

## 1. Introduction

La tomodynamométrie conventionnelle présente un seul spectre d'énergie, ainsi, de nombreux matériaux de numéros atomiques différents peuvent avoir des valeurs d'atténuation similaires<sup>1</sup>. Cela rend la différenciation et la classification des différents types de tissus difficiles. La TDM double énergie peut faire la différence, car les mesures d'atténuation obtenues avec une deuxième énergie, permettent de décomposer un mélange de deux ou trois matériaux en ses matériaux constitutifs<sup>2,3</sup>. En outre, cela permettrait la diminution du produit de contraste tout en gardant une qualité d'image suffisante pour la pose de diagnostic.

## 2. Objectif

Le but de cette scoping review est de synthétiser les moyens pour réduire le volume de produit de contraste injecté aux patients lors d'un examen CT à double énergie, en comparaison des examens CT à simple énergie (SECT).

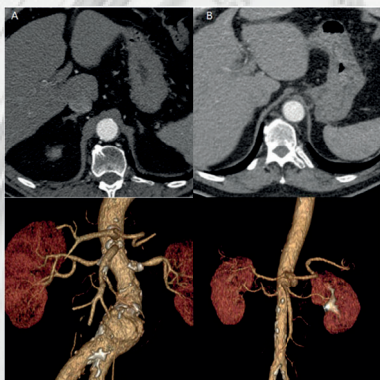


Figure 1: vues axiales et reconstructions en VR de angiographies aortiques tomodynamométriques (CTA) a) SECT CTA avec 100% de volume de PCI b) DECT CTA avec 50% de volume de PCI<sup>4</sup>.

## 3. Méthode

### Identification de documents via les bases de données et sites web

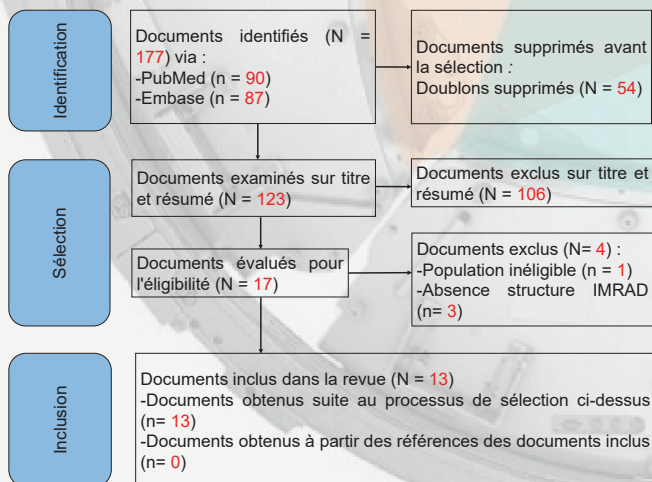


Figure 2: Résultats de la recherche et du processus de sélection des documents<sup>5,6</sup>.

### Critères d'inclusion:



## 7. Références

<sup>1</sup>Odedra et al. (2022). Dual Energy CT Physics: A Primer for the Emergency Radiologist. *Frontiers in Radiology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fradi.2022.820430>

<sup>2</sup>McCollough et al. (2015). Dual- and Multi-Energy CT: Principles, Technical Approaches, and Clinical Applications. *Radiology*, 276(3), 637–653. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015142631>

<sup>3</sup>Coursey et al. (2010). Dual-energy multidetector CT: how does it work, what can it tell us, and when can we use it in abdominopelvic imaging? *Radiographics*: a review publication of the Radiological Society of North America, Inc, 30(4), 1037–1055. <https://doi.org/10.1148/rg.304095175>

<sup>4</sup>Carrasosa et al. (2014). Substantial iodine volume load reduction in CT angiography with dual-energy imaging: Insights from a pilot randomized study. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, 30(8), 1v613-1620. <https://doi.org/10.1007/s10554-014-0501-1>

