



Revue systématique

Prothèses Implantaires : Évolution des Techniques d'Imagerie dans la Planification, 40 Ans Après. Une Revue Systématique

Implant prostheses: 40 years of evolution of imaging techniques in planning. a systematic review

Allou Amino Georgette Marina¹, Kouadio Ayepa Alain¹, Ndjoh Jules Julien², Kouamé Yao Alexis¹, Koffi N'Goran Justin¹.

RÉSUMÉ

Introduction. La réalisation des prothèses implantaires est en vogue dans le monde. L'objectif général est de faire le bilan de l'évolution sur le choix des techniques d'imagerie dans la planification d'un projet de réalisation des prothèses implanto-portées et l'état de leur mise en œuvre. **Méthode.** Une recherche des articles publiés de janvier 1980 jusqu'au 31 décembre 2020 de PubMed, Cochrane et Google Scholar, a été réalisée. Sur les **90** études retenues pour une analyse finale, **43** études traitent de la planification. **Résultats.** La technique manuelle de planification (100%) était la seule technique utilisée depuis les années 80 jusqu'à ce qu'apparaissent les techniques numériques dans les années 2006. De ce fait, la technique partiellement numérique était la plus utilisée jusqu' en 2015. En revanche, pendant ces dernières années, la technique entièrement numérique est beaucoup plus utilisée. La corrélation de l'évolution de la technique manuelle et la technique numérique montre que l'usage de la technique manuelle diminue au profit de la technique numérique. Ainsi, les radiographies panoramique et tomodynamétrique, les seules techniques utilisées depuis les années 80 jusqu'en 2005, ne sont plus utilisées depuis 2016. La nouvelle technique de radiographie, Cone beam qui a commencé à être pratiquée à partir des années 2000 est la plus utilisée au cours de ces deux décennies et est presque la seule radiographie utilisée depuis 2016. **Conclusion.** Les techniques d'imagerie dans la planification en prothèses implanto-portées au cours des 40 dernières années ont considérablement évolué.

ABSTRACT

Introduction. For multiple years now, the realization of implant prostheses has been increasingly popular throughout the world. The general objective is to review the evolution of the choice of techniques in the planning of implant-supported prostheses and the status of their implementation. **Method.** A search of published articles from January 1980 to 31 December 2020 from PubMed, Cochrane, and Google Scholar, was conducted. Of the 90 studies selected for final analysis, 43 studies dealt with planning. **Results.** The manual planning technique (100%) was the only technique used since the 1980s until the digital techniques appeared in 2006. Therefore, the partially digital technique was the most used until 2015. In contrast, during the last few years, the fully digital technique is much more used. The correlation of the evolution of the manual and digital techniques shows that the use of the manual technique is decreasing in favour of the digital technique. For example, panoramic and CT radiography, the only techniques used from the 1980s until 2005, are no longer used since 2016. The new radiography technique, Cone beam, which started to be used from the 2000s onwards, is the most used technique during these two decades and is almost the only radiography used since 2016. **Conclusion.** Imaging techniques for planning implant-supported prostheses have evolved over the last 40 years.

1. Département de Prothèse, UFR d'Odonto-stomatologie, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

2. Département de Chirurgie buccale, Maxillo-faciale et de Parodontologie, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales, Université de Yaoundé I, Cameroun

Auteur correspondant :

Allou Amino Georgette Marina
Mail : georgetteallou@yahoo.fr
Téléphone : +225 07 07 033 520

Mots clés : Planification implanto-prothétique, Implants dentaires, Prothèse Dentaire Implanto-Portée.

Keywords: Dental implants-planning, Implants, Implant-supported dental prosthesis

Article history

Submitted: 14 April 2023
Revision requested: 5 May 2023
Accepted: 19 May 2023
Published: 31 May 2023

INTRODUCTION

L'évolution de la technologie, des matériaux et des techniques a imposé les prothèses implantaires dans l'établissement de tout projet thérapeutique prothétique [1]. Cette évolution des techniques touche les phases de planification, de chirurgie et de restauration prothétique. En ce qui concerne la planification, diverses modalités d'imagerie ont été utilisées pour l'évaluation des implants

dentaires dans les différentes étapes du traitement implantaire [2]. L'évolution de l'imagerie implantaire a conduit à l'introduction de la 3D en dentisterie. Il s'agit du dentascan ou du Cone beam [3, 4]. Ces derniers permettent le transfert du projet prothétique sur la radiographie à travers des logiciels de planifications [5, 6]. Cette évolution a influencé aussi bien les protocoles chirurgicaux que prothétiques [7].

Nous assistons donc à l'évolution des techniques de réalisation des prothèses implantaire dans le monde.

POINTS SAILLANTS

Ce qui est connu du sujet

L'évolution de l'imagerie implantaire a conduit à l'introduction de la 3D en dentisterie (dentscan et Cone beam) qui permet le transfert du projet prothétique sur la radiographie à travers des logiciels de planification.

La question abordée dans cette étude

Le bilan de l'évolution des techniques d'imagerie dans la planification en prothèses implanto-portées de 1980 à 2020.

Ce que cette étude apporte de nouveau

Le panoramique dentaire et le dentscan, les seules techniques utilisées de 1980 jusqu'en 2005 ne sont plus utilisées depuis 2016. Le Cone beam introduit au début des années 2000 est désormais la technique la plus utilisée et est presque la seule utilisée depuis 2016..

Les implications pour la pratique, les politiques ou les recherches futures.

Les chirurgiens-dentistes doivent actualiser et améliorer leur pratique sur les nouvelles données en implantologie.

L'objectif du travail est de faire le bilan de l'évolution des techniques d'imageries dans la planification en prothèses implanto-portées de 1980 à nos jours.

MÉTHODES

Une recherche bibliographique des articles publiés de janvier 1980 jusqu'au 31 décembre 2020 de PubMed / MEDLINE, Cochrane et Google Scholar, a été réalisée. Les équations de recherche ont été élaborées en combinant les mots clés suivants : « implants dentaires » ; « techniques de planification » ; « prothèse dentaire implanto-portée » ; « couronnes sur implants » ;

« pose d'implant dentaire, » en anglais : « dental implants-planning », « techniques-implant-borne » ; « implant-supported dental prosthesis » ; « crown on implant » ; « implants-dental implant placement ». Les titres d'articles et les résumés ont été examinés en excluant les articles non pertinents. Ensuite, la lecture des résumés des articles sélectionnés a permis d'identifier les études répondant aux critères d'inclusion.

