



HAL
open science

Étude in vitro : précision, temps et fiabilité de différents protocoles de forage implantaire

David Aidan

► **To cite this version:**

David Aidan. Étude in vitro : précision, temps et fiabilité de différents protocoles de forage implantaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-03264322

HAL Id: dumas-03264322

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03264322>

Submitted on 18 Jun 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

UNIVERSITE PARIS DIDEROT - PARIS 7

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

5, rue Garancière 75006 PARIS

Année 2018

Thèse N°:

N° attribué par la bibliothèque :

THESE pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR

en Chirurgie Dentaire

présentée et soutenue publiquement le

par **AIDAN David**

**ETUDE IN VITRO : PRECISION, TEMPS ET FIABILITE DE
DIFFERENTS PROTOCOLES DE FORAGE IMPLANTAIRE**

Directeur de thèse : Docteur Alice GUYON

Co-directeur de thèse : Docteur Benjamin POMES

J U R Y

M. le Professeur Yvon ROCHE	Président
M. le Docteur Aleksandar DAKIC	Assesseur
Mme la Professeure Géraldine LESCAILLE	Assesseur
Mme la Docteure Caroline MOCQUOT	Assesseur
Mme la Docteure Juliette ROCHEFORT	Assesseur
M. le Docteur Hervé TARRAGANO	Assesseur
Mme la Docteure Alice GUYON	Membre Invité
M. le Docteur Benjamin POMES	Membre Invité
M. le Docteur Frédéric RILLARD	Membre Invité

UNIVERSITE PARIS DIDEROT – PARIS 7

Présidente de l'Université :	Mme la Professeure Christine CLERICI
Doyenne de l'U.F.R. d'Odontologie :	Mme la Professeure Ariane BERDAL
Directrice Générale des Services :	Mme Pascale SAINT-CYR

JURY

M. le Professeur Yvon ROCHE	Président
M. le Docteur Aleksandar DAKIC	Assesseur
Mme la Professeure Géraldine LESCAILLE	Assesseur
Mme la Docteure Caroline MOCQUOT	Assesseur
Mme la Docteure Juliette ROCHEFORT	Assesseur
M. le Docteur Hervé TARRAGANO	Assesseur
Mme la Docteure Alice GUYON	Membre Invité
M. le Docteur Benjamin POMES	Membre Invité
M. le Docteur Frédéric RILLARD	Membre Invité

M. le Professeur Yvon ROCHE

Docteur en Chirurgie Dentaire
Professeur des Universités - Praticien
Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites en acceptant la présidence du jury de cette thèse. Veuillez trouver ici l'expression de ma plus haute considération. Soyez assuré de ma plus sincère estime et de mon plus profond respect.

M. le Docteur Aleksandar DAKIC

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistant Hospitalo-Universitaire

Pour l'honneur que vous me faites de prendre part au jury de cette thèse. Veuillez recevoir l'assurance de mon plus profond respect et de mes sincères remerciements.

Mme la Professeure Géraldine LESCAILLE

Docteur en Chirurgie Dentaire
Professeur des Universités - Praticien
Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de prendre part au jury de cette thèse. Veuillez recevoir l'assurance de mon plus profond respect et de mes sincères remerciements.

Mme la Docteure Caroline MOCQUOT

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistante Hospitalo-Universitaire

Pour l'honneur que vous me faites de prendre part au jury de cette thèse. Veuillez recevoir l'assurance de mon plus profond respect et de mes sincères remerciements.

Mme la Docteure Juliette ROCHEFORT

Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférences des Universités
Associée

Pour l'honneur que vous me faites de prendre part au jury de cette thèse. Veuillez recevoir l'assurance de mon plus profond respect et de mes sincères remerciements.

M. le Docteur Hervé TARRAGANO

Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférences des Universités -
Praticien Hospitalier

Pour l'honneur que vous me faites de prendre part au jury de cette thèse. Veuillez recevoir l'assurance de mon plus profond respect et de mes sincères remerciements.

Mme la Docteure Alice GUYON

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistante Hospitalo-Universitaire

Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse. Je vous remercie pour votre disponibilité, et pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail et que vous avez su me transmettre. Veuillez trouver ici la preuve de mon plus grand respect.

M le Docteur Benjamin POMES

Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistante Hospitalo-Universitaire

Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter la co-direction de cette thèse. Je vous remercie pour votre disponibilité, et pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail et que vous avez su me transmettre. Veuillez trouver ici la preuve de mon plus grand respect.

M. le Docteur Frédéric RILLARD

Docteur en Chirurgie Dentaire
Praticien Hospitalier

Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de m'aider pour la réalisation de cette thèse. Je vous remercie pour votre disponibilité, et pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail et que vous avez su me transmettre. Veuillez trouver ici la preuve de mon plus grand respect.

Table des matières

1. INTRODUCTION	3
1.1. PROCOLES DE FORAGE EN IMPLANTOLOGIE.....	3
1.1.1. Conventionnel : Forage séquentiel.....	3
1.1.2. Simplifié : Forage unique.....	4
1.2. CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ACTUELLES CONCERNANT LES PROCOLES SIMPLIFIES.....	5
1.2.1. Objectifs.....	5
1.2.2. Méthode.....	6
1.2.3. Résultats et Analyse des articles inclus.....	9
1.2.4. Récapitulatif en fonction des paramètres étudiés.....	21
1.2.5. Synthèse des données actuelles.....	23
1.2.6. Limites de l'analyse de la bibliographie.....	24
1.3. LIMITES DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES.....	24
1.4. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	25
2. MATERIELS ET METHODES	26
2.1. POPULATION ETUDIEE.....	26
2.1.1. Taille de l'échantillon.....	26
2.1.2. Critères d'inclusions.....	26
2.1.3. Critère d'exclusion.....	26
2.2. LIEU DE L'ETUDE.....	26
2.3. PROCOLE DE FORAGE EN VUE DE LA POSE D'UN IMPLANT DE 4,2 MM.....	27
2.3.1. Protocole A : Trousse de forets Universal©.....	27
2.3.2. Protocole B : Trousse de forets ID ^{ALL} © sans butée.....	28
2.3.3. Protocole C : Trousse de forets ID ^{ALL} © avec butée.....	29
2.4. DEROULEMENT DE L'ETUDE.....	30
2.4.1. Avant l'étude.....	30
2.4.2. Matériels.....	30
2.4.3. Consignes.....	31
2.4.4. Présentation des travaux pratiques :.....	31
2.5. CRITERES D'EVALUATION.....	33
2.5.1. Temps de forage.....	33
2.5.2. Temps de pose.....	33
2.5.3. Questionnaire (voir annexe 2).....	33
2.5.4. Position de l'implant.....	34
2.5.5. Profondeur de forage.....	36
2.6. RECUEIL DES DONNEES ET ANALYSE DES QUESTIONNAIRES.....	36
2.6.1. Données et diagnostics de référence.....	36
2.6.2. Examineur.....	36
2.6.3. Gestions des données.....	36
2.6.4. Analyse statistique des données.....	37
3. RESULTATS	38
3.1. TEMPS OPERATOIRE.....	38
3.1.1. Temps de forage.....	38
3.1.2. Temps de pose.....	39
3.1.3. Temps global.....	40
3.2. APPRECIATION DE LA PRECISION.....	41

3.3.	PROFONDEUR DE FORAGE	42
3.4.	COURBE D'APPRENTISSAGE	43
3.4.1.	Courbe d'apprentissage et temps global.....	43
3.4.2.	Courbe d'apprentissage et précision	44
3.5.	PRECISION	46
3.5.1.	Par protocole	46
3.5.2.	Par site (données complémentaires).....	47
3.5.3.	Par groupe	48
3.5.4.	Par groupe et par protocole	49
3.6.	EFFICACITE D'UN PROTOCOLE	52
3.6.1.	Moyenne du temps global selon le score et les protocoles tout groupe confondu	52
3.6.2.	Moyenne du temps global selon le score et les protocoles selon les groupes	53
3.6.3.	Moyenne des scores pour la première session selon le protocole employé pour le site 3 pour les étudiants et les omnipraticiens	56
3.7.	QUESTIONNAIRES	57
4.	DISCUSSION	58
5.	CONCLUSION.....	66
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	67
	ANNEXES.....	69
	TABLE DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX	75

1. Introduction

Depuis le XX^e siècle, l'implantologie a connu un tournant, grâce aux travaux de Branemark, devenant le premier à obtenir un contact direct entre l'os vivant et l'implant mis en charge qu'il nomme « ostéointégration ».

Il recommande que le protocole opératoire soit le moins traumatisant afin de préserver le potentiel de cicatrisation de l'os.

Selon une revue systématique récente, on estime le taux de succès implantaire à 10 ans à 94,6 % (**Moraschini, et al.** 2015).

Ce qui laisse 5 % d'échecs.

Ces échecs se classent en deux catégories :

- échecs primaires : ils surviennent avant la mise en charge des implants ;
- échecs secondaires : ils surviennent, quant à eux, après la mise en charge des implants.