<sup>5</sup>Page et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001>

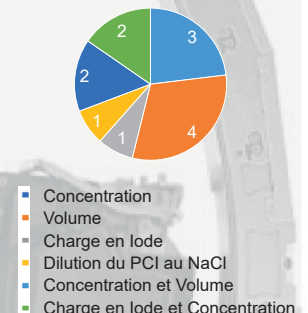
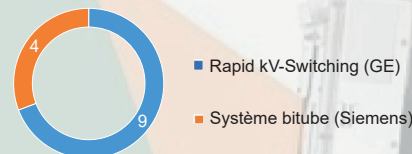
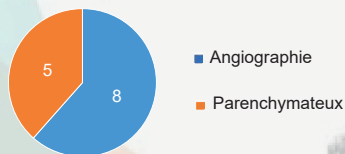
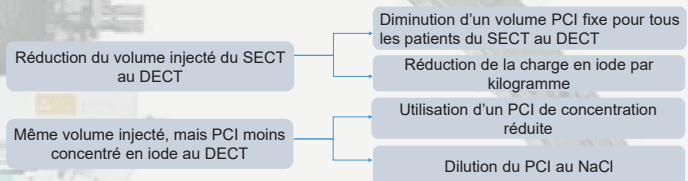
<sup>6</sup>Tricco et al. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>

<sup>7</sup>Singh, R., et al. (2019). Comparison of image quality and radiation doses between rapid kV-switching and dual-source DECT techniques in the chest. *European Journal of Radiology*, 119, 108639. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.08.008>

<sup>8</sup>Zou, Y., & Silver, M. D. (2008). Analysis of fast kV-switching in dual energy CT using a pre-reconstruction decomposition technique (J. Hsieh & E. Samei, Eds., p. 691313). <https://doi.org/10.1117/12.772826>

## 4. Résultats

Treize articles ont été inclus dans la scoping review. La plus étudiée est celle des adultes. En effet, 11 articles sur 13 concernent les adultes, contre 2 sur 13 pour les enfants. Un total de 82 filles et 98 garçons ont été étudiés dans deux études et 231 femmes et 311 hommes dans les études restantes. Plusieurs techniques de réduction du PCI lors du DECT sont utilisées dans les articles inclus telles que le volume (30-50%), la concentration (14,3-28%), la charge en iode par kilogramme (50%), la dilution du PCI au NaCl (30-50%) et parfois il y a une cumulation de deux techniques différentes, comme la concentration et le volume (37-70%) et la concentration et la charge en iode par kilogramme (28-50%). Les régions anatomiques les plus investiguées sont la région thoraco-abdomino-pelvienne (TAP) ainsi que l'abdomen uniquement, et la majorité des articles porte sur des angiographies.



## 5. Discussion

Les enfants ayant moins de comorbidités que les adultes et étant également plus radiosensibles, ne subissent pas autant d'examen CT que la population adulte.

L'intérêt de la double énergie dans l'angiographie est largement démontré par plusieurs études. Une des principales applications est l'élimination automatisée des os. Cela permet d'obtenir des images plus claires des vaisseaux sanguins en supprimant efficacement les structures osseuses, ce qui facilite le diagnostic et la planification des traitements.

Les technologies DECT utilisées dans les différents articles sont la commutation rapide, proposée par GE ou double source, proposée par Siemens. La technologie du rapid kV-switching de GE, mise en œuvre dans 10 articles, offre des avantages tels qu'une résolution temporelle élevée pour l'acquisition de données à double énergie<sup>7</sup>. En outre, une des fonctions du GE Discovery CT750HD, VolumeShuttle, améliore considérablement la faisabilité des examens d'angiographie. La technologie de Siemens permet une bonne séparation des énergies, ce qui est un vrai atout pour l'imagerie cardio-thoracique ainsi que pédiatrique<sup>8</sup>. Aucun article inclus a utilisé la technologie DECT à double couche de Philips.

## 6. Conclusion

D'après notre scoping review, il semble être possible de réaliser différents examens en clinique avec une quantité plus petite de PCI. Pour cela plusieurs techniques de réduction du PCI sont possibles, ainsi que plusieurs technologies DECT. Pour confirmer cela, il faudrait faire une revue systématique afin d'évaluer la qualité des articles inclus.

# L'utilisation de l'intelligence artificielle dans le contourage des organes à risque en radio-oncologie : une scoping review

Melissa Götz, Thi Quynh Nhi La, HESAV - Haute École de Santé Vaud  
Filière Technique en Radiologie Médicale  
Directeur du travail : Laurent Marmy & Référente du travail : Mélanie Champendal

## 1. Introduction

La radiothérapie en radio-oncologie (RO) consiste à traiter une tumeur via l'irradiation. L'enjeu de ce traitement est d'irradier suffisamment le volume cible (PTV) tout en protégeant les tissus sains alentours appelés Organes à Risque (OARs), d'où l'importance du contourage. La difficulté du contourage manuel se situe entre autres dans sa grande variabilité inter-utilisateurs et sa caractéristique chronophage. La segmentation automatique par l'intelligence artificielle (IA) amènerait une solution à cette problématique.

