondes ou inaccessibles à la sonde d'échographie. Ainsi, Bongartz & al montraient que, chez 30 patients ayant eu une ponction articulaire négative, des dépôts péri-articulaires étaient mis en évidence chez 14 d'entre eux. La réalisation d'une ponction écho-guidée a permis de corriger le diagnostic chez ces derniers.

D'autres études comparant l'échographie au DECT sont donc indispensables pour mieux préciser leurs places respectives, en fonction de la durée de la maladie goutteuse, mais aussi pour différencier le type d'arthrites microcristallines (CCA versus goutte) ; ce qui n'a pas été

réalisé directement jusqu'à présent. Le DECT paraît à même de discriminer, grâce aux propriétés différentes d'atténuation des rayons X par les cristaux, ces deux pathologies proches sémiologiquement, comme pour les calculs rénaux. Chez certains patients, le DECT permet de confirmer la présence des deux pathologies sur le même site articulaire (mixed crystalized disease), sachant que l'une est curable, à savoir la goutte sous THU. Cela reste un challenge souvent difficile en échographie.

- **Concernant la sensibilité au changement (diminution du volume des tophi goutteux) sous traitement hypo-uricémiant :**

Cette revue retrouve des résultats hétérogènes et discordants avec une taille d'effet variable selon les études et non dépendante de la puissance du THU.

Il est important de préciser que ces différentes études s'intéressaient à de faibles effectifs de patients, à des phénotypes différents et qu'au vu de l'hétérogénéité de la population, les résultats sont difficilement extrapolables pour la pratique quotidienne. Les données concernant le suivi échographique des patients goutteux traités paraissent plus homogènes, corrélées à la diminution de l'uricémie (43). D'autres études de meilleure qualité méthodologique sont donc indispensables pour préciser l'intérêt du DECT dans le suivi du patient sous traitement.

Un autre intérêt du DECT, qui n'apparaît pas dans cette revue systématique centrée sur les propriétés psychométriques est sa capacité à pouvoir proposer une cartographie précise des lésions tophacées, articulaires comme extra-articulaires. Certains articles se sont intéressés à la description de la topographie des dépôts d'UMS au scanner double énergie :

- Choi & al (20) à partir d'un groupe de 40 patients (diagnostic de goutte à partir de la ponction articulaire) retrouvaient des dépôts d'UMS localisés aux pieds et aux chevilles dans 55 % des cas (22/40), 30 % aux coudes et aux genoux (12/40) et 15 % aux poignets et aux mains (6/40).

- Sun & al (44) à partir d'un groupe de 80 patients goutteux d'après les critères ACR ont identifié 333 sites localisés aux pieds et aux chevilles : les localisations les plus fréquemment atteintes étaient l'inter-phalangienne (IPP) de l'hallux (59/333), la MTP1 (57/333), le calcanéum (61/333) et la cheville (talus et extrémité distale du tibia et de la fibula) (52/333). Toutefois les localisations tendineuses étaient très fréquentes, ce qui peut donner des tableaux cliniques trompeurs (163/333 localisations étaient au niveau des tendons de cette région).

- Mallinson & al (45) à partir de 148 patients (étude rétrospective, DECT des coudes, mains poignets, genoux, chevilles et pieds) décrivaient des dépôts d'UMS localisés, par ordre de fréquence, à la MTP1 (57,4 %), au tendon d'Achille (35,8 %), à la cheville (25,7 %) et au tendon du triceps (23 %).

- A la cheville, les dépôts d'UMS étaient localisés préférentiellement au niveau de l'articulation tibio-talienne (38/148 ; 25,7 %), des tendons fibulaires (22/148 ; 14,9 %), du tendon d'Achille (53/148 ; 35,8 %) et des ligaments collatéraux médiaux et latéraux (10/148 ; 6,8 %).