Critères d'inclusion

Seuls les articles portant sur la technique d'imagerie (radiographies et méthode) dans la réalisation de la planification et sur la prothèse en implantologie orale chez les sujets sains ont été inclus dans notre recherche. L'intégralité des publications retenues sont en anglais ou en français. Elles s'étalent de **1980 à 2020**, soit sur 40 ans.

Critères de non-inclusion

Les articles ne mentionnant pas explicitement la technique de réalisation de la planification, de la chirurgie et de la prothèse en implantologie orale seront exclus de la recherche. De même, les articles publiés non référencés et les articles publiés dont l'obtention du texte intégral ou abstract ne sera pas possible seront exclus.

Cette étude a été réalisée selon les recommandations PRISMA (Preferred Reporting for Systematic Reviews and Meta-analyses) qui sont les lignes directrices pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses [8].

RÉSULTATS

En somme, 43 articles ont été retenus pour conduire la présente étude.

L'édification d'un diagramme de flux (**Figure 1**) a permis d'illustrer le processus de recherche et de sélection des études.

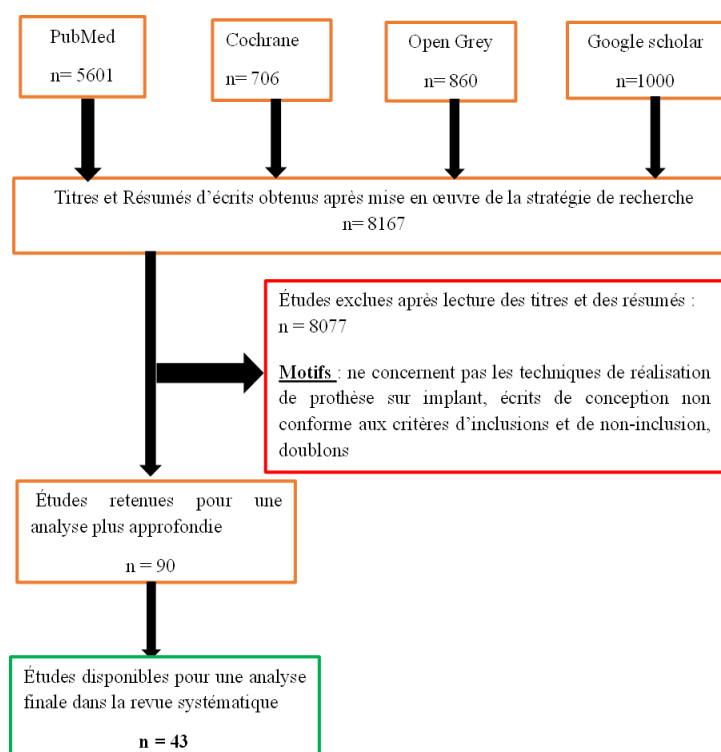


Figure 1: Diagramme de flux ou flow chart pour la sélection des articles

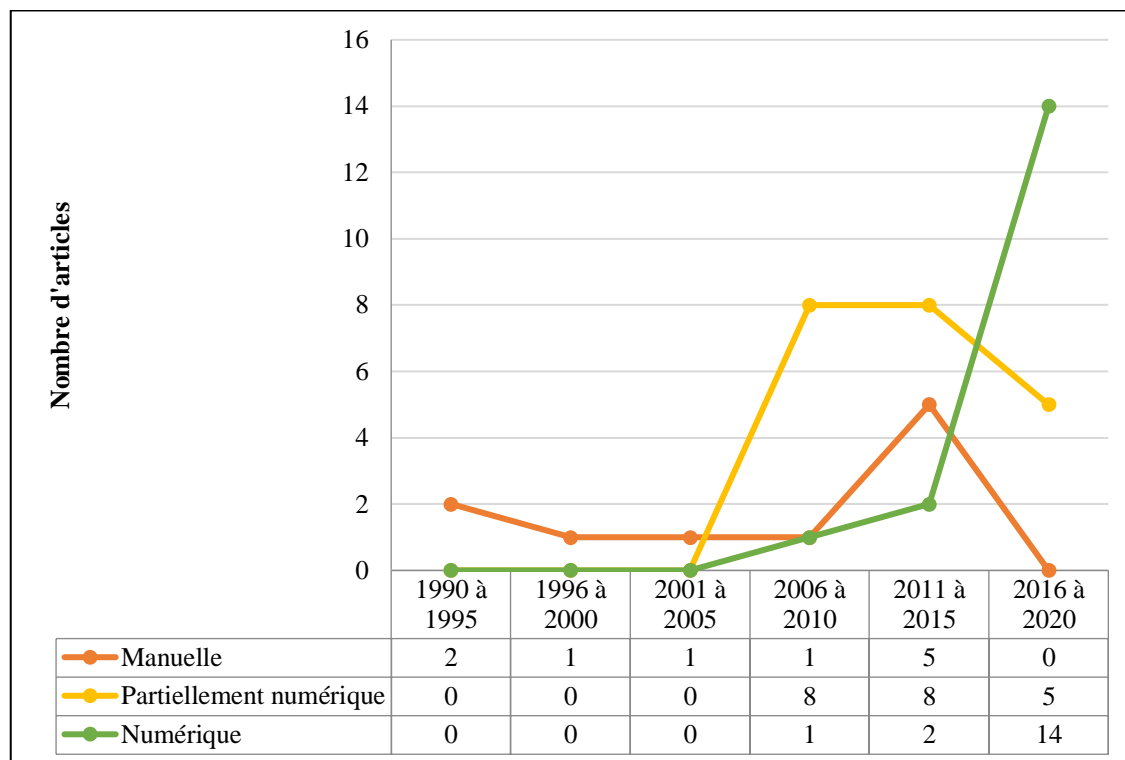


Figure 2 : Distribution des techniques d'imageries dans la planification en prothèses implanto-portées par intervalle de cinq ans au cours des 30 dernières années.