- **Robustesse** : faible diversité des bases de données et leur petite taille critiquées par l'avis subjectif des auteurs de 7 études<sup>1,2,5-7,9,10</sup>
- **Opinions subjectives sur le contourage** : 5 études<sup>3,4,6,8,11</sup> ressortent le fait que les experts préfèrent en général les contours réalisés par l'IA

## 2. Objectifs

- Synthétiser l'état de la littérature scientifique au sujet de l'utilisation de l'IA en RO pour le contourage des OARs.
- Identifier les différents apports de l'exploitation de ces logiciels et leurs limites
- Recenser les programmes d'auto-segmentation basés sur l'IA rencontré cette scoping review.

Tableau 1: apports et limites relevés selon catégories

Auteurs (date parution)	Région	Apports			Limite			Autres
		Précision	Temps	Dose	Précision	Temps	Dose	
Chen et al. (2022)	Abdomen-pelvis	X	X				X	X
Ding et al. (2022)	Abdomen	X	X		X			X
Gao et al. (2021)	Tête et cou	X	X		X	X		X
Haq et al. (2020)	Thorax	X	X				X	X
Johnston et al. (2022)	Thorax	X			X		X	X
Kim et al. (2021)	Tête et cou	X	X		X			X
Thor et al. (2021)	Tête et cou	X		X	X		X	X
Vaassen et al. (2019)	Thorax		X			X		X
Watkins et al. (2021)	Corps entier (moelle épinière)	X					X	X
Zhang et al. (2021)	Abdomen	X	X		X			X
Zhong et al. (2021)	Tête et cou	X	X		X		X	X

## 3. Méthode

La scoping review a été conduite conformément à la méthodologie du JBI pour les scoping reviews (Peters et al., 2020).

- Critères d'inclusion** : tous OARs, types d'IA et radiothérapie, publié entre 2017-2022, langue française ou anglaise  
**Recherche** : PubMed et EMBASE  
**Sélection** : Rayyan puis Excel

L'architecture d'IA la plus couramment rencontrée dans cette revue est le logiciel U-net basé sur le réseau de neurones convolutifs (Convolutional Neural Network [CNN]).

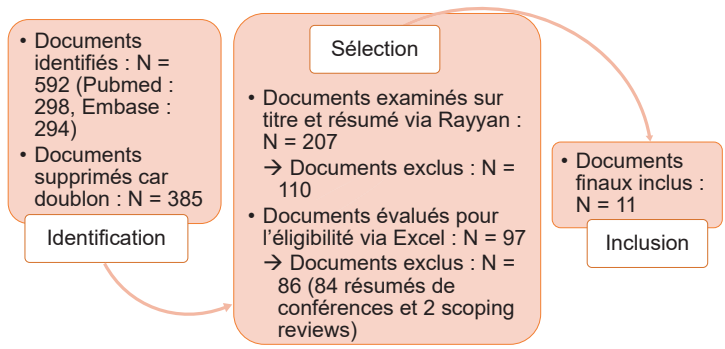


Figure 1 : Résultats de la recherche et du processus de sélection des documents

## 4. Résultats

- Ainsi onze articles sont retenus<sup>1-11</sup> (tableau 1) :
- **Précision géométrique** : 10 études<sup>1-7,9-11</sup> mentionnent une similarité entre manuelle et automatique via l'IA, exception pour les OARs : œsophage<sup>9</sup>, rectum<sup>1,9</sup>, côlon<sup>1</sup>, moelle épinière<sup>6</sup> et certains petits OARs de la tête et du cou<sup>3,6,11</sup>.
  - **Temps** : gain relevé dans 7 études<sup>1-4,6,8,10,11</sup> avec une réduction maximale de 30min<sup>6</sup>
  - **Dosimétrie** : valeurs mesurées peu significatives dans 3 études<sup>4,5,7</sup> et une péjoration constatée dans 2 études<sup>1,9</sup>