Les facteurs à l'origine des échecs implantaires sont nombreux, parmi lesquels on retrouve les pathologies à risque (**Karoussis I.K. et al.**, 2004 ; **Hwang D, Wang H-L**, 2007) et les thérapeutiques iatrogènes (**Oechslin C.K. et al.**, 1999). D'autres facteurs entrent en compte comme le protocole opératoire mis en œuvre (**C. J. Kerawala et al** 1999).

1.1. Protocoles de forage en implantologie

1.1.1. Conventionnel : Forage séquentiel

Le protocole conventionnel correspond au protocole décrit par Branemark initialement. La préparation du site implantaire se fait à l'aide de forets de diamètre croissant, sous irrigation constante, tout en diminuant la vitesse de rotation lorsque le diamètre du foret augmente. Chaque foret sera inséré avec un mouvement de « va-et-vient » (pression discontinue) afin que la solution d'irrigation vienne refroidir en permanence le tête du foret. Il faut également nettoyer le foret pour enlever les copeaux osseux.

Or ces forages répétitifs entraînent une augmentation du temps chirurgical qui représente un inconvénient, à la fois pour le praticien et pour le patient, en raison de l'allongement de l'intervention, de surcroît lorsque plusieurs implants doivent être posés.

De nos jours, la simplification des protocoles opératoires est de plus en plus recherchée, afin d'améliorer le confort du patient et de l'opérateur. L'idée d'un protocole simplifié a commencé à émerger.

1.1.2. Simplifié : Forage unique

Le principe est de diminuer le nombre de forets utilisés, dans le but de limiter les dommages osseux, d'obtenir un gain de temps chirurgical et donc de réduire les complications post-opératoires pour le patients (gonflements, douleurs..).

De 5 à 7 forets pour le forage conventionnel, le forage simplifié est généralement constitué d'un foret pilote et d'un foret final, ou bien d'un foret unique.

Dans la littérature, le protocole simplifié semble être mentionné pour la première fois avec l'étude de **Bulloch et al. en 2012**. Plusieurs études ont décrit le protocole simplifié à travers différents systèmes implantaires.

Table 1:Récapitulatif des sociétés impliqué dans l'utilisation d'un forge simplifié.

Articles	Société	Année de publication
<p>Comparison of heat generation between internally guided (cannulated) single drill and traditional sequential drilling with and without a drill guide for dental implants. Bulloch et al. 2012</p> <p>Thermal evaluation by infrared measurement of implant site preparation between single and gradual drilling in artificial bone blocks of different densities. Möhlhenrich et al. 2016</p>	Straumann©	2012 / 2016
<p>Implant survival after preparation of the implant site using a single bur: a case series. Bettach et al. 2013</p> <p>Temperature Changes in Cortical Bone after Implant Site Preparation Using a Single Bur versus Multiple Drilling Steps: An In Vitro Investigation. Gehrke et al. 2015</p> <p>Evaluation of the insertion torque, implant stability quotient and drilled hole quality for different drill design: an in vitro Investigation. Gehrke et al. 2017</p>	Implant Diffusion International©	2013 - 2015 - 2017

Articles	Société	Année de publication
Simplified drilling technique does not decrease dental implant osseointegration: a preliminary report. Jimbo et al. 2013 Effect of low speed drilling on osseointegration using simplified drilling procedures. Sarendranath et al 2015	MIS Implant Technologies©	2013 - 2015
In Vitro Assessment with the Infrared Thermometer of Temperature Differences Generated During Implant Site Preparation: The Traditional Technique Versus the Single-Drill Technique. Lucchiari et al 2016	Leone Dental Care©	2016
Implant site preparation using a single bur versus multiple drilling steps: 4-month post-loading results of a multi-center randomised controlled trial. Guazzi et al. 2015	JD Dental Care ©	2015

Ces sociétés ont soit essayé de simplifier les étapes du protocole de forage en abandonnant le passage des premiers forets, soit ont mis au point un foret prototype pour les besoins de l'étude mais qui est resté au stade de expérimental.

A la différence des autres firmes, la société Implant Diffusion International© a conçu et élaboré un protocole simplifié avec un design de foret qui a passé le cap du prototype et qui a été commercialisé ; ce protocole est présenté en Annexe 2 et 3.

1.2. Connaissances scientifiques actuelles concernant les protocoles simplifiés

1.2.1. Objectifs

1.2.1.1. Objectif principal

L'objectif de cette analyse bibliographique est d'évaluer l'impact du protocole simplifié lors de la mise en place chirurgicale d'un implant.

1.2.1.2. Objectifs secondaires

Plusieurs objectifs secondaires sont inhérents à cette revue :

- Identifier toutes les études qui comparent les deux protocoles : protocole simplifié versus protocole conventionnel.
- Comparer les différentes méthodes utilisées.
- Analyser les résultats des différentes études et en faire une synthèse.

1.2.2. Méthode

1.2.2.1. Critères d'éligibilité des articles à inclure dans l'analyse de la littérature

Tous les articles originaux complets, traitant de la comparaison entre les 2 protocoles, publiés en français ou en anglais.

- Période d'inclusion

L'analyse est limitée aux études publiées de janvier 1980 à octobre 2017.

Le premier article date du 12/11/2012 de **Bulloch et al.**

- Source des données

Une recherche électronique a été effectuée sur les quatre bases de données : Medline ; The Cochrane Library ; Google Scholar et Scopus.

Une recherche ascendante a été menée en consultant les listes de références de chaque article identifié.

1.2.2.2. Stratégies de recherche

Afin de sélectionner les études, des mots-clés seuls ou combinés ont été utilisés.

Les mots-clés utilisés sont les suivants : ("dental implant") AND (("single bur") OR ("single drill")) OR ("simplified protocol") OR ("simplified drill").

1.2.2.3. Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion suivants ont été utilisés :

- Les articles publiés en français ou en anglais.
- Les articles comparant les deux protocoles.
- In Vivo/In Vitro.

1.2.2.4. Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion suivants ont été utilisés :

- Les lettres à l'éditeur, les articles didactiques, les thèses et mémoires ont été exclus.
- Les articles publiés dans une autre langue que le français ou l'anglais.

1.2.2.5. Synthèse de données

Après avoir collecté tous les articles répondant à nos critères d'inclusion, les études ont été classées et analysées.

Les critères de classification des études sélectionnées étaient les suivants :

- Le titre.
- L'identité du premier auteur.
- L'année de publication.
- Le pays d'étude.
- L'échantillon.
- Le type d'étude.
- Les facteurs associés.
- Les résultats et conclusions collectées.

1.2.2.6. Critères d'évaluation des études sélectionnées et des résultats obtenus.

Les articles ont été évalués à partir d'un certain nombre de critères :

- La température générée dans des blocs d'os d'origine synthétique ou animale selon le protocole choisi.
- L'analyse de la réponse osseuse à l'aide du Bone Implant Contact (BIC) / Bone Area Fraction Occupied (BAFO).
- L'analyse du temps opératoire.
- L'évolution du niveau osseux péri-implantaire.
- L'analyse de la douleur post-opératoire dans les études in vivo.
- L'analyse de la stabilité primaire à l'aide du quotient de stabilité de l'implant (ISQ).
- Le taux de survie et le taux de succès implantaire.
- Le taux de survie prothétique.

1.2.2.7. Sélection des articles

Au début de notre recherche, nous avons identifié 105 articles sur les différentes bases de données. Le plus grand nombre d'articles correspondant à l'équation était sur Google Scholar

(N=105) incluant ceux de Pubmed, Cochrane et Scopus. Après vérification à l'aide du titre, 18 articles ont été sélectionnés. Après lecture du résumé, 16 articles concernaient un protocole simplifié.