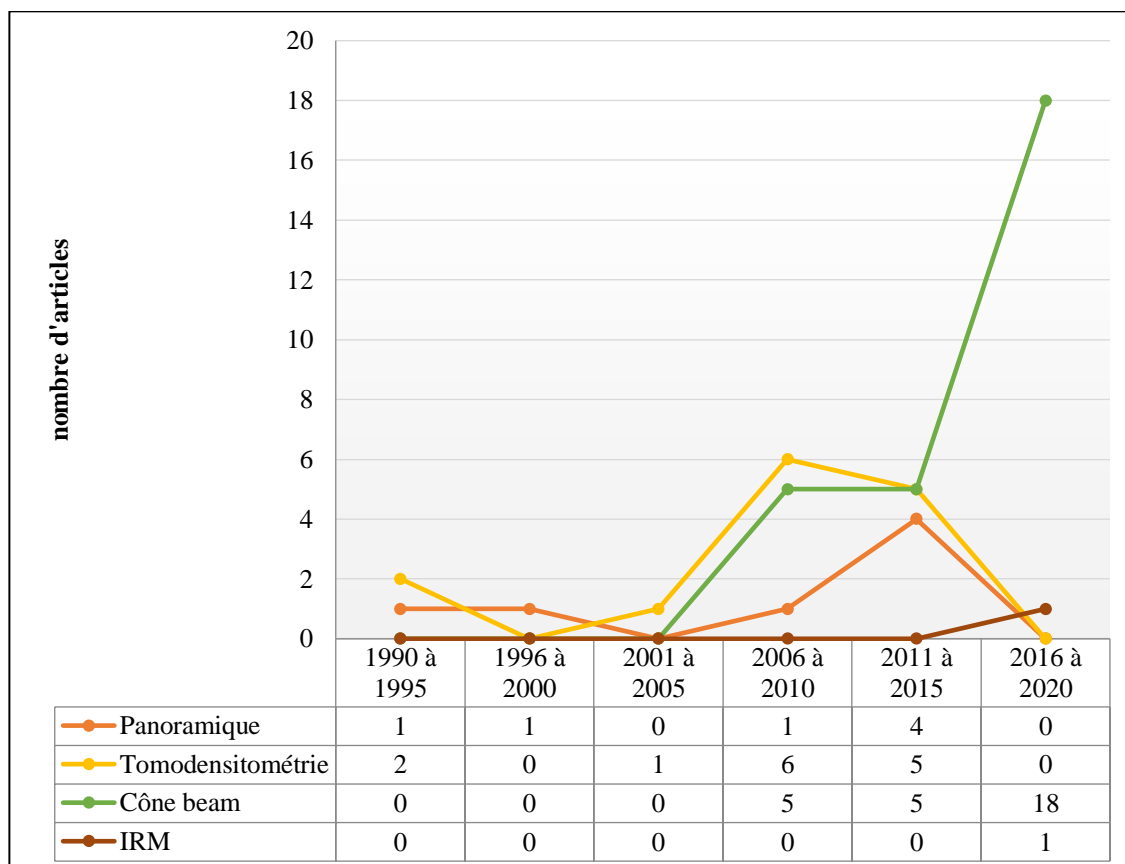


Figure 3 : Distribution des différents types d'imageries de planification en prothèses implanto-portées par intervalle de cinq ans au cours des 30 dernières années.

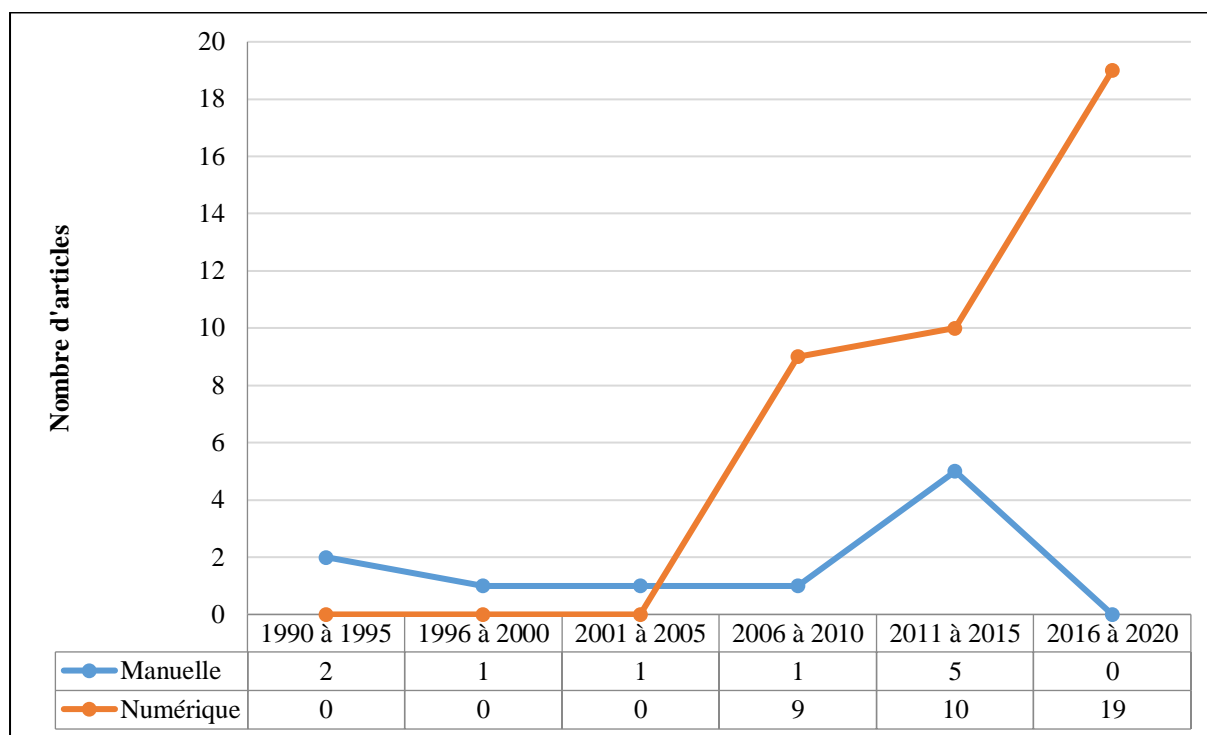


Figure 4 : Distribution des techniques d'imageries de planifications manuelle et numérique par intervalle de Cinq ans au cours des 30 dernières années. $P=0,000069$ (Il existe une différence statistiquement significative)

21,28 % des études (10) ont utilisé la technique manuelle. De plus, 30% de ces études (3) sont des rapports de cas, 50% (5) sont des études comparatives et 20% (2) sont des études de cohorte rétro-prospectives.