- Au genou, les localisations les plus fréquentes se situaient aux ménisques (31/148 ; 21 %), puis au tendon poplité (30/148 ; 20,3 %), au tendon du quadriceps (24/148 ; 16,2 %), aux ligaments croisés (24/148 ; 16,2 %) et au niveau du ligament patellaire (18/148 ; 12,2 %).
- Au coude, l'atteinte la plus fréquente était représentée par le tendon tricipital (34/148 ; 23 %), la bourse olécraniennne (13/148 ; 7,2 %) et l'articulation dans 2,7 % des cas (4/148).
- Au poignet l'atteinte du carpe représentait 16,2 % des cas (24/148) et l'atteinte des tendons 5,4 % des cas (8/148).
- A la main, l'atteinte ténosynoviale était la plus fréquente (16/148 ; 15,6 %) suivie des MCP (13/148 ; 8,8 %) et des IPP/IPD (12/148 ; 8,1 %).

Au vu des données actuelles de la littérature, le scanner double énergie paraît intéressant en cas de doute diagnostique en seconde intention (après la négativité de la lecture des cristaux au microscope à lumière polarisée) ou troisième intention (après l'échographie). Il peut être précieux chez un patient porteur d'un rhumatisme inflammatoire authentique pour éliminer une atteinte goutteuse secondaire associée. Une étude montrait ainsi que 41 % des patients goutteux avaient déjà un rhumatisme inflammatoire concomitant (23) ; ce qui peut aboutir, si le diagnostic de goutte n'est pas établi, à une escalade thérapeutique vers les biothérapies, inutiles voire dangereuses. Il semble également judicieux de proposer le scanner double énergie rapidement aux patients chez qui le gold standard n'est pas réalisable (articulation profonde ou non ponctionnable, situation d'hypocoagulabilité). Cette imagerie permet en outre une cartographie complète et précise la présence de tophi au niveau d'un site articulaire (pied, genou, etc...) comme par exemple la fossette du poplité au genou ou certains tendons (tendon d'Achille, tendon tricipital). Nul doute que la littérature va s'enrichir dans les prochaines années, parallèlement à l'expérience des rhumatologues et des radiologues, avec le déploiement des DECT sur les prochaines générations de scanner, ce qui permettra, s'il est utilisé à bon escient, un progrès dans la prise en charge de ce rhumatisme fréquent et invalidant, pas toujours facile à diagnostiquer en pratique.

## **CONCLUSIONS**

## UNIVERSITE DE BOURGOGNE

THESE SOUTENUE PAR Mr RAMON André

### CONCLUSIONS

Le scanner double énergie semble être une modalité d'imagerie particulièrement intéressante offrant de nouvelles perspectives dans l'exploration de la pathologie goutteuse.

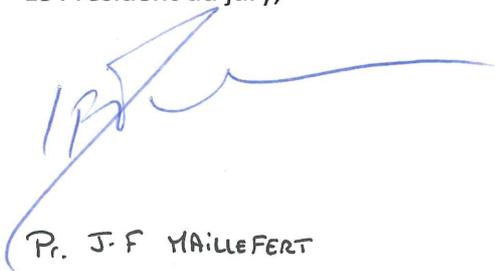
Cette revue de la littérature retrouve une bonne faisabilité de cet examen sous réserve d'un accès encore limité à certains centres et de son caractère irradiant, avec néanmoins des doses d'irradiations délivrées faibles.

La reproductibilité du DECT pour la quantification volumique des dépôts d'UMS est excellente avec des ICC > 0,90 tant en intra-observateur qu'en inter-observateur. La reproductibilité pour la détection des dépôts d'UMS (articulaire et osseux) est également excellente variant de 0,77 à 0,97 selon les séries.

La validité du scanner double énergie est bonne avec une sensibilité et une spécificité poolées > 0,8 en comparaison à la mise en évidence de cristaux d'UMS sur le liquide synovial qui reste le gold standard. La comparaison avec les autres examens d'imagerie de référence dans la goutte comme l'échographie est en faveur du DECT, sous réserve que toutes ces études n'utilisent pas la ponction articulaire comme gold standard. Toutefois, l'échographie semblerait plus sensible dans les formes précoces grâce au signe du double contour. L'absence de données évaluant les capacités du scanner double énergie à différencier le type d'arthrite microcristalline (CCA versus goutte) mérite cependant des études complémentaires. La sensibilité au changement sous traitement hypo-uricémiant retrouve des résultats discordants selon les études, ce qui ne permet pas d'envisager à l'heure actuelle cet examen dans le suivi des patients sous traitement.