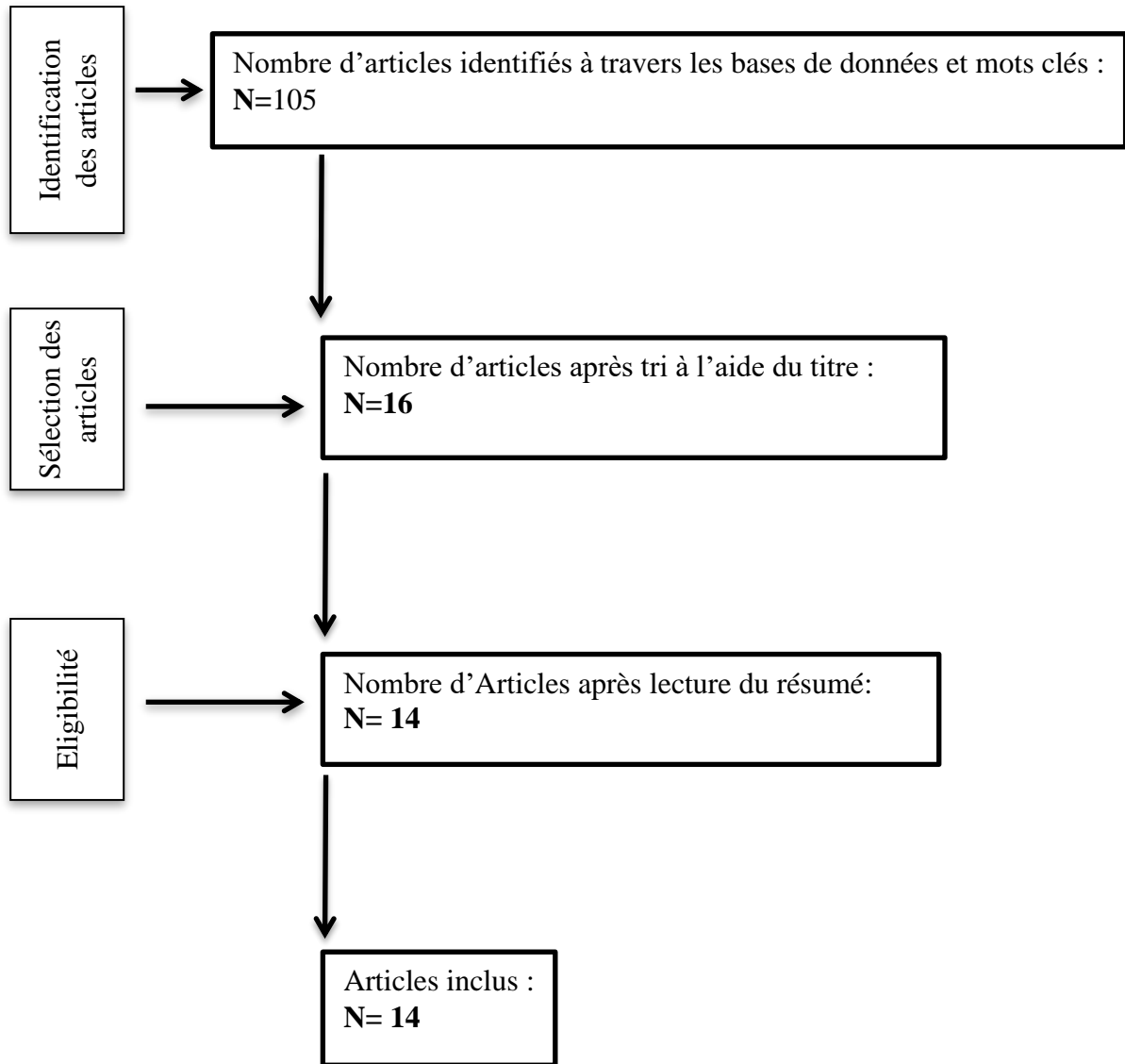


Figure 1: Résultats des différentes phases de sélection et tri des articles inclus dans la revue de littérature

Parmi les 87 articles exclus, le critère d'exclusion retrouvé était que les articles ne traitaient pas notre sujet.

1.2.3. Résultats et Analyse des articles inclus

Tableau 1 : tableau récapitulatif des essais cliniques sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=B)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Implant survival after preparation of the implant site using a single bur: a case series</p> <p>Bettach et al.</p>	2015	Étude clinique : série de cas	<p>350 implants sur 149 patients (79 femmes et 70 hommes).</p> <p>Age : 20 – 82 ans.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Succès prothétique. 2. Survie implantaire. 3. Succès implantaire. 4. Complication. 5. Level osseux marinal. 6. Hygiène oral level. 7. Douleurs post-opératoires. 8. Satisfaction du patient 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Pearson's chi-square test.</u> - <u>Kaplan-Meier statistics.</u> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 99,3% de succès prothétique. 2. 98,00% de survie implantaire (n=7 échecs, dont 2 chez une femme fumant plus de 10 cigarettes par jour et ayant reçu une extraction/ implantation immédiate. 5. La moyenne osseuse péri-implantaire perdue évaluée après un an de mise en fonction est de 0.58+/-0.44 mm. 8. Un score "excellent" ou "very good" étaient reportés 97.8%, 94.9%, and 99.3% pour les fonctions esthétiques, masticatoire et phonétique respectivement. 	<p>Il aurait été intéressant de rajouter un groupe contrôle, de plus il n'y a qu'un seul opérateur donc les résultats peuvent être praticiens dépendants.</p> <p>Cet essai clinique montre d'excellents résultats malgré ses limites.</p>
<p>Implant site preparation using a single bur versus multiple drilling steps: 4-month post-loading results of a multicenter randomised controlled trial</p> <p>Guazzi et al</p>	2015	Essai clinique randomisé	<p>Groupe 1 : 20 patients avec un protocole « simplifié ».</p> <p>Groupe 2 : 20 patients avec un protocole « conventionnel » (foret de 1,5 mm puis de diamètre supérieur de 0,4 mm).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vitesse de rotation : de 1 500 rpm. - Irrigation abondante. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Survie implantaire. 2. Perte osseuse marginale. 3. Temps en minutes depuis la préparation du site à la pose de l'implant. 4. Préférence de l'opérateur. 5. La douleur post-opératoire (une semaine post-op sur une échelle de 0 à 100 EVA). 6. Nombre de jours de gonflement. 7. Nombre d'antalgiques pris. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Test de Student</u> pour évaluer les différences de résorption entre les deux groupes. - <u>Chi test</u> pour évaluer la différence de proportions de patients présentant des défaillances au niveau de l'implant ($\alpha \leq 0,05$). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aucun échec implantaire. 2. Aucune différence significative sur le niveau osseux péri-implantaire. 3. Temps significativement plus court en implantologie. 4. Préférence des opérateurs pour un protocole simplifié. 5.6.7. Douleurs : nombre de jours de gonflement et nombre d'antalgiques postopératoires supérieurs pour un forage conventionnel. 	<p>Cet essai clinique randomisé montre d'excellents résultats, on regrette le fait qu'il n'y ait que deux opérateurs expérimentés ; l'un des points forts de cette étude est qu'elle soit randomisée et contrôlée.</p>

Tableau 2 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Comparison of heat generation between internally guided (cannulated) single drill and traditional sequential drilling with and without a drill guide for dental implants</p> <p>Bulloch et al.</p>	<p>2012 Nov-déc.</p>	<p>Etude transversale in vitro</p>	<p>6 groupes : n = 15 forages/groupe.</p> <p>Groupe A : forage « séquentiel » de forets jusqu'à 3,5 mm avec guide chirurgical.</p> <p>Groupe B : forage « séquentiel » de forets jusqu'à 3,5 mm sans guide chirurgical.</p> <p>Groupe C : forage « single bur » avec un foret de de 3,5 mm.</p> <p>Groupe D : forage « séquentiel » jusqu'à 4,2 mm avec guide chirurgical.</p> <p>Groupe E : forage « séquentiel » de forets jusqu'à 4,2 mm sans guide chirurgical.</p> <p>Groupe F : forage « single bur » avec un foret de 4,2 mm.</p> <p>Irrigation à température ambiante en continu.</p>	<p>Changement de température</p>	<p><u>Test One Way Anova</u></p>	<p>Aucune différence significative dans l'augmentation thermique entre la préparation du site d'implantation canulée que ce soit avec un forage « séquentiel » ou avec un seul foret avec ou sans l'utilisation d'un guide de forage pour les séquences de forage de 3,5mm ou 4,2 mm, respectivement.</p> <p>L'augmentation thermique a été considérablement inférieure à celle du foret simple de 4,2 mm par rapport au forage « séquentielle » de 3,5mm avec guide chirurgical (P = 0,046).</p>	<p>Les points positifs sont la randomisation et la présence d'un groupe contrôle ce qui augmente le niveau de preuve.</p> <p>Il serait intéressant d'avoir un échantillon plus important.</p>

Tableau 3 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Slow drilling speeds for single-drill implant bed preparation. Experimental in vitro study</p> <p>Delgado- Ruiz et al</p>	<p>Avril 2017</p>	<p>Etude in vitro</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 600 forages implantaires sur 10 os d'origine bovine. - 3 forets de design différents à 4 vitesses de rotation (50-150-300-1 200). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Changement de température. 2. Mesure du temps nécessaire pour la préparation du site implantaire pour chaque foret et chaque vitesse de rotation. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Test Kolmogorov-Smirnov</u> pour confirmer la distribution normale des échantillons. - <u>Test Anova</u>. - <u>Test Tukey</u> pour réaliser une multiple comparaison de la température et du temps. 	<p>Un protocole « simplifié » avec une faible vitesse de rotation (50, 150, 300 rpm) sans irrigation dans un os de type IV augmente la température au niveau coronaire et apical mais reste en dessous du seuil critique.</p> <p>Le design du foret dans un protocole « simplifié » utilisant de faibles vitesses de rotation n'a pas d'influence sur les variations de température.</p> <p>Le temps du forage implantaire dépend de la vitesse de rotation et non du design du foret implantaire.</p>	<p>Cet étude in vitro est réalisée sur un grand échantillon avec un groupe contrôle ce qui est un point fort.</p> <p>Il serait intéressant de la réaliser dans plusieurs types d'os, avec plusieurs d'opérateurs.</p>