Un peu moins de la moitié (44,68%) des études (21) ont utilisé la technique partiellement numérique. En outre, 13 (61,90%) sont des rapports de cas et 8 des études comparatives (38,09%). Enfin, 16 (34,04%) études sur les 47 retenues soit 35,41% ont utilisé la technique entièrement numérique. La plupart (93,75%) des études (15) sont des rapports de cas. Les études incluses dans la revue de littérature présentent des avantages et des inconvénients relatifs aux techniques d'imagerie.

Évolution des différentes techniques de planification

La technique manuelle était la seule utilisée depuis les années 1980 jusqu'à ce qu'apparaissent les techniques numériques dans les années 2000. Après l'apparition des techniques numériques, la technique semi-numérique était la plus utilisée jusqu'en 2015 contrairement à la technique entièrement numérique et la technique manuelle. Depuis 2016, la technique entièrement numérique est beaucoup utilisée au détriment des autres techniques (Figure 2).

Différents types d'imageries utilisées pour la planification

La panoramique et la tomodensitométrie ont été les seuls types de radiographies utilisés depuis les années 1980 jusqu'en 2005. Le Cone beam qui a commencé à être utilisé à partir des années 2000 est la radiographie la plus utilisée au cours de ces trois décennies et est presque la seule radiographie utilisée depuis 2016 (Figure 3).

Corrélations

Au cours des 30 dernières années, l'évolution de la technique manuelle de planification des implants dentaires est inversement proportionnelle à celle de la technique numérique. En d'autres termes, l'usage de la technique manuelle diminue au profit de la technique numérique. (Figure 4).

DISCUSSION

Évolution des différentes techniques de planification

Nous notons, à l'issue de cette étude, que la technique manuelle était la seule technique utilisée depuis les années 80 jusqu'à ce que les techniques numériques commencent à être utilisées dans les années 2000 (Figure 1). En effet, les logiciels de simulation implantaire ont fait leur apparition au début des années 90 [12]. Cependant, pour Eufinger et al. [11], ces techniques n'étaient pas encore disponibles partout et entraînaient également des dépenses personnelles et instrumentales élevées par rapport à la technique manuelle [4, 11].

L'étude montre également (Figure 1) qu'après l'apparition des techniques numériques, la technique partiellement numérique était la plus utilisée jusqu'en 2015 contrairement à la technique entièrement numérique et la technique manuelle. En effet, après l'apparition des logiciels de simulation implantaire, l'on peut alors simuler la pose d'implant à l'aide de l'informatique et rechercher progressivement la position implantaire idéale d'un point de vue chirurgical et prothétique [4, 50]. Cette approche technologique sophistiquée permet aux cliniciens d'atteindre un haut niveau d'exactitude, de sécurité pour les patients ; ce qui serait difficile à réaliser avec les options de traitement conventionnelles [4, 21].

Notre étude révèle que (**figure 1**) ces 5 dernières années, la technique entièrement numérique est beaucoup utilisée contrairement à la technique partiellement numérique. En effet, l'un des inconvénients de la technique partiellement numérique est que le gabarit radiographique doit être fabriqué en laboratoire. Cela a pour corolaire l'augmentation des coûts et la durée du temps et un risque d'erreur du traitement. De plus, les scans CBCT (cone beam computed tomography) réalisés sans gabarit radiographique n'ont aucune valeur diagnostique. Aussi, un positionnement intra-oral correct, reproductible et stable du gabarit de balayage radiographique est essentiel. Une solution à toutes ces limitations consiste à utiliser la planification entièrement numérique [38].

Différents types d'imageries utilisées pour la planification

Nous notons, à l'issue de notre étude, que (**figure 2**) les clichés panoramique et tomodynamométrique qui ont été les seules radiographies utilisées depuis les années 80 jusqu'en 2005, ne sont plus utilisées depuis 2016. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la technique manuelle avec la radiographie panoramique produit des images déformées des mâchoires. Ce qui se présente comme un énième inconvénient d'autant plus que la radiographie panoramique a tendance à surestimer la hauteur osseuse disponible, entraînant ainsi l'utilisation d'un implant plus long. Celui-ci pourrait interférer avec le faisceau neurovasculaire, provoquant des perturbations sensorielles du menton et de la lèvre. En outre, les radiographies panoramiques sous-estiment l'os restant, disponible pour la pose d'implant dans les maxillaires postérieurs sévèrement atrophés [13, 15, 18, 51]. Aussi, les premières tentatives d'utilisation de la tomodynamométrie pour l'imagerie dentaire ont produit moins de résultats adéquats. Des problèmes tels que des images floues, des erreurs de grossissement et des artefacts radiographiques ont été fréquemment rencontrés [12].

Notre étude montre que (**Figure 2**), le Cone beam qui a commencé à être utilisé à partir des années 2000 est la radiographie la plus utilisée au cours de ces deux décennies et est presque la seule radiographie utilisée depuis 2016. Ces résultats sont confirmés par Buser *et al.*, 2000 [7]. Il affirme que la nouvelle technologie de tomodynamométrie tridimensionnelle à faisceau conique a été décrite pour la première fois à la fin des années 90. Cette technologie a rapidement remplacé la tomodynamométrie dentaire utilisée en dentisterie implantaire dans les années 1990 [7].