## 5. Discussion

- ✓ Précision géométrique de la segmentation par l'IA comparable au manuel<sup>1-6,9-11</sup>
- ✓ Gain de temps quasiment systématique<sup>1-4,6,8,10,11</sup>
- ✓ Auto-segmentation subjectivement préférée par une majorité d'experts<sup>4,6,11</sup> → met en valeur la confiance entre pairs
- ✗ Les organes complexes de petite taille, avec de faibles différences de contraste ou en constant mouvements péjorent la précision géométrique de l'auto-segmentation par l'IA<sup>1-3,6</sup>
- ✗ Par conséquent, les corrections de contourage impliquent une perte de temps<sup>5,8</sup>
- ✗ Faible robustesse<sup>10</sup>
- ✗ Absence de consensus sur les guidelines<sup>8,6,11</sup>

## 6. Conclusion

L'auto-segmentation via l'IA est très prometteuse au niveau de la précision géométrique et du gain de temps. Peu d'impact sur la dosimétrie a été relevé et un enrichissement des bases de données employées est conseillé pour améliorer la robustesse des logiciels basés sur le deep learning. Enfin, l'architecture d'IA la plus fréquemment rencontrée était le CNN.

Références

- Chen, A., Chen, F., Li, X., Zhang, Y., Chen, L., Chen, L. & Zhu, J. (2022). A Feasibility Study of Deep Learning-Based Auto-Segmentation Directly Used in VMAT Planning Design and Optimization for Cervical Cancer. *Frontiers in Oncology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.908903>
- Ding, J., Zhang, Y., Amjad, A., Xu, J., Thill, D. & Li, X.A. (2022). Automatic Contour Refinement for Deep Learning Adaptive Radiation Therapy. *Advances in Radiation Oncology*, 7(5). <http://doi.org/10.1016/j.ajro.2022.07.2187>
- Gao, Y., Huang, R., Yang, Y., Zhang, J., Shao, K., Tao, C., Chen, Y., Metaxas, D.N., Li, H. & Chen, M. (2021). FocusNetV2: Imbalanced large and small organ segmentation with adversarial shape constraint for head and neck CT images. *Medical Image Analysis*, 67. <http://doi.org/10.1016/j.media.2020.101831>
- Haq, R., Hotca, A., Apte, A., Rimmer, A. & Deasy, J.O.; Thor, M. (2020). Cardio-pulmonary structure segmentation of radiotherapy computed tomography images using convolutional neural networks for clinical outcomes analysis. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, 14, 61-66. <http://doi.org/10.1016/j.phro.2020.05.009>
- Johnston, N., Die Ryckes, J., Lievens, Y., van Eijkeren, M., Aelterman, J., Vandersmissen, E., Ponte, S. & Vanderstraete, B. (2022). Dose-volume-based evaluation of convolutional neural network-based auto-segmentation of thoracic organs at risk. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, 23, 109-117. <http://doi.org/10.1016/j.phro.2022.07.004>
- Kim, N., Chun, J., Chang, J.S., Lee, C.G.; Keum, K.C. & Kim, J.S. (2021). Feasibility of continual deep learning-based segmentation for personalized adaptive radiation therapy in head and neck area. *Cancers*, 13(4), 1-19. <http://doi.org/10.3390/cancers13040702>
- Thor, M., Iyer, A., Jiang, J., Apte, A., Veeraraghavan, H., Allgood, N.B., Kouri, J.A., Zhou, Y., LoCastro, E., Elgundi, S., Hong, L., Hunt, M., Cervino, L., Aristophanous, M., Zarepisheh, M. & Deasy, J.O. (2021). Deep learning auto-segmentation and automated treatment planning for trismus risk reduction in head and neck cancer radiotherapy. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, 19, 96-101. <http://doi.org/10.1016/j.phro.2021.07.009>
- Vaassen, F., Hazelaar, C., Vanijui, A., Gooding, M., van der Heyden, B., Canters, R. & van Elmpt, W. (2019). Evaluation of measures for assessing time-saving of automatic organ-at-risk segmentation in radiotherapy. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, 13, 1-6. <http://doi.org/10.1016/j.phro.2019.12.001>
- Watkins, W.T., Qing, K., Han, C., Hui, S. & Liu, A. (2022). Auto-segmentation for total marrow irradiation. *Frontiers in Oncology*, 12. <http://doi.org/10.3389/fonc.2022.970425>
- Zhang, Y., Plautz, T.E., Hao, Y., Kinchen, C. & Li, X.A. (2019). Texture-based, automatic contour validation for online adaptive replanning: A feasibility study on abdominal organs. *Medical Physics*, 46(9), 4010-4020. <http://doi.org/10.1002/mp.13697>
- Zhong, Y., Yang, Y., Fang, Y., Wang, J. & Hu, W. (2021). A Preliminary Experience of Implementing Deep-Learning Based Auto-Segmentation in Head and Neck Cancer: A Study on Real-World Clinical Cases. *Frontiers in Oncology*, 11. <http://doi.org/10.3389/fonc.2021.638187>