Tableau 4 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Temperature Changes in Cortical Bone after Implant Site Preparation Using a Single Bur versus Multiple Drilling Steps: An In Vitro Investigation</p> <p>Gehrke et al</p>	<p>Août 2015</p>	<p>Etude transversale in vitro</p>	<p>Groupe 1 et Groupe 2 : Forage avec trois forets consécutifs pour un implant cylindrique de 4,1 mm et respectivement pour un implant conique de 4,3 mm.</p> <p>Groupe 3 : Forage avec un seul foret pour un implant conique de 4,2 mm.</p> <p>Pour chaque groupe, 20 procédures de forage ont été effectuées sans irrigation et 20 avec irrigation externe.</p> <p>La température dans l'os cortical pendant l'ostéotomie pour la préparation du site implantaire a été mesurée à travers un thermocouple.</p>	<p>Changement de température</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Test Shapiro-Wilk</u> pour tester la normalité des distributions de chaque groupe. - <u>Test Anova</u> pour évaluer les différences entre tous les groupes. - <u>Test t student</u> a été appliqué aux différences de test entre le forage unique et le forage multiple et entre les données obtenues avec ou sans irrigation. (P <0,05). 	<p>Le protocole de forage « single bur » n'a pas généré de chauffage osseux plus élevé que le protocole « conventionnel » et peut être considéré comme une procédure sûre selon les résultats.</p> <p>Le Groupe 1 et le Groupe 3 ont donné des résultats similaires (pas significativement différents) dans toutes les conditions expérimentales.</p> <p>Dans le groupe 2, des températures significativement plus élevées ont été enregistrées par rapport aux deux autres groupes à la fois avec et sans irrigation.</p> <p>Aucune différence significative n'a été enregistrée pour ΔT entre le groupe 1 et le groupe 3 avec l'irrigation (la condition expérimentale la plus similaire à la situation clinique), tandis que le ΔT pour le groupe 2 était significativement plus élevé que pour les deux autres groupes</p>	<p>Bien que de faible preuve, cette étude montre des résultats très intéressants en in vitro et teste plusieurs protocoles dans différents types d'os.</p> <p>Il serait intéressant de la réaliser in vivo avec un échantillon plus important.</p>

Tableau 5 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Evaluation of the insertion torque, implant stability quotient and drilled hole quality for different drill design: an in vitro Investigation</p> <p>Gehrke et al</p>	Mars 2016	Etude transversale in vitro	<p>Groupe G1 : forage avec un seul foret pour un implant conique de 4,2 mm.</p> <p>Groupe G2 : forage avec trois forets consécutifs pour un implant cylindrique de 4,1 mm /10 mm (forages étaient de : 2,2 mm (800 tr/min), 2,8 mm (600 tr/min) et 3,5 mm (500 tr/min).).</p> <p>Groupe G3 : pour un implant conique de 4,3 mm./10 mm (forets Nobel Biocare (Suède) : 2 mm (2 000 tr/min), 3,5 mm (800 tr/min) et 4,3 mm (800 tr/min).)</p> <p>Pour chaque groupe, 15 procédures de forage ont été effectuées sans irrigation pour une profondeur de 10 mm.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <u>Qualité de forage du foret (Hole Quality)</u>. <u>Valeur de couple d'insertion (ITV)</u>. <u>Valeurs du quotient de stabilité</u> de l'implant (ISQ). 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Test omnibus D'Agostino & Pearson</u> pour tester la normalité des distributions de chaque groupe. - <u>Test Anova</u> pour déterminer les différences entre les trois groupes. - <u>Test t student</u> (P <0,05). 	<p>Le groupe de travail (groupe 1) a eu des résultats ITV et ISQ significativement plus élevés.</p> <p>Les groupes 1 et 3 ont affiché un HQ significativement meilleur que le groupe 2.</p> <p>Dans les limites de l'étude, les résultats suggèrent que la qualité du trou, en plus du couple d'insertion, peut affecter de manière significative la stabilité primaire de l'implant.</p>	<p>Les points forts de cette étude sont la présence d'un groupe contrôle.</p> <p>Il serait intéressant de la réaliser dans plusieurs types d'os, avec un échantillon plus important, et plus d'opérateurs.</p>

Tableau 6 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Bone Healing Around Dental Implants: Simplified vs Conventional Drilling Protocols at Speed of 400 rpm</p> <p>Gil et al</p>	<p>Mars 2017</p>	<p>Etude prospective in vivo animale</p>	<p>Groupe 1 : 24 implants de 3,75 mm.</p> <p>Groupe 2 : 24 implants de 4,2 mm.</p> <p>Placés bilatéralement dans les tibias de 12 chiens.</p> <p>Dans le même groupe de diamètre, la moitié des implants a été insérée après une procédure de forage « simplifiée » (foret pilote + foret de diamètre nominal) et l'autre moitié a été placée en utilisant un protocole de forage « classique ».</p>	<ol style="list-style-type: none"> Contact osseux-implants (BIC). Analyse de l'occupation de la fraction osseuse (BAFO) 	<p><u>Test t student</u> ($\alpha \leq 0,05$).</p>	<p>Lorsque la technique de forage a été analysée en fonction du temps, les groupes conventionnels ont atteint un BIC et un BAFO statistiquement plus élevés à 3 semaines, mais des valeurs comparables entre les protocoles ont été observées à 5 semaines.</p> <p>Les implants de 4,2 mm ont obtenu un BAFO statistiquement plus élevé par rapport aux implants de 3,75 mm.</p> <p>Selon la méthodologie actuelle, le protocole « conventionnel » a amélioré la formation osseuse à 3 semaines, et des implants de diamètres plus étroits ont été associés à moins de formation osseuse.</p>	<p>Il serait intéressant de réaliser cette étude avec un échantillon plus important et avec plusieurs opérateurs.</p>

Tableau 7 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Simplified drilling technique does not decrease dental implant osseointegration: a preliminary report</p> <p>Jimbo et al</p>	<p>Novembre 2013</p>	<p>Etude in vivo animale</p>	<p>Groupe 1 : 36 implants de 3,75 mm/10 mm.</p> <p>Groupe 2: 36 implants de 4,2 mm/10 mm.</p> <p>La moitié des implants de chaque diamètre a été insérée à l'aide d'une technique « simplifiée » (foret pilote + foret de diamètre final) et l'autre moitié a été placée en utilisant la technique de « forage classique ».</p> <p>Chez 18 chiens.</p> <p>Vitesse : à 900 tr/min sous irrigation abondante.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. -Contact osseux-implants (BIC). 2. Analyse de l'occupation de la fraction osseuse (BAFO) 	<p><u>Test Anova</u> ($\alpha \leq 0,05$).</p>	<p>Le résumé statistique concernant l'effet de la technique de forage et du diamètre d'implant en fonction de chaque fois in vivo a montré que la procédure simplifiée présentait une BIC significativement plus élevée que la procédure conventionnelle pour les implants de 3,75 mm de diamètre à 1 semaine, et pour les implants de 4,2 mm à 3 semaines.</p> <p>Toutes les autres comparaisons statistiques entre la procédure conventionnelle et la procédure simplifiée n'ont pas présenté de différences significatives.</p>	<p>Cette étude in vitro est réalisée sur un grand échantillon avec un groupe contrôle ce qui est un point fort.</p> <p>La marque d'implant utilisée ici n'est pas mentionnée, ni le nombre d'expérimentateurs ce qui limitent l'interprétation des résultats.</p>

Tableau 8 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>The effect of implant diameter on osseointegration utilizing simplified drilling protocols</p> <p>Jimbo et al</p>	<p>2014</p>	<p>Etude in vivo animale</p>	<p>Groupe 1 : 24 implants de 3,75 mm/10 mm.</p> <p>Groupe 2 : 24 implants de 4,2 mm/10 mm.</p> <p>Groupe3 : 24 implants de 5 mm/10 mm.</p> <p>Placés dans les tibias droit et gauche de 12 chiens.</p> <p>Dans le même groupe de diamètre, la moitié des implants a été insérée après un protocole de forage « simplifié » (foret pilote + foret de diamètre final) sur un tibia et l'autre moitié a été placée en utilisant le protocole de forage « classique » sur l'autre tibia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contact os à l'implant (BIC). - Analyse de l'occupation de la fraction osseuse (BAFO). 	<p><u>Test Anova</u> ($p < 0,05$).</p>	<p>Le protocole « simplifié » était associé à un BIC et BAFO significativement plus élevés après 1 semaine. Les différences entre les protocoles n'étaient plus apparentes après 5 semaines, mais le BAFO était inversement et significativement associé au diamètre de l'implant à ce moment-là.</p> <p>Le protocole « simplifié » n'a pas affecté la formation osseuse précoce ou tardive de tout diamètre d'implant testé ; cependant, des diamètres plus larges étaient associés à moins de formation d'os à des temps de guérison plus longs pour les deux techniques.</p>	<p>Il serait intéressant de réaliser cette étude avec un échantillon plus important.</p> <p>La présence de groupes contrôles est un point positif.</p>

Tableau 9 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>In Vitro assessment with the infrared thermometer of temperature differences generated during implant site preparation: The Traditional Technique Versus the Single-Drill Technique</p> <p>Lucchiari et al</p>	<p>Février 2016</p>	<p>Etude transversale in vitro</p>	<p>Groupe A : n = 20 (4 forets de diamètres successifs avec un diamètre final jusqu'à 3,5 mm).</p> <p>Groupe B : n = 20 (1 foret de 3,5 mm de diamètre).</p> <p>Dans chaque groupe, la moitié des ostéotomies a été réalisée avec irrigation (sous-groupes A1 et B1) et l'autre moitié sans irrigation (sous-groupes A2 et B2).</p> <p>Deux ostéotomies ont été effectuées sur chaque échantillon : -1 « classique » d'un côté. -1 « single bur ».</p>	<p>Changement de température.</p>	<p>Test t de Student ($\alpha \leq 0,05$).</p>	<p>La méthode de forage « single bur » a induit une variation de température significativement plus grande que la méthode traditionnelle, mais seulement lorsque l'irrigation a été utilisée ; sans irrigation, la différence de variation de température générée par les deux méthodes n'a pas été statistiquement significative.</p> <p>Le chauffage des os pendant l'ostéotomie n'a jamais dépassé 2°C.</p>	<p>Il serait intéressant de réaliser cette étude avec un échantillon plus important.</p> <p>La présence d'un groupe contrôle est un point positif.</p>