Corrélations de l'évolution des techniques de planification

Selon nos résultats, au cours des 30 dernières années, l'évolution de la technique manuelle de planification des implants dentaires est inversement proportionnelle à celle de la technique numérique. En d'autres termes, l'usage de la technique manuelle diminue au profit de la technique numérique ($P=0,000069$) (**Figure 3**). Ce résultat est confirmé par les études d'Ekestubbe *et al* [51] et de Bornstein *et al* [18]. En effet, lors de l'examen de l'utilisation de la tomographie pour la planification de la

pose des implants dentaires par Ekestubbe *et al* [52] un questionnaire a été envoyé aux cliniques de radiologie buccale en Suède et aux cliniques d'implantologie dans différentes parties du monde avec des questions sur les critères et techniques de sélection et la fréquence de la tomographie pré-implantaire. Il a été révélé que la majorité des grandes cliniques utilisaient la technique manuelle [52]. Cependant, Bornstein *et al* [18] mène une étude sur les indications et la fréquence de l'imagerie tridimensionnelle (3D) pour la planification du traitement implantaire dans un groupe de patients référés à une clinique spécialisée sur une période de 3 ans. Il ressort que la technique numérique a été la plus réalisée chez les patients. Aussi y a-t-il eu une augmentation statistiquement significative de la technique numérique entre 2008 et 2010 [18].

CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que l'évolution de la technique manuelle de planification dans la prise en charge implanto-prothétique est inversement proportionnelle à celle de la technique numérique. De plus, l'utilisation de la tomodynamométrie telle que le cone beam est prépondérante dans les protocoles de traitement. Il est donc important que les chirurgiens-dentistes actualisent et améliorent leur pratique quotidienne sur les nouvelles données en implantologie.

RÉFÉRENCES

1. FAVIER B, DEMARCY M, PHILBERT M, FROMENTIN O. Planification implanto-prothétique: évolution des protocoles. *Inf Dent* 2021. 33 : 24-38.
2. ANGELOPOULOS C, AGHALOO T. Imaging technology in implant diagnosis. *Dent Clin North Am*. 2011 Jan;55(1):141-58
3. DAVARPANAH M, SZMUKLER-MONCLER S, RAJZBAUM P. Manuel d'implantologie clinique. Paris. 4^{ème} édition. Ed CdP, 2018. 720p
4. GALLUCI G, EVANS C-H, TAHMASEB A, ASSÉNAT S. Les flux numériques en implantologie dentaires. *Paris Quintess int* 2020. 299p.
5. LIU X, YAO TAN Y, LIU J, TAN J. A digital technique for fabricating implant-supported interim restorations in the esthetic zone. *J Prosthet Dent*. 2018 Apr;119(4):540-544.
6. PARTHIBAN PS, LAKSHMI RV, MAHENDRA J, SREEKUMAR K, NAMASIVAYAM A. A contemporary approach for treatment planning of horizontally resorbed alveolar ridge: Ridge split technique with simultaneous implant placement using platelet rich fibrin membrane application in mandibular anterior region. *Indian J Dent Res*. Jan-Feb 2017;28(1):109-113.
7. BUSER D, SENNERBY L, DE BRUYN H. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontol* 2000. 2017 Feb.
8. MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, ALTMAN D. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ*. 2009; 339: b2535-b2535. *Int J Oral Maxillofac Implants*. Sep-Oct 2015;30(5):1076-83.
9. KRAUT RA. Utilization of 3D/Dental software for precise implant site selection: clinical reports. *Summer 1992*;1(2):134-9
10. LAM EW, RUPRECHT A, YANG J. Comparison of two-dimensional orthoradially reformatted computed tomography and panoramic radiography for dental implant treatment planning. *J Prosthet Dent* 1995 Jul;74(1):42-6.