En conclusion, le scanner double énergie présente un intérêt dans la goutte en cas de doute diagnostique, en seconde intention (ponction articulaire non contributive, site non accessible à la ponction, etc...) ou en troisième ligne après bilan échographique non contributif et permet une cartographie précise des dépôts uratiques intra et extra-articulaires.

Le Président du jury,



Pr. J-F MAILLEFERT

Vu et permis d'imprimer

Dijon, le 10 MARS 2017

Le Doyen, Pr. F. HUET



## **BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE :

1. Bardin T, Bouée S, Clerson P, Chalès G, Flipo R-M, Lioté F, et al. Prevalence of Gout in the Adult Population of France. *Arthritis Care Res*. 2016 Feb;68(2):261–6.
2. Mccarty DJ, Hollander JL. Identification of urate crystals in gouty synovial fluid. *Ann Intern Med*. 1961 Mar;54:452–60.
3. Owens D, Whelan B, McCarthy G. A survey of the management of gout in primary care. *Ir Med J*. 2008 May;101(5):147–9.
4. Segal JB, Albert D. Diagnosis of crystal-induced arthritis by synovial fluid examination for crystals: lessons from an imperfect test. *Arthritis Care Res Off J Arthritis Health Prof Assoc*. 1999 Dec;12(6):376–80.
5. Gordon C, Swan A, Dieppe P. Detection of crystals in synovial fluids by light microscopy: sensitivity and reliability. *Ann Rheum Dis*. 1989;48(9):737–742.
6. Schumacher HR, Sieck MS, Rothfuss S, Clayburne GM, Baumgarten DF, Mochan BS, et al. Reproducibility of synovial fluid analyses. A study among four laboratories. *Arthritis Rheum*. 1986 Jun 1;29(6):770–4.
7. Essen RV, Hölttä AMH. Quality Control of the Laboratory Diagnosis of Gout by Synovial Fluid Microscopy. *Scand J Rheumatol* [Internet]. 2009 Jul 12 [cited 2017 Feb 13]; Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/03009749009095048>
8. Lioté F, Nguyen C. Goutte: critères de diagnostic, de classification et de qualité de vie. *Rev Rhum Monogr*. 2010;77(2):144–147.
9. Janssens HJ, Janssen M, van de Lisdonk EH, Fransen J, van Riel PL, van Weel C. Limited validity of the American College of Rheumatology criteria for classifying patients with gout in primary care. *Ann Rheum Dis*. 2010;69(6):1097–1102.
10. Janssens HJ, Fransen J, van de Lisdonk EH, van Riel PL, van Weel C, Janssen M. A diagnostic rule for acute gouty arthritis in primary care without joint fluid analysis. *Arch Intern Med*. 2010;170(13):1120–1126.
11. Neogi T, Jansen TLTA, Dalbeth N, Fransen J, Schumacher HR, Berendsen D, et al. 2015 Gout Classification Criteria: an American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism collaborative initiative. *Arthritis Rheumatol* Hoboken NJ. 2015 Oct;67(10):2557–68.
12. Vandervaeren D, Kirsch J. La tomodensitométrie en double énergie : une avancée dans l'identification radiologique des lithiases uriques. *Prog En Urol*. 2008 Oct;18(9):562–5.
13. Karçaaltıncaba M, Aktaş A. Dual-energy CT revisited with multidetector CT: review of principles and clinical applications. *Diagn Interv Radiol*. 2011;17(3):181–194.