Tableau 10 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Novel hybrid drilling protocol: evaluation for the implant healing--thermal changes, crestal bone loss, and bone-to-implant contact</p> <p>Calvo-Guirado</p>	<p>Juillet 2015</p>	<p>Etude Transversale in vitro</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Côtes de porcs mâles dont 120 préparées pour un implant de 3,75 mm et 10 mm. - 60 sites tests selon le protocole « hybride-biologique simplifié » avec le passage d'un foret pilote de 2 mm puis un foret final de 3,6 mm). - 60 sites témoins selon le protocole de « forage conventionnel » (forets de 1,5, 2,4, de 3 et 3,6 mm). 	<p>Changement de température.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluation par le <u>test de Shapiro-Wilk</u> de la normalité de chaque groupe. - Evaluation par le <u>Test Anova</u> des différences entre les groupes. - <u>Test t student</u> a été appliqué sur les différences entre le protocole « <i>hybride-biologique simplifié</i> » et le protocole de forage « conventionnel ». (P <0,05). 	<p>Le nouveau « protocole hybride » pour la préparation du site sans irrigation augmente la température de manière similaire au protocole « conventionnel ».</p>	<p>Cette étude est intéressante car bien qu'in vitro elle est réalisée sur un échantillon important.</p>
<p>Novel hybrid drilling protocol: evaluation for the implant healing--thermal changes, crestal bone loss, and bone-to-implant contact</p> <p>Calvo-Guirado</p>	<p>Juillet 2015</p>	<p>Etude in vivo animale</p>	<p>6 chiens d'environ un an, en bonne santé.</p> <p>48 implants posés, 2 mois après extractions des prémolaires et des 1^{re} molaires mandibulaires.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - BIC (« Bone Implant Contact »). - CBL (« Crestal Bone Loss »). 	<ul style="list-style-type: none"> - Test <u>Kolmogorov-Smirnov</u> pour confirmer la distribution normale des échantillons. - Détermination par les <u>Test t de Student</u> des différences entre les moyennes. 	<p>Aucune différence significative après 30 jours entre les valeurs de BIC et CBL.</p> <p>Les valeurs BIC ont été augmentées à 90 jours dans les deux groupes par rapport à la période de 30 jours (P <0,05).</p>	<p>L'échantillon de cet étude est faible de plus il aurait été intéressant d'avoir plus d'un opérateur.</p>

Tableau 11 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Thermal evaluation by infrared measurement of implant site preparation between single and gradual drilling in artificial bone blocks of different densities</p> <p>Mohlhenrich et al</p>	<p>November 2016</p>	<p>Etude in vitro</p>	<p>Groupe 1 : 10 implants posés avec un seul foret.</p> <p>Groupe 2 10 implants posés avec des forets de diamètres de 2,8, 3,5 et 4,2 mm.</p> <p>Placés dans quatre blocs d'os artificiels (types de densité I-IV, D1-D4).</p> <p>Vitesse : constante 1 500 tr/min.</p> <p>Irrigation : externe 50 ml/min.</p>	<p>Changement de température.</p>	<p>Test Anova ($\alpha \leq 0,05$).</p>	<p>La faible densité osseuse a entraîné une diminution thermique après un forage avec un seul foret et une augmentation thermique après un forage « séquentiel ».</p> <p>Les forets à grand diamètre ont toujours montré une génération de température plus élevée.</p> <p>Dans les comparaisons entre les diamètres de 2,8 et 4,2 mm pour les exercices simples et graduels, des différences significatives ($P < 0,001$) ont été notées pour les types d'os II, III et IV.</p> <p>Un seul foret pourrait générer plus de chaleur qu'avec un forage « séquentiel traditionnel », et la densité osseuse, ainsi que le diamètre du foret, ont influencé les augmentations thermiques. En particulier dans les os de faible densité, le forage séquentiel classique semble augmenter la température.</p>	<p>La présence d'un groupe contrôle et de plusieurs types d'os est un point fort.</p> <p>Il serait intéressant de réaliser cette étude avec un échantillon plus important et plusieurs opérateurs.</p>

Tableau 12 : tableau récapitulatif des études in vitro sur un protocole simplifié (Niveau de preuve scientifique=C)

Titre	Année	Type d'étude	Population	Critères d'évaluation	Analyse statistique	Résultats	Commentaires
<p>Effect of low speed drilling on osseointegration using simplified drilling procedures</p> <p>Sarendranath et al</p>	<p>Juillet 2015</p>	<p>Etude in vivo animale</p>	<p>Groupe 1 : 26 implants de 3,75 mm/10 mm.</p> <p>Groupe 2 : 26 implants de 4,2 mm/10 mm.</p> <p>Groupe3 : 26 implants de 5 mm/10 mm.</p> <p>Placés dans 12 chiens.</p> <p>Vitesse : 400 rpm.</p> <p>Pour chaque groupe, la moitié des implants a été posée avec un protocole conventionnel et l'autre avec un protocole simplifié.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contact os à l'implant (BIC). - Analyse de l'occupation de la fraction osseuse (BAFO). 	<p>Test Anova ($\alpha \leq 0,05$).</p>	<p>Il n'y pas de différence significative entre les 2 groupes.</p> <p>Cependant pour les 2 protocoles, le BIC était plus élevé pour des implants de 5 mm comparé à des implants de 4,2 mm.</p> <p>Les implants de 3,75 mm ont un BIC intermédiaire.</p> <p>Cette étude suggère que les deux protocoles donnent des résultats similaires.</p>	<p>Il serait intéressant de réaliser cette étude avec un échantillon plus important, avec plusieurs opérateurs dans plusieurs types d'os.</p> <p>La présence de groupes de comparaison est un point positif.</p>

Dans cette revue quatorze articles ont été inclus, deux études in vivo, sept études in vitro sur animal et sept études in vitro sur des blocs osseux.

La population varie de dix implants posés par groupe pour **Lucchiari et al. (2016)** à 60 forages pour **Calvo-Guirado et al. (2015)**.

L'étude de **Bettach et al.** inclut certains cofacteurs tels que : le tabac, différents modes opératoires (greffe de sinus, extraction/implantation immédiate, mise en charge immédiate, implantation conventionnelle).

1.2.4. Récapitulatif en fonction des paramètres étudiés

- Température

La température générée dans des blocs d'os d'origine synthétique ou animale selon le protocole choisi.

Aucune différence significative sur la variation de température selon le protocole employé avec ou sans irrigation n'a été mise en évidence pour la majorité des articles.

Pour **Lucchiari et al. (2016)**, un protocole de forage « simplifié » induit une variation de température significativement plus grande qu'un protocole conventionnel, mais seulement lorsque l'irrigation a été utilisée ; sans irrigation, la différence de variation de température générée par les deux méthodes n'a pas été statistiquement significative.

La température a été mesurée dans tous les articles à l'aide d'une caméra infrarouge.

Seul l'article de **Molhenrich et al.** obtient une différence significative selon le type d'os et le protocole employé.

- BIC/BAFO

L'analyse de la réponse osseuse à l'aide du Bone Implant Contact (BIC) / Bone Area Fraction Occupied (BAFO).

Le Bone Implant contact est défini comme l'observation d'un contact d'implant osseux direct après une période de cicatrisation, sans tissu fibreux interposé. Il a été d'abord rapporté par **Branemark (1983)** et décrit comme « ostéointégration ». La définition du terme ostéointégration a été clarifiée par **Albrektsson et d'autres (1981)** comme le contact direct entre un implant et la surface de l'os à un niveau microscopique.

Les implants posés avec un protocole conventionnel ont atteint un BIC et un BAFO statistiquement plus élevés à 3 semaines, mais des valeurs comparables entre les protocoles ont

été observées à 5 semaines pour tous les articles avec des différences seulement au niveau du diamètre de l'implant.

- Analyse du temps opératoire

Le temps opératoire était sur une moyenne de 2.10 +/- 0.25 min. pour un protocole simplifié et 5.77 +/- 0.99 min. pour le protocole conventionnel.

La différence de moyenne de 3.66 min. était statistiquement significative en faveur du protocole simplifié avec un $p < 0,0001$.

- Evaluation du niveau osseux péri-implantaire

Seul l'article de **Guazzi et al.** évalue ce critère en comparant l'utilisation d'un protocole simplifié et conventionnel. Aucune différence n'a pu être mise en évidence sur leurs résultats.