# L'UTILISATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DEEP LEARNING IMAGE RECONSTRUCTION (DLIR) EN CT : UNE SCOPING REVIEW

Christel Santos Mendes, Emily Marçlay, Mélanie Champendal, Sandrine Ding  
HESAV - Haute École de Santé Vaud

## 1. Introduction

Le CT est un outil diagnostique dont l'utilisation est en constante augmentation en Suisse [1]. Les algorithmes de reconstruction d'image pour le CT évoluent aussi, en passant de la rétroprojection filtrée (FBP) à l'itératif, puis finalement aux technologies de l'intelligence artificielle (IA) comme le Deep Learning (DL) [2]. Le DL est une branche de l'IA qui permet de réaliser des fonctions compliquées normalement réalisées par des humains, telles que la conduite automatique, les robots conversationnels ou encore la reconnaissance de fracture dans le médical [3]. DLIR est un algorithme de DL qui permet la reconstruction d'image au CT [4]. Cet algorithme est au cœur de notre travail.

## 2. Objectifs

Notre travail de Bachelor aura donc pour but de réaliser une scoping review sur un algorithme de reconstruction d'IA au CT: DLIR. Notre scoping review synthétise les buts des articles sur DLIR au CT dans un contexte clinique.

## 3. Méthode

La scoping review a été conduite selon la méthodologie JBI [5]. Aucun participant n'a été exclu, en revanche les études sur les fantômes n'ont pas été retenues, pour rester dans un contexte clinique. Nous nous sommes focalisées sur le concept de DLIR Truefidelity de GE et avons inclus toutes les régions anatomiques et indications. Nous avons retenu les études expérimentales et observationnelles mais pas les résumés de conférences. PUBMED et EMBASE ont été utilisés comme bases de données. Après une sélection en double aveugle sur titres et résumés, des articles ont été exclus sur texte entier. Nous avons ensuite extrait des données des articles retenus et avons traité ces données.

### Identification de documents via les bases de données

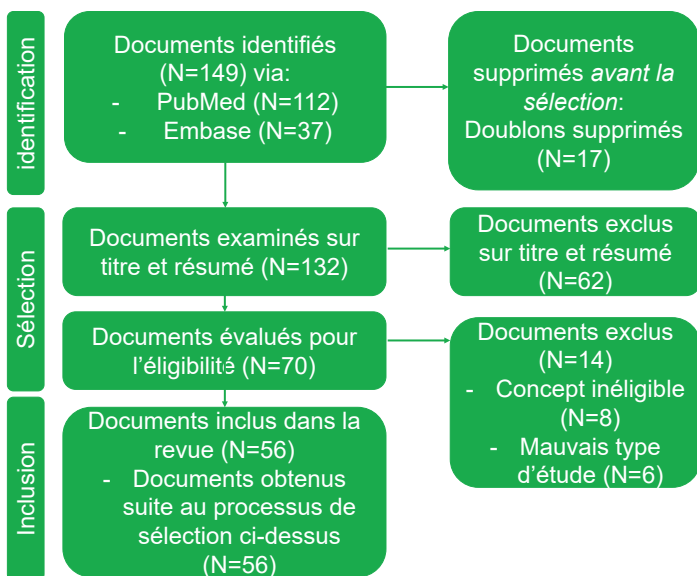


Figure 1: Diagramme Prisma des résultats de la recherche et du processus de sélection des documents [6-7]