14. Diekhoff T, Ziegeler K, Feist E, Kiefer T, Mews J, Hamm B, et al. First experience with single-source dual-energy computed tomography in six patients with acute arthralgia: a feasibility experiment using joint aspiration as a reference. *Skeletal Radiol*. 2015 Nov;44(11):1573–7.
15. Nicolaou S, Yong-Hing CJ, Galea-Soler S, Hou DJ, Louis L, Munk P. Dual-energy CT as a potential new diagnostic tool in the management of gout in the acute setting. *AJR Am J Roentgenol*. 2010 Apr;194(4):1072–8.
16. Glazebrook KN, Guimarães LS, Murthy NS, Black DF, Bongartz T, Manek NJ, et al. Identification of intraarticular and periarticular uric acid crystals with dual-energy CT: initial evaluation. *Radiology*. 2011 Nov;261(2):516–24.
17. Boers M, Brooks P, Strand CV, Tugwell P. The OMERACT filter for Outcome Measures in Rheumatology. *J Rheumatol*. 1998 Feb;25(2):198–9.
18. Dalbeth N, Schauer C, Macdonald P, Perez-Ruiz F, Schumacher HR, Hamburger S, et al. Methods of tophus assessment in clinical trials of chronic gout: a systematic literature review and pictorial reference guide. *Ann Rheum Dis*. 2011 Apr;70(4):597–604.
19. Choi HK, Al-Arfaj AM, Eftekhari A, Munk PL, Shojania K, Reid G, et al. Dual energy computed tomography in tophaceous gout. *Ann Rheum Dis*. 2009 Oct;68(10):1609–12.
20. Choi HK, Burns LC, Shojania K, Koenig N, Reid G, Abufayyah M, et al. Dual energy CT in gout: a prospective validation study. *Ann Rheum Dis*. 2012 Sep;71(9):1466–71.
21. Rajan A, Aati O, Kalluru R, Gamble GD, Horne A, Doyle AJ, et al. Lack of change in urate deposition by dual-energy computed tomography among clinically stable patients with long-standing tophaceous gout: a prospective longitudinal study. *Arthritis Res Ther*. 2013 Oct 23;15(5):R160.
22. Bongartz T, Glazebrook KN, Kavros SJ, Murthy NS, Merry SP, Franz WB, et al. Dual-energy CT for the diagnosis of gout: an accuracy and diagnostic yield study. *Ann Rheum Dis*. 2015 Jun;74(6):1072–7.
23. Huppertz A, Hermann K-GA, Diekhoff T, Wagner M, Hamm B, Schmidt WA. Systemic staging for urate crystal deposits with dual-energy CT and ultrasound in patients with suspected gout. *Rheumatol Int*. 2014 Jun;34(6):763–71.
24. Sun Y, Chen H, Zhang Z, Ma L, Zhou J, Zhou Y, et al. Dual-energy computed tomography for monitoring the effect of urate-lowering therapy in gouty arthritis. *Int J Rheum Dis*. 2015 Nov;18(8):880–5.
25. Kiefer T, Diekhoff T, Hermann S, Stroux A, Mews J, Blobel J, et al. Single source dual-energy computed tomography in the diagnosis of gout: Diagnostic reliability in comparison to digital radiography and conventional computed tomography of the feet. *Eur J Radiol*. 2016 Oct;85(10):1829–34.