- Analyse de la douleur post-opératoire

D'après **Guazzi et al.** un protocole simplifié génère moins de douleurs post-opératoires qu'un protocole conventionnel, avec une différence significative avec un $p < 0,0001$. Il existe également une différence sur le nombre d'analgésiques pris par les patients en post-opératoire en faveur d'un protocole simplifié.

- Analyse de la stabilité primaire

Dans l'étude menée par **Gehrke et al. (2016)**, ils ont tenté d'évaluer l'ISQ à travers une étude in vitro en comparant plusieurs protocoles de forage. Les trois groupes comparés dans cet article ne sont pas constitués d'implants de diamètres similaires, ce qui limite les conclusions.

- Taux de succès implantaire

Il a été défini dans l'étude de **Bettach et al.** selon les critères de Buser et Cochran.

Ces critères sont :

- Aucune mobilité clinique détectée quand on oppose deux instruments.
- Aucun signe de radio-clarté péri-implantaire.
- Aucune récurrence ou persistance d'infection péri-implantaire.
- Aucune plainte de douleur.
- Aucune plainte de neuropathie ou paresthésie.

Le taux était de 98 %, représentant 7 échecs implantaire sur un total de 350 implants. Tous les échecs ont été notifiés à 4 mois post-opératoires. Deux d'entre eux ont été notifiés chez une femme de 59 ans fumant plus de 10 cigarettes par jour, ayant subi une extraction/implantation immédiate avec une restauration provisoire immédiate. Les cinq autres échecs n'ont pas compromis la fonction prothétique. Pour **Guazzi et al.** aucun échec implantaire n'a été notifié.

- Taux de succès prothétique

Ce critère a été évalué dans l'étude de **Bettach et al.**, il a été défini comme toute prothèse fonctionnelle : aucune mobilité ou douleur présente, et à chaque visite la stabilité de la prothèse a été évaluée en opposant la pression de deux instruments.

Le taux de succès prothétique a été évalué à 99,3 %. Tous les échecs ont été notifiés à 4 mois post-implantation.

1.2.5. Synthèse des données actuelles

L'objectif de cette analyse de la littérature était de faire un bilan des connaissances acquises autour de l'utilisation d'un nouveau protocole « simplifié » tant d'un point de vue physique sur l'échauffement osseux, biologique concernant le BIC et le BAFO mais également d'un point de vue clinique avec l'analyse de critères tels que le temps opératoire, les douleurs post-opératoires pouvant survenir et le taux de survie implantaire.

Les résultats montrent qu'un protocole simplifié ne semble pas générer plus de chaleur qu'un protocole conventionnel. De plus le protocole simplifié génère moins de douleurs post-opératoires grâce à sa rapidité de mise en œuvre. De manière générale, les opérateurs semblent le préférer.

De plus d'un point de vue clinique, les taux de survie implantaire et prothétique ne présentent pas de différence selon l'emploi d'un protocole simplifié ou conventionnel.

Il n'y a pas suffisamment d'études pour en tirer des conclusions, le nombre d'études préclinique et clinique est trop faible. Il y a peu d'études à haut niveau de preuve.

1.2.6. Limites de l'analyse de la bibliographie

1.2.6.1. Choix des articles

- La limitation de l'analyse des études publiées uniquement en français ou en anglais. Ainsi, notre analyse pourrait manquer d'études scientifiques pertinentes publiées dans d'autres langues.
- Par ailleurs, seuls les articles disponibles en ligne et sur papier ont été inclus dans l'étude.

1.2.6.2. Type d'études

Notre recherche nous donne un nombre important d'études in vitro (12/14) et un nombre faible d'essais cliniques (2/14) dont un seul est une étude clinique randomisée, ce qui nous limite sur les conclusions à en tirer.

1.3. Limites des connaissances scientifiques

Au vu de la littérature scientifique actuelle, un protocole simplifié ne semble pas présenter de risques ou d'inconvénients supplémentaires (taux de survie implantaire, taux de succès prothétique, température générée,...) en comparaison à un protocole conventionnel.

En effet à travers la conclusion des articles étudiés précédemment, nous nous sommes interrogés si :

- Un protocole simplifié permet-il de réduire de manière significative le temps opératoire ?
- Un protocole simplifié est-il un protocole accessible à tout niveau confondu de praticiens ou nécessite-t-il une courbe d'apprentissage importante ?
- Un protocole simplifié est-il aussi précis qu'un protocole conventionnel ?
- Un protocole simplifié pourrait-il être adopté dans une pratique quotidienne ?
- De plus, certains auteurs comme **Guazzi et al**, et **Giro et al**. relèvent que l'axe du forage lors de l'utilisation du protocole simplifié est difficile à rattraper, qu'en est-il réellement ?

De plus, il n'existe quasiment aucune publication sur l'apport de la butée, à part celle de **Greenstein et al.** *“Using Drill Stops on Twist Drills to Promote Safety and Efficiency When Creating Osteotomies for Dental Implants.” (April 2014)*, qui présuppose les bénéfices de la butée.

Dans le but de répondre à l'ensemble des questions suscitées par les résultats de notre revue littéraire, nous avons réalisé une étude in vitro comparative entre un protocole conventionnel, un protocole simplifié et un protocole simplifié avec butée.

1.4. Objectifs de l'étude

Dans cette thèse, les objectifs de notre étude in vitro sont d'évaluer et de comparer entre les différents protocoles :

- La précision.
- L'ergonomie.
- La sécurité.
- L'apport de la butée dans un protocole.

2. Matériels et Méthodes

Le but de cette étude est d'évaluer le temps opératoire, la précision et la reproductibilité de 3 protocoles de forage implantaire.

2.1. Population étudiée

2.1.1. Taille de l'échantillon

Pour réaliser cette étude pilote, nous avons réuni 18 participants, lesquels étaient divisés en 3 groupes : étudiants, omnipraticiens et chirurgiens oraux.

2.1.2. Critères d'inclusions

Les critères d'inclusion par groupe étaient :

- 3 groupes distincts homogènes composés de 3 hommes et de 3 femmes.
- Le groupe 1 doit être constitué d'étudiants n'ayant pas pratiqué cliniquement l'implantologie durant leur cursus.
- Le groupe 2 d'omnipraticiens ayant au moins 5 ans d'expérience clinique et ne posant pas d'implants dans leur activité quotidienne.
- Le groupe 3 de chirurgiens ayant une formation de chirurgie/implantologie.

2.1.3. Critère d'exclusion

Le critère d'exclusion est qu'aucun des participants n'ait déjà utilisé le protocole **Implant Diffusion International**[®] (IDI[©]).

2.2. Lieu de l'étude

Des modèles en polyuréthane ont été fournis par IDI[©] et ont été fixés sur des mannequins fantômes d'une salle de travaux pratiques à la faculté de Garancière (Paris Diderot).



Figure 1 : Modèle utilisé lors du TP

2.3. Protocole de forage en vue de la pose d'un implant de 4,2 mm

Le choix de l'implant s'est arrêté sur un implant de diamètre 4,2 mm et de longueur 12 mm (4,2x12), les dimensions étant en accord avec le remplacement d'une incisive ou d'une prémolaire. Ce sont également les dimensions des implants de démonstration fournis par IDI®.

2.3.1. Protocole A : Trousse de forets Universal©

Ce protocole servira de protocole de référence lors de notre étude.

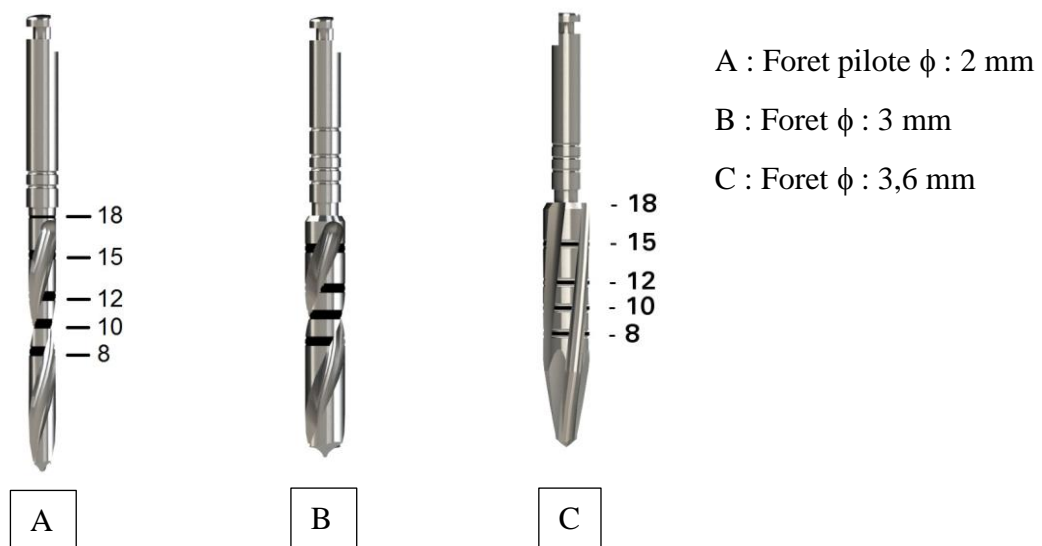


Figure 2 : Protocole Universal ©

Il se caractérise par le passage d'un foret pilote de 2 mm, 3 mm puis d'un foret de 3,6 mm pour un implant de la gamme ID^{CAM}© de 4,2 mm.