## Références

- Andreani, T. (2021). *Équipement médico-technique des hôpitaux et des cabinets médicaux en 2019* (Office fédéral de la statistique, Éd.). Confédération suisse. <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/16864539/master>
- Singh, R., Wu, W., Wang, G., & Kalra, M. K. (2020). Artificial intelligence in image reconstruction: The change is here. *Physica Medica: PM: An International Journal Devoted to the Applications of Physics to Medicine and Biology: Official Journal of the Italian Association of Biomedical Physics (AIFB)*, 79, 113-125. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.11.012>
- Saba, L., Biswas, M., Kuppili, V., Cuadrado Godia, E., Suri, H. S., Edda, D. R., Omerzu, T., Laid, J. R., Khanna, N. N., Mavrogeni, S., Protogerou, A., Sfikakis, P. P., Viswanathan, V., Kitas, G. D., Nicolaidis, A., Gupta, A., & Suri, J. S. (2019). The present and future of deep learning in radiology. *European Journal of Radiology*, 114, 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.02.038>
- Hsieh, J., Liu, E., Nett, B., Tang, J., Thibault, J.-B., & Sahasey, S. (2019). *A new era of image reconstruction: TrueFidelity*. General Electric Company. <https://www.gehealthcare.com/-/jssmedia/040d4213fa894632871551516b01922.pdf>
- Peters, M., Godfrey, C., McInerney, P., Munn, Z., Trico, A., & Khalil, H. (2020). Chapter 11: Scoping Reviews. In E. Aromataris & Z. Munn (Éds.), *JBI Manual for Evidence Synthesis*. JBI. <https://doi.org/10.46658/JBIMES.20-12>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lulu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garrity, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>

## 4. Résultats

Cinquante-six articles ont été retenus, dont quatre publiés en 2020, 15 en 2021 et 27 en 2022. Vingt-sept études étaient de nature prospective et 32 de nature rétrospective. Au niveau de la population, trois articles concernaient les adultes obèses et sept les enfants, les autres n'avaient pas de populations spécifiques. La totalité des articles traitait de la qualité d'image. Certains articles étudiaient en outre la possibilité de réduire, avec DLIR, la dose d'irradiation (n=15) et de produit de contraste (n=4). DLIR-H est la force la plus présente dans les études et seul un article compare DLIR Truefidelity à un autre algorithme de DL. Tous les articles comparent DLIR à un algorithme itératif (ASIR) et parfois à deux forces itératives. Certains articles comparent aussi DLIR à la FBP. La région la plus explorée est l'abdomen, dont le foie et le thorax. Dix-neuf articles se concentrent sur une pathologie précise. Concernant les forces de DLIR, 20 articles ont inclus l'étude de DLIR-L en plus de DLIR-H et DLIR-M. Quatorze études ont étudié uniquement DLIR-H et DLIR-M. Les articles pédiatriques ont principalement utilisé DLIR-H, tandis que les patients obèses ont utilisé DLIR-M et DLIR-H. Les quatre articles sur le produit de contraste font partie des 41 articles qui concernent des protocoles injectés pour quinze non injectés.

### Régions

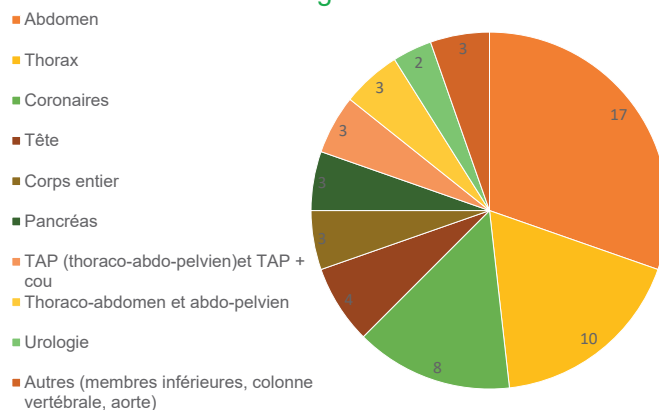


Figure 2: Régions relevées dans les articles inclus

## 5. Discussion

Les résultats reflètent le fait que DLIR est un sujet récent qui suscite un intérêt actuel au vu du nombre d'études qui évoluent avec les années. Si tous les articles envisagent la qualité d'image, environ un quart évalue également les potentialités de DLIR pour réduire la dose de rayons X et de produits de contraste. Les études sur la dose d'irradiation et la dose de produit de contraste sont dans la continuité des principes ALARA et de réduction de risque pour le patient. Les forces de DLIR sont choisies selon d'autres études antérieures et nécessitent d'être encore étudiées pour déterminer les forces idéales selon les régions et leur comparaison avec d'autres algorithmes de reconstruction.

## 6. Conclusion

Cette scoping review démontre que la reconstruction DLIR suscite un intérêt croissant dans le domaine de l'imagerie diagnostique. Les études incluses mettent en évidence l'importance de la qualité d'image, de la réduction de la dose d'irradiation et de l'évaluation précise des différentes pathologies. Ces résultats encouragent la poursuite des recherches et du développement clinique de la reconstruction DLIR afin d'améliorer les soins aux patients et d'optimiser les diagnostics.