26. Shi D, Xu J-X, Wu H-X, Wang Y, Zhou Q-J, Yu R-S. Methods of assessment of tophus and bone erosions in gout using dual-energy CT: reproducibility analysis. *Clin Rheumatol*. 2015 Apr;34(4):755–65.
27. Dalbeth N, Aati O, Gao A, House M, Liu Q, Horne A, et al. Assessment of tophus size: a comparison between physical measurement methods and dual-energy computed tomography scanning. *J Clin Rheumatol Pract Rep Rheum Musculoskelet Dis*. 2012 Jan;18(1):23–7.
28. Bayat S, Aati O, Rech J, Sapsford M, Cavallaro A, Lell M, et al. Development of a Dual-Energy Computed Tomography Scoring System for Measurement of Urate Deposition in Gout. *Arthritis Care Res*. 2016 Jun;68(6):769–75.
29. Dalbeth N, House ME, Aati O, Tan P, Franklin C, Horne A, et al. Urate crystal deposition in asymptomatic hyperuricaemia and symptomatic gout: a dual energy CT study. *Ann Rheum Dis*. 2015 May;74(5):908–11.
30. Dalbeth N, Kalluru R, Aati O, Horne A, Doyle AJ, McQueen FM. Tendon involvement in the feet of patients with gout: a dual-energy CT study. *Ann Rheum Dis*. 2013 Sep 1;72(9):1545–8.
31. Zhu L, Wu H, Wu X, Sun W, Zhang T, Ye L, et al. Comparison Between Dual-Energy Computed Tomography and Ultrasound in the Diagnosis of Gout of Various Joints. *Acad Radiol*. 2015 Dec;22(12):1497–502.
32. Ogdie A, Taylor WJ, Weatherall M, Fransen J, Jansen TL, Neogi T, et al. Imaging modalities for the classification of gout: systematic literature review and meta-analysis. *Ann Rheum Dis*. 2015 Oct;74(10):1868–74.
33. Ahmad Z, Gupta AK, Sharma R, Bhalla AS, Kumar U, Sreenivas V. Dual energy computed tomography: a novel technique for diagnosis of gout. *Int J Rheum Dis*. 2016 Apr 29;
34. Gruber M, Bodner G, Rath E, Supp G, Weber M, Schueller-Weidekamm C. Dual-energy computed tomography compared with ultrasound in the diagnosis of gout. *Rheumatol Oxf Engl*. 2014 Jan;53(1):173–9.
35. Hu H-J, Liao M-Y, Xu L-Y. Clinical utility of dual-energy CT for gout diagnosis. *Clin Imaging*. 2015 Oct;39(5):880–5.
36. Araujo EG, Bayat S, Petsch C, Englbrecht M, Faustini F, Kleyer A, et al. Tophus resolution with pegloticase: a prospective dual-energy CT study. *RMD Open*. 2015 Jun 1;1(1):e000075.
37. Gervaise A, Teixeira P, Villani N, Lecocq S, Louis M, Blum A. Optimisation et réduction de la dose des scanners en pathologie ostéoarticulaire. *J Radiol Diagn Interv*. 2013 avril;94(4):383–401.

38. Biswas D, Bible JE, Bohan M, Simpson AK, Whang PG, Grauer JN. Radiation exposure from musculoskeletal computerized tomographic scans. *J Bone Joint Surg Am*. 2009 Aug;91(8):1882–9.
39. Mallinson PI, Coupal T, Reisinger C, Chou H, Munk PL, Nicolaou S, et al. Artifacts in dual-energy CT gout protocol: a review of 50 suspected cases with an artifact identification guide. *AJR Am J Roentgenol*. 2014 Jul;203(1):W103-109.
40. Fritz J, Henes JC, Fuld MK, Fishman EK, Horger MS. Dual-Energy Computed Tomography of the Knee, Ankle, and Foot: Noninvasive Diagnosis of Gout and Quantification of Monosodium Urate in Tendons and Ligaments. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2016 Feb;20(1):130–6.
41. Terslev L, Gutierrez M, Christensen R, Balint PV, Bruyn GA, Delle Sedie A, et al. Assessing Elementary Lesions in Gout by Ultrasound: Results of an OMERACT Patient-based Agreement and Reliability Exercise. *J Rheumatol*. 2015;42(11):2149–2154.
42. Glazebrook KN, Kakar S, Ida CM, Laurini JA, Moder KG, Leng S. False-negative dual-energy computed tomography in a patient with acute gout. *J Clin Rheumatol Pract Rep Rheum Musculoskelet Dis*. 2012 Apr;18(3):138–41.
43. Perez-Ruiz F, Martin I, Canteli B. Ultrasonographic measurement of tophi as an outcome measure for chronic gout. *J Rheumatol*. 2007 Sep;34(9):1888–93.
44. Sun Y, Ma L, Zhou Y, Chen H, Ding Y, Zhou J, et al. Features of urate deposition in patients with gouty arthritis of the foot using dual-energy computed tomography. *Int J Rheum Dis* [Internet]. 2013 [cited 2015 Nov 9]; Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1756-185X.12194/full>
45. Mallinson PI, Reagan AC, Coupal T, Munk PL, Ouellette H, Nicolaou S. The distribution of urate deposition within the extremities in gout: a review of 148 dual-energy CT cases. *Skeletal Radiol*. 2014 Mar;43(3):277–81.