Figure 3 : Implant ID CAM© 4,2/12 m

2.3.2. Protocole B : Trousse de forets ID^{ALL}© sans butée

Ce protocole se définit par le passage d'un seul foret de 3,8 mm de diamètre sans butée pour un implant de la gamme ID^{ALL}© de 4,2 mm x 12 mm.



Figure 4 : Foret unique sans butée pour un implant de ϕ : 4,2mm (IDI©)

2.3.3. Protocole C : Trousse de forets ID^{ALL}© avec butée

Ce protocole se caractérise par le passage d'un seul foret de 3,8 mm de diamètre avec butée pour un implant de la gamme ID^{ALL}© de 4,2 mm x 12 mm.



Figure 5 : Foret unique avec butée pour un implant de ϕ : 4,2 mm (IDI©)

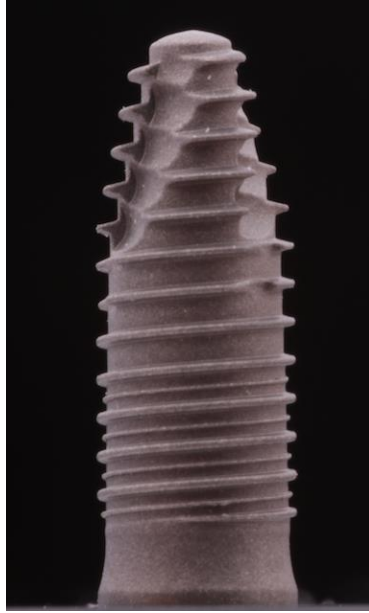


Figure 6 : Implant IDALL© 4,2/12mm

2.4. Déroulement de l'étude

2.4.1. Avant l'étude

Un essai préliminaire a été réalisé afin de déterminer exactement le nombre d'implants, le kit de forages et les modèles nécessaires pour la réalisation de l'étude.

Chaque participant de chaque groupe posera 27 implants répartis sur 3 sites d'un modèle maxillaire :

- Première prémolaire maxillaire droite (14).
- Deuxième prémolaire maxillaire gauche (25).
- Incisive centrale maxillaire gauche (21).

Afin que chaque participant bénéficie des mêmes informations, une vidéo et une brochure de présentation des différents protocoles de forage, de l'objet de l'étude ainsi que le rôle des participants leur ont été présentées. Tous les participants ont pris part à l'étude, à différents moments selon leur disponibilité et celle du lieu d'étude.

Le modèle partiellement édenté a été analysé par CFAO et un montage directeur préfigurant l'emplacement idéal des dents absentes a été réalisé à l'aide du laboratoire **GCERAM**. Chaque participant a donc pu prévisualiser le projet prothétique.

2.4.2. Matériels

Une commande de matériel a été effectuée auprès de plusieurs fournisseurs. Cette liste était constituée de :

- 324 implants ID^{ALL}© 4.2x12 mm.
- 162 implants ID^{CAM}© 4.2x12 mm.
- 7 kits de forages conventionnels : Universal© 4.2x12 mm → 3 forets
- 7 kits de forages ID^{ALL}© sans butée.
- 7 kits de forages ID^{ALL}© avec butée (Turbodrill©).
- 162 modèles en polyuréthane.
- 162 plaques métalliques.

2.4.3. Consignes

Les consignes données à l'aide du wax-up sur le placement de l'implant sont :

- Centré sur le sillon mésio-distal pour 14 et 25.
- Centré sur la face palatine au niveau du cingulum de la 21.
- Juxta-crestal.
- Dans l'axe des dents adjacentes.
- A 2 mm en mésio-distal de la dent adjacente.



Figure 7 : Montage directeur réalisé par CFAO

Afin d'éviter qu'une courbe d'apprentissage ne se crée trop rapidement, l'ordre d'utilisation des protocoles et des sites à implanter a été intentionnellement mélangé pour ne pas permettre une adaptation trop rapide.

2.4.4. Présentation des travaux pratiques :

- 1) Tous les participants du groupe poseront dans un premier temps un implant ID^{CAM} 4.2x12 mm après avoir utilisé le protocole A pour la 14.
- 2) Lorsqu'un participant termine, le temps de forage et le temps de pose sont notés par l'assistant puis le participant passe sur le mannequin suivant où il devra poser un implant ID^{ALL} 4.2x12 mm sur la 25 d'un nouveau modèle avec le protocole B (1 foret/1 implant) puis une fois terminé, sur le mannequin suivant avec le protocole C (1 foret avec butée / 1 implant) sur le site de l'incisive centrale 21.

- 3) Le récapitulatif de l'ordre de pose est :
- Protocole A 14 / Protocole B 25 / Protocole C 21
 Protocole A 25 / Protocole B 21 / Protocole C 14
 Protocole A 21 / Protocole B 14 / Protocole C 25
- 4) Une fois les 9 implants posés sur les 3 modèles, le praticien recommence cette séquence encore 2 fois.
 Ce qui représente un total de 9 implants par personne pour chaque protocole soit un total de 27 implants par participant.
- 5) A la fin de chaque session un questionnaire sera rempli par chaque participant sur le confort et la sécurité ressentis lors de l'utilisation de ces différents protocoles (cf. Questionnaire annexe).
- 6) Après les 3 sessions, tous les implants ont été déposés et la profondeur de chaque forage a été relevée à l'aide d'une sonde graduée semi-millimétrique.

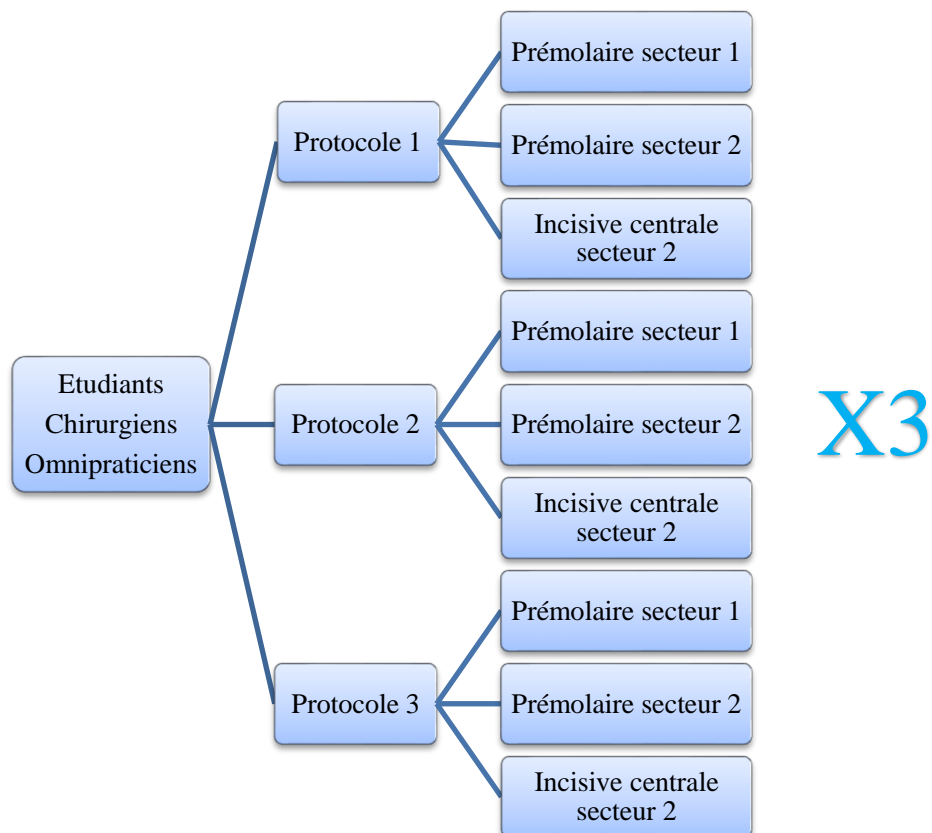


Figure 8 : Résumé du déroulement de l'étude

2.5. Critères d'évaluation

Au cours de cette étude, l'ergonomie, la sécurité, la précision et la satisfaction de chaque opérateur ont été observées.

Ces critères ont été évalués à l'aide de plusieurs variables détaillées ci-dessous :

- Le temps de forage.
- Le temps de pose de l'implant.
- L'appréciation de chaque opérateur par le biais d'un questionnaire.
- La position de l'implant.
- La profondeur de forage.

2.5.1. Temps de forage

Le temps de forage correspond au temps écoulé depuis le moment où le participant prendra son contre angle avec le foret déjà inséré jusqu'au passage du dernier foret.

Ce temps est mesuré par l'assistant lors du TP à l'aide d'un chronomètre.

Le résultat est noté en secondes.

2.5.2. Temps de pose

Le temps de pose est défini comme étant le temps restant jusqu'à la pose de l'implant.

L'implant est posé à l'aide d'une clé à cliquet, insérée au préalable sur le porte-implant.

Ce temps est mesuré par l'assistant lors du TP à l'aide d'un chronomètre.

Le résultat est noté en secondes.