11. EUFINGER H, KÖNIG S, EUFINGER A. The role of alveolar ridge width in dental implantology. *Clin Oral Investig* 1997 Dec;1(4):169-77
12. DIXON DR, MORGAN R, HOLLENDER LG, ROBERTS FA, O'NEAL RB. Clinical application of spiral tomography in anterior implant placement: case report. *J Periodontol* 2002 Oct;73(10):1202-9.
13. VAZQUEZ L, SAULACIC N, BELSER U, BERNARD JP. Efficacy of panoramic radiographs in the preoperative planning of posterior mandibular implants: a prospective clinical study of 1527 consecutively treated patients. *Clin Oral Implants Res.* 2008 Jan;19(1):81-5.
14. TALWAR N, CHAND P, SINGH BP, RAO J, PAL US, RAM H. Evaluation of the efficacy of a prosthodontic stent in determining the position of dental implants. *J Prosthodont.* 2012 Jan;21(1):42-7.
15. FORTIN T, CAMBY E, ALIK M, ISIDORI M, BOUCHET H. Panoramic images versus three-dimensional planning software for oral implant planning in atrophied posterior maxillary: a clinical radiological study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013 Apr;15(2):198-204.
16. BACIUT M, HEDESIU M, BRAN S, JACOBS R, NACKAERTS O, BACIUT G. Pre- and postoperative assessment of sinus grafting procedures using cone-beam computed tomography compared with panoramic radiographs. *Clin Oral Implants Res.* 2013 May;24(5):512-6.
17. GUERRERO ME, NORIEGA J, REINHILDE J. Preoperative implant planning considering alveolar bone grafting needs and complication prediction using panoramic versus CBCT images. *Imaging Sci Dent.* 2014 Sep;44(3):213-20.
18. BORNSTEIN M, BRÜGGER OE, JANNER FM et al. Indications and Frequency for the Use of Cone Beam Computed Tomography for Implant Treatment Planning in a Specialty Clinic. *Int J Oral Maxillofac Implants.* Sep-Oct 2015;30(5):1076-83.
19. BALSHE SF, WOLFINGER GJ, BALSHE TJ. Surgical planning and prosthesis construction using computer technology and medical imaging for immediate loading of implants in the pterygomaxillary region. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006 Jun;26(3):239-47
20. OZKURT Z, DUYGU G, CANPOLAT C, KAZAZOGLU E. Reconstruction of edentulous maxillary and mandibular arches with implant-supported fixed restorations using a digital treatment planning technique: a clinical report. *J Oral Implantol* 2008;34(3):161-8.
21. NIKZAD S, AZARI A. Computer-assisted implant surgery; a flapless surgical/immediate loaded approach with 1 year follow-up. *Int J Med Robot.* 2008 Dec;4(4):348-54.
22. SPECTOR L. Computer-aided dental implant planning. *Dent Clin North Am.* 2008 Oct;52(4):761-75
23. KATSOU LIS J, PAZERA P, MERICSKE-STERN R. Prosthodontically driven, computer-guided implant planning for the edentulous maxilla: a model study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2009 Sep;11(3):238-45.
24. ARISAN V, KARABUDA ZC, OZDEMIR T. Computer-assisted implant surgery; a flapless surgical/immediate loaded approach with 1 year follow-up. *J Periodontol.* 2010 Jan;81(1):43-51.
25. PAPANAYIDAKOS P, KUNAL L. Immediate loading of the maxilla with prefabricated interim prosthesis using interactive planning software, and CAD/CAM rehabilitation with definitive zirconia prosthesis: 2-year clinical follow-up. *J Esthet Restor Dent.* 2010 Aug; 22(4):223-32.
26. DE SANTIS D, CANTON L C, CUCCHI A et al. Computer-assisted surgery in the lower jaw: double surgical guide for immediately loaded implants in postextractive sites- technical notes and a case report. *J Oral Implantol.* 2010;36(1):61-8.
27. PHOPHI K, GEORGE P, PHOEBOS M. Presentation of two cases of immediate restoration of implants in the esthetic region, using facilitate software and guides with stereolithographic model surgery prior to patient surgery. *J Prosthodont* 2012 Feb;21(2):130-7.
28. PLATZER S, BERTHA G, HESCHL A, WEGSCHEIDER WA, LORENZONI M. Three-dimensional accuracy of guided implant placement: indirect assessment of clinical outcomes. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013 Oct;15(5):724-34.
29. MARTINS RJC, LEDERMAN HM. Virtual planning and construction of prototyped surgical guide in implant surgery with maxillary sinus bone graft. *Acta Cir Bras.* 2013 Sep;28(9):683-90.
30. GAILLARD JC. BELLAMY. Apport d'un pilier implantaire en céramique pressée. *Implant* 2013;19:45-50
31. SATO D, KANAZAWA M, KIM YK, et al. Immediate loading of two freestanding implants placed by computer-guided flapless surgery supporting a mandibular overdenture with magnetic attachments. *J Prosthodont Res.* 2016 Jan;60(1):54-62.
32. GREENBERG MA. Advanced dental implant placement techniques. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2017 Dec 2;51(3 Suppl 1):S76-S89.
33. KAEWSIRI D, PANMEKIATE S, SUBBALEKHA K, MATTHEOS N, PIMKHAOKHAM A. The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res.* 2019 Jun;30(6):505-514.
34. JOHNSON AC, JAIN V, AHUJA S. Modified Technique for CAD/CAM Guided Implant Planning in the Presence of Existing Hopeless Teeth. *J Dent (Shiraz).* 2020 Mar;21(1):69-72.
35. ZEL JMV. Implant planning and placement using optical scanning and cone beam CT technology. *J Prosthodont.* 2008 Aug;17(6):476-81.
36. BALASUNDARAM A, GURUN D, NEELY A, ASH-RAFZADEH A, RAVICHANDRA J. Novel CBCT and optical scanner-based implant treatment planning using a stereolithographic surgical guide: a multipronged diagnostic approach. *Implant Dent.* 2014 Aug;23(4):401-6.
37. SCHNITMAN PA, HAN RK. Completely Digital Two-Visit Immediately Loaded Implants: Proof of Concept. *J Oral Implantol.* 2015 Aug;41(4):429-36.
38. DADA K, PARIENTE L, DAAS M. Strategic extraction protocol: Use of an image-fusion stereolithographic guide for immediate implant placement. *J Prosthet Dent.* 2016 Nov;116(5):652-656.
39. KIM JE, SHIM JS. Computer-guided implant planning using a preexisting removable partial dental prosthesis. *J Prosthet Dent.* 2017 Jan;117(1):13-17.
40. ACKER R, CHABRERON O. Implantologie guidée en CFAO directe du wax-up numérique a la prothèse d'usage. *Implant* 2016. <https://www.lefildentaire.com/articles/clinique/implantologie/implantologie-guidee-en-cfao-directe-du-wax-up-numerique-a-la-prothese-d-usage/>
41. VAFIADIS D, GARY G, DAVID GARBER D, ANTHONY LAMBRAKOS A, KOWALSKI BJ. Immediate Implant Placement of a Single Central Incisor Using a CAD/CAM Crown-Root Form Technique: Provisional to Final Restoration. *J Esthet Restor Dent.* 2017 Feb;29(1):13-21.
42. POPELUT A, GARY F, PIERRE M. Guide chirurgical en impression 3D Apport du numérique dans la gestion du profil d'émergence. *Info Dent* 2017 16:1-10. <https://garyfinelle.com/wp-content/uploads/2017-Popelut-Article-Guide-chirurgical-et-impression-3D-1.pdf>