## **TABLE DES MATIERES**

<b><u>INTRODUCTION</u></b> .....	12
1. Gold standard.....	13
2. Critères de classification clinique.....	14
3. Le scanner double énergie.....	15
<b><u>REVUE DE LA LITTERATURE</u></b> .....	20
1. Méthodes.....	21
1.1.Procédure de sélection des données.....	21
1.2.Extraction des données.....	21
2. Evaluation des propriétés psychométriques.....	22
2.1.Résultats.....	23
2.2.Faisabilité.....	23
2.3.Reproductibilité.....	24
2.4.Validité.....	25
2.5.Sensibilité au changement.....	27
<b><u>DISCUSSION</u></b> .....	28
<b><u>CONCLUSIONS</u></b> .....	33

TITRE DE LA THESE : Place du scanner double énergie dans le diagnostic et le suivi des patients goutteux : analyse systématique de la littérature.

AUTEUR : André RAMON

RESUME :

Introduction. Le scanner double énergie est une nouvelle technique tomodensitométrique d'introduction récente dans l'imagerie de la goutte. Le but de cette revue systématique est d'évaluer ses capacités diagnostiques dans la pathologie goutteuse et sa place potentielle dans le suivi des patients goutteux sous traitement hypo-uricémiants (THU).

Méthodes. Une analyse systématique de la littérature a été conduite à partir des bases de données MEDLINE, Cochrane et des résumés publiés des congrès internationaux jusqu'en décembre 2016, en sélectionnant les articles évaluant au moins un des critères du filtre OMERACT : la faisabilité, la reproductibilité intra et inter-observateur, la validité de l'examen versus les autres examens complémentaires de référence dans cette pathologie et sa sensibilité au changement sous THU.

Résultats. Parmi 107 articles retrouvés par l'équation de recherche, 29 ont été retenus dans l'analyse finale représentant une population cumulée de 1240 patients. Les données sur la faisabilité retrouvaient un examen peu chronophage, avec une bonne acceptabilité et avec un taux d'irradiation par site faible. Les reproductibilités intra et inter-observateur (quantification volumique) étaient excellentes, avec des coefficients de corrélation intra-classe  $> 0,9$ . La reproductibilité inter-observateur (détection des dépôts d'UMS) était bonne avec des coefficients kappa variant de 0,57 à 0,87. Les données sur la validité versus le gold standard (recherche de cristaux en lumière polarisée sur liquide articulaire) retrouvaient une bonne sensibilité et spécificité,  $> 80\%$  sur les données poolées. La validité du DECT était meilleure que celles de la radiographie et du scanner conventionnel et légèrement supérieure à celle de l'échographie réalisée par des experts en termes d'aire sous la courbe, mais sur un échantillon limité de patients. La sensibilité au changement retrouvait des tailles d'effet variables s'échelonnant de 0,10 à 1,26 pour la variation de volume des dépôts uratiques sous THU. Une étude seulement retrouvait une corrélation entre l'évolution de l'uricémie plasmatique et la réduction du volume des dépôts uratiques.

Conclusion. Le scanner double énergie est un examen valide et reproductible dans la goutte, avec une bonne sensibilité et spécificité pour le diagnostic de goutte versus les examens complémentaires de référence. Il paraît être un examen de choix en seconde ligne, en cas de doute diagnostique et/ou d'impossibilité de porter le diagnostic sur l'analyse du liquide articulaire. Les données sur l'intérêt du scanner double énergie pour le suivi des patients sous THU restent pour l'instant discordantes et nécessitent des études complémentaires.

Mots clés : scanner double énergie, revue de la littérature, goutte