43. PARA A. Intérêt des logiciels de planification implantaire dans la décision de traitement d'une périimplantite. *Implant* 2018 ; LS 79 :24-35.
44. TALLARICO M, MARTINOLLI M, YONGJIN K et al. Accuracy of Computer-Assisted Template-Based Implant Placement Using Two Different Surgical Templates Designed with or without Metallic Sleeves: A Randomized Controlled Trial. *Dent J (Basel)*. 2019 Apr 2;7(2):41.
45. DE SIQUEIRA RA, CABRAL BL, SIQUEIRA GR, MENDONÇA G, WANG HL. Using Digital Technique to Obtain the Ideal Soft Tissue Contour in Immediate Implants With Provisionalization. *Implant Dent*. 2019 Aug;28(4):411-416.
46. BELEY J, DUPONT D, JAGER J. Positionnement 3D des implants dans le secteur antérieur : enjeux et mise en œuvre. *Info Dent* 2019 ; 32 : 20-30.
47. MAK A ; CHIO A, AUSTRALIE. Flux de travail entièrement numérique avec restaurations provisoires imprimées en 3D. *GC get connected* 2019 ; 14 : 4-10.
48. LEITE FJ, MARTINS W, ROSIN HR, PIRES CR, LOPES FE, RICARDO RIBEIRO RR. A completely digital workflow for an interim implant-supported crown: A clinical report. *J Prosthet Dent*. 2021 Mar;125(3):377-382.
49. FLÜGGE T, LUDWIG U, HÖVENER JB, KOHAL R, WISMEIJER D, NELSON K. Virtual implant planning and fully guided implant surgery using magnetic resonance imaging-Proof of principle. *Int J Oral Implants Res*. 2020 Jun;31(6):575-583.
50. NDJOH JJ, ALLOU AGM, MENGONG MH, NDENG ALS, KOFFI NJ, MESSANGA BC. Comparaison de la perte osseuse marginale autour des implants en titane et en zircone : Essai clinique réalisé au Cameroun et en Belgique. *Health Sci. Dis: Vol 24 (2) Suppl 1 February 2023* pp 36-43.
51. MANGANO F, BIDZINA M, OLEG A. A Novel Full-Digital Protocol (SCAN-PLAN-MAKE-DONE[®]) for the Design and Fabrication of Implant-Supported Monolithic Translucent Zirconia Crowns Cemented on Customized Hybrid Abutments: A Retrospective Clinical Study on 25 Patients. *Int J Environ Res Public Health* 2019 Jan 24;16(3):317.
52. EKESTUBBE A, GRÖNDAHL K, GRÖNDAHL H G. The use of tomography for dental implant planning. *Dentomaxillofac Radiol* 1997 Jul ; 26(4):206-13.

Tableau 1 : Les articles obtenus à partir de la recherche en ligne et le type d'imagerie utilisés

N°	Auteur	Tires	Type d'étude	Matériels	Type de technique d'imagerie utilisé
1	Kraut RA et al 1992 ^[9]	Utilization of 3D/Dental software for precise implant site selection: clinical reports	Rapports de cas	Tomodensitométrie	Manuelle
2	Lam EW et al 1995 ^[10]	Comparison of two-dimensional orthoradially reformatted computed tomography and panoramic radiography for dental implant treatment planning	Étude comparative	Panoramique	Manuelle
3	Eufinger H et al 1997 ^[11]	The role of alveolar ridge width in dental implantology	Étude cohorte rétrospective	Panoramique	Manuelle
4	Dixon DR et al 2002 ^[12]	Clinical application of spiral tomography in anterior implant placement: case report.	Rapport de cas	Tomodensitométrie	Manuelle
5	Vazquez L et al 2008 ^[13]	Efficacy of panoramic radiographs in the preoperative planning of posterior mandibular implants: a prospective clinical study of 1527 consecutively treated patients.	Rapport de cas	Panoramique	Manuelle
6	Talwar N et al 2012 ^[14]	Evaluation of the efficacy of a prosthodontic stent in determining the position of dental implants.	Étude comparative	Tomodensitométrie	Manuelle
7	Fortin T et al 2013 ^[15]	Panoramic images versus three-dimensional planning software for oral implant planning in atrophied posterior maxillary: a clinical radiological study	Étude comparative	Panoramique	Manuelle
8	Baciu M et al 2013 ^[16]	Pre- and postoperative assessment of sinus grafting procedures using cone-beam computed tomography compared with panoramic radiographs	Étude comparative	Panoramique	Manuelle
9	Guerrero ME et al 2014 ^[17]	Preoperative implant planning considering alveolar bone grafting needs and complication prediction using panoramic versus CBCT images	Étude comparative	Panoramique	Manuelle
10	Bornstein M et al 2015 ^[18]	Indications and Frequency for the Use of Cone Beam Computed Tomography for Implant Treatment Planning in a Specialty Clinic	Étude cohorte rétro prospective	Panoramique	Manuelle
11	Balshi SF et al 2006 ^[19]	Surgical planning and prosthesis construction using computer technology and medical imaging for immediate loading of implants in the pterygomaxillary region	Rapport de cas	Tomodensitométrie (1)	Semi-numérique
12	Ozkurt Z et al 2008 ^[20]	Reconstruction of edentulous maxillary and mandibular arches with implant-supported fixed restorations using a digital treatment planning technique: a clinical report	Rapport de cas	Tomodensitométrie (1)	Semi-numérique
13	Nikzad S et al 2008 ^[21]	Computer-assisted implant surgery; a flapless surgical/immediate loaded approach with 1 year follow-up	Rapport de cas	Tomodensitométries (2)	Semi-numérique
14	Spector L et al 2008 ^[22]	Computer-aided dental implant planning	Rapport de cas	Cone beam (2)	Semi-numérique
15	Katsoulis J et al 2009 ^[23]	Prosthetically driven, computer-guided implant planning for the edentulous maxilla: a model study	Rapport de cas	Tomodensitométries (2) ou Cone beam (2)	Semi-numérique
16	Arisan V et al 2010 ^[24]	Computer-assisted implant surgery; a flapless surgical/immediate loaded approach with 1 year follow-up	Étude comparative	Un Cone beam (1)	Semi-numérique
17	Papaspyridakos P et al 2010 ^[25]	Immediate Loading of the Maxilla with Prefabricated Interim Prosthesis Using Interactive Planning Software, and CAD/CAM Rehabilitation with Definitive Zirconia Prosthesis:	Rapports de cas	Deux tomodensitométries (2)	Semi-numérique
18	De Santis D et al 2010 ^[26]	Computer-assisted surgery in the lower jaw: double surgical guide for immediately loaded implants in postextractive sites-technical notes and a case report	Rapports de cas	Tomodensitométries (2)	Semi-numérique
19	Talwar N et al 2012 ^[14]	Evaluation of the efficacy of a prosthodontic stent in determining the position of dental implants	Étude cas-témoins	Tomodensitométries (2)	Semi-numérique
20	Phophi et al 2012 ^[27]	Presentation of two cases of immediate restoration of implants in the esthetic region, using facilitate software and guides with stereolithographic model surgery prior to patient surgery	Rapports de cas	Tomodensitométrie (1)	Semi-numérique
21	Platzer S et al 2013 ^[28]	Three-dimensional accuracy of guided implant placement: indirect assessment of clinical outcomes	Rapport de cas	Tomodensitométries (2)	Semi-numérique
22	Baciu M et al 2013 ^[16]	Pre- and postoperative assessment of sinus grafting procedures using cone-beam computed tomography compared with panoramic radiographs	Étude comparative	Cones beam (2)	Semi-numérique
23	Martins RJC et al 2013 ^[29]	Virtual planning and construction of prototyped surgical guide in implant surgery with maxillary sinus bone graft	Étude d'évaluation	Tomodensitométrie (1)	Semi-numérique
24	Fortin T et al 2013 ^[15]	Panoramic images versus three-dimensional planning software for oral implant planning in atrophied posterior maxillary: a clinical radiological study	Étude comparative	Cone beam (1)	Semi-numérique
25	Gaillard JC et al 2013 ^[30]	Apport d'un pilier implantaire en céramique pressée	Rapport de cas	Cone beam (1) et Tomodensitométrie (1)	Semi-numérique
26	Guerrero ME et al 2014 ^[17]	Preoperative implant planning considering alveolar bone grafting needs and complication prediction using panoramic versus CBCT images	Étude comparative	Cone beam (1)	Semi-numérique

27	Sato D et al 2016 ^[31]	Immediate loading of two freestanding implants placed by computer-guided flapless surgery supporting a mandibular overdenture with magnetic attachments	Rapport de cas	Cone beam (2)	Semi-numérique
28	Parthiban PS et al 2017 ^[6]	A contemporary approach for treatment planning of horizontally resorbed alveolar ridge: Ridge split technique with simultaneous implant placement using platelet rich fibrin membrane application in mandibular anterior region	Rapports de cas	Cone beam (1)	Semi-numérique
29	Greenberg MA et al 2017 ^[32]	Advanced dental implant placement techniques	Rapport de cas	Cone beam (1)	Semi-numérique
30	Kaewsiri D et al 2017 ^[33]	The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial	Essai contrôlé randomisé	Cone beam (1)	Semi-numérique
31	Johnson AC et al 2020 ^[34]	Modified Technique for CAD/CAM Guided Implant Planning in the Presence of Existing Hopeless Teeth	Étude clinique	Cones beam (2)	Semi-numérique
32	Zel JMV et al 2008 ^[35]	Implant planning and placement using optical scanning and cone beam CT technology	Rapport de cas	Cone beam + scanner du modèle	Numérique (Totale)
33	Balasundaram A et al 2014 ^[36]	Novel CBCT and optical scanner-based implant treatment planning using a stereolithographic surgical guide: a multipronged diagnostic approach	Rapport de cas	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
34	Schnitman PA et al 2015 ^[37]	Completely Digital Two-Visit Immediately Loaded Implants: Proof of Concept	Rapport de cas	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
35	Dada K et al 2016 ^[38]	Strategic extraction protocol: Use of an image-fusion stereolithographic guide for immediate implant placement	Rapport de cas	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
36	Kim JE et al 2016 ^[39]	Computer-guided implant planning using a preexisting removable partial dental prosthesis	Rapport de cas	Cone beam + scanner du modèle	Numérique (Totale)
37	Acker R et al 2016 ^[40]	Implantologie guidée en CFAO directe du wax-up numérique a la prothèse d'usage	Rapport de cas	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
38	Vafiadis D et al 2017 ^[41]	Immediate Implant Placement of a Single Central Incisor Using a CAD/CAM Crown-Root Form Technique: Provisional to Final Restoration	Rapport de cas	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
39	Popelut A et al 2017 ^[42]	Guide chirurgical en impression 3D Apport du numérique dans la gestion du profil d'émergence	Rapport de Cas	Cone beam + scanner intra orale	Numérique (Totale)
40	Liu X et al 2018 ^[5]	A digital technique for fabricating implant-supported interim restorations in the esthetic zone	Rapport de cas	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
41	Para A et al 2018 ^[43]	Intérêt des logiciels de planification implantaire dans la décision de traitement d'une péri-implantite	Rapport de cas	Cone beam avec scanner intra oral	Numérique (Totale)
42	Tallarico M et al 2019 ^[44]	Accuracy of Computer-Assisted Template-Based Implant Placement Using Two Different Surgical Templates Designed with or without Metallic Sleeves: A Randomized Controlled Trial	Essai contrôlé randomisé	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
43	De Siqueira RA et al 2019 ^[45]	Using Digital Technique to Obtain the Ideal Soft Tissue Contour in Immediate Implants With Provisionalization	Rapport de cas	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
44	Beley J et al 2019 ^[46]	Positionnement 3D des implants dans le secteur antérieur : enjeux et mise en œuvre	Étude clinique	Cone beam + scanner du modèle	Numérique (Totale)
45	Mak A et al 2019 ^[47]	Flux de travail entièrement numérique avec restaurations provisoires imprimées en 3D	Rapport de cas	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
46	Leite FJ et al 2020 ^[48]	A completely digital workflow for an interim implant-supported crown: A clinical report	Rapport de cas	Cone beam + scanner intra oral	Numérique (Totale)
47	Flügge T et al 2020 ^[49]	Virtual implant planning and fully guided implant surgery using magnetic resonance imaging-Proof of principle	Rapport de cas	IRM + scanner du modèle	Numérique (Totale)
NB : Sur les 47 études, 4 études (Talwar N et al 2012, Fortin T et al 2013, Baciut M et al 2013, Guerrero ME et al 2014) ont décrit chacune 2 techniques					

Tableau 2 : Répartition du type d'études selon les techniques d'imagerie de planification en prothèses implanto-portées

	Rapport de cas n (%)	Étude comparative n (%)	Étude cohorte rétrospective n (%)	Étude contrôlée randomisée n (%)	Total N (%)
Manuelle	3 (30)	5 (50)	2 (20)	0 (0)	10 (21,28)
Semi-numérique	13 (61,9)	8 (38,09)	0 (0)	0 (0)	21 (44,68)
Numérique	15 (93,75)	0 (0)	0 (0)	1 (6,25)	16 (34,04)
TOTAL	31 (65,96)	13 (27,66)	2 (4,25)	1 (2,13)	47 (100)