2.5.3. Questionnaire (voir annexe 2)

Un questionnaire a été rédigé pour cette étude afin d'évaluer l'appréciation des participants sur ces différents protocoles. Le questionnaire est composé de 6 questions.

Les 4 premières questions évaluent la sécurité, la rapidité, la précision et l'ergonomie ressenties par chaque participant. Chaque individu recommandait un protocole en fonction de chaque critère.

Pour la 5^e question, il devait recommander un protocole parmi les trois. La dernière question laissant place à un commentaire libre.

2.5.4. Position de l'implant

La précision de la position de l'implant est évaluée grâce à deux critères : le point d'impact du forage et l'axe de l'implant.

2.5.4.1. Point d'impact

Le point d'impact correspond à la situation spatiale du forage implantaire. Pour l'évaluer, une gouttière a été réalisée à partir d'une plaque thermoformée. Cette plaque a été appliquée sur un duplicata du modèle utilisé dans le cadre de notre étude et a été perforée au niveau de chaque site. Chaque perforation était de 6 mm de diamètre.

Pour les deux prémolaires, les perforations devaient se situer à 1,5 mm respectivement de 13 et de 26. En ce qui concerne l'incisive, les perforations devaient être centrées sur l'espace mésio-distal.

Le point d'impact a été analysé en plaçant la plaque sur chaque modèle.

Un score de 2 était attribué si l'implant rentrait dans la perforation de la gouttière.

Dans le cas contraire un score de 0 était noté.

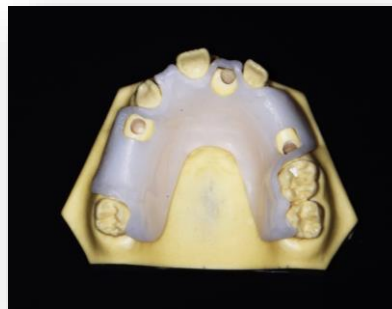


Figure 9 : Modèle utilisé en TP avec la gouttière évaluant le point d'impact

2.5.4.2. Axe de l'implant

L'axe est défini comme l'angulation de l'implant dans l'espace. Afin de l'apprécier, trois gouttières thermoplastiques, avec des perforations de 2, 3 et 4 mm au niveau du centre de chaque dent à implanter, ont été fabriquées. Ces gouttières ont été réalisées à l'aide du wax-up réalisées par CFAO représentant l'emplacement idéal de chaque dent.

Afin d'analyser l'axe de la dent, plusieurs étapes étaient nécessaires :

- Pose de la vis de couverture.
- Pose de la gouttière avec les perforations de 2 mm sur le modèle.
- Insertion du tournevis à travers la gouttière dans la vis de couverture.

Si le tournevis ne pouvait être inséré, la gouttière de 3 mm était mise en place. Si pour la gouttière de 3 mm, le tournevis ne pouvait toujours pas être inséré, la gouttière avec des perforations de 4 mm était utilisée.

Si le tournevis pouvait être inséré à travers la gouttière :

- De 2 mm, un score de 1 était donné à l'implant.
- De 3 mm, un score de 0,5 était donné à l'implant.
- De 4 mm ou au-delà, un score de 0 était donné à l'implant.



Figure 10 : Gouttière permettant d'évaluer l'axe des implants

2.5.4.3. Échelle d'évaluation globale

Pour obtenir une échelle de précision les 2 mesures ont été combinées de la manière suivante :

	Point d'Impact Inexploitable : Score = 0	Point d'Impact Idéal : Score = 2
Axe Idéal : Score = 1	0	2
Axe Moyen : Score = 0,5	0	1
Axe Inexploitable : Score = 0	0	0

Un implant avec un axe idéal et un point d'impact idéal aura donc un score de 2.

Un implant avec un axe moyen mais un point d'impact idéal aura un score de 1.

Dans tous les autres cas, l'implant sera considéré comme inutilisable et aura donc un score de 0.

2.5.5. Profondeur de forage

L'objectif est de poser un implant de longueur 12 mm, la partie travaillante du foret étant de 12 mm. On a mesuré l'écart pour chaque protocole de cette valeur.

Chaque implant a été déposé puis, à l'aide d'une sonde graduée semi-millimétrique, la profondeur de forage a été relevée, correspondant à la distance entre le fond du puit implantaire et la crête.

2.6. Recueil des données et Analyse des questionnaires

2.6.1. Données et diagnostics de référence

Toutes les mesures de temps ont été effectuées à l'aide d'un chronomètre par l'assistant et notées sur une feuille de saisie.

Une fois les sessions terminées, les valeurs concernant l'axe de l'implant puis le point d'impact ont été relevées.

Par la suite, tous les implants ont été déposés et les profondeurs de forage ont été reportées à l'aide d'une sonde graduée semi-millimétrique.

Les questionnaires ont été remplis par les participants à la fin de chaque session.

2.6.2. Examineur

Les questionnaires ont été recueillis et analysés par un seul examineur.

Les questionnaires ont été présentés en format papier.

Les instructions pour les participants étaient standardisées.

2.6.3. Gestions des données

Les données ont été recueillies sur une feuille papier puis reportées sur un fichier informatique.

Elles étaient alors anonymisées, un numéro étant attribué à chaque participant.

Les résultats ont ensuite été analysés et traités à l'aide du logiciel EXCEL (Microsoft) et PSPP by Genu par moi-même. Toutes ces analyses ont été vérifiées par le Dr Rillard, praticien hospitalier de l'Hôpital La Pitié Salpêtrière.

2.6.4. Analyse statistique des données

Une analyse de variance ANOVA a été utilisée pour évaluer la différence entre les protocoles pour les temps de forage, temps de pose, temps global, profondeur de forage, précision puis un test de T Student pour comparer les différences deux à deux.

Un test de corrélation bi-variée de Pearson a été utilisé pour expliquer si une tendance existait entre les résultats obtenus (rapidité/efficacité) et l'expérience acquise après chaque session.

3. Résultats

3.1. Temps opératoire

3.1.1. Temps de forage

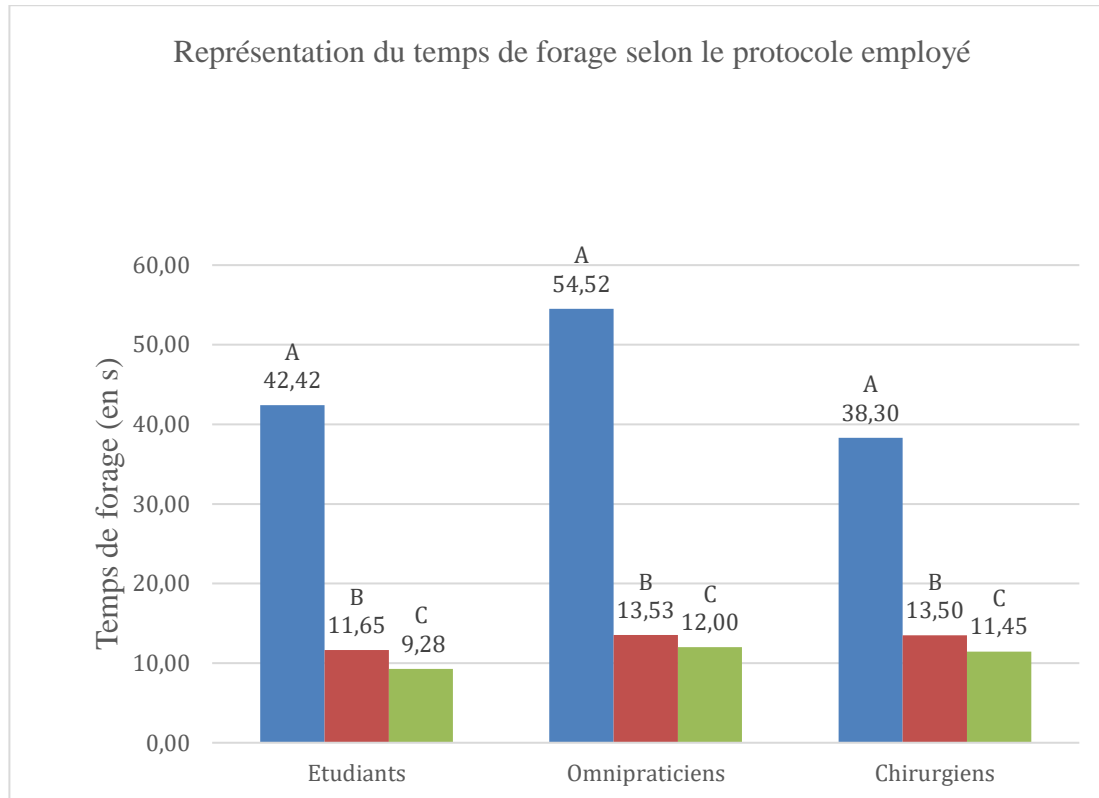


Figure 11 : Représentation du temps de forage selon le protocole employé

Tous les groupes prennent entre 3 et 4,5 fois moins de temps ($p < 0,05$) pour réaliser la préparation du site implantaire avec les protocoles à un seul foret B ou C comparé au protocole A.

La diminution du temps de forage entre l'utilisation d'un protocole à un seul foret avec butée ou sans butée n'est significative que pour les étudiants.

3.1.2. Temps de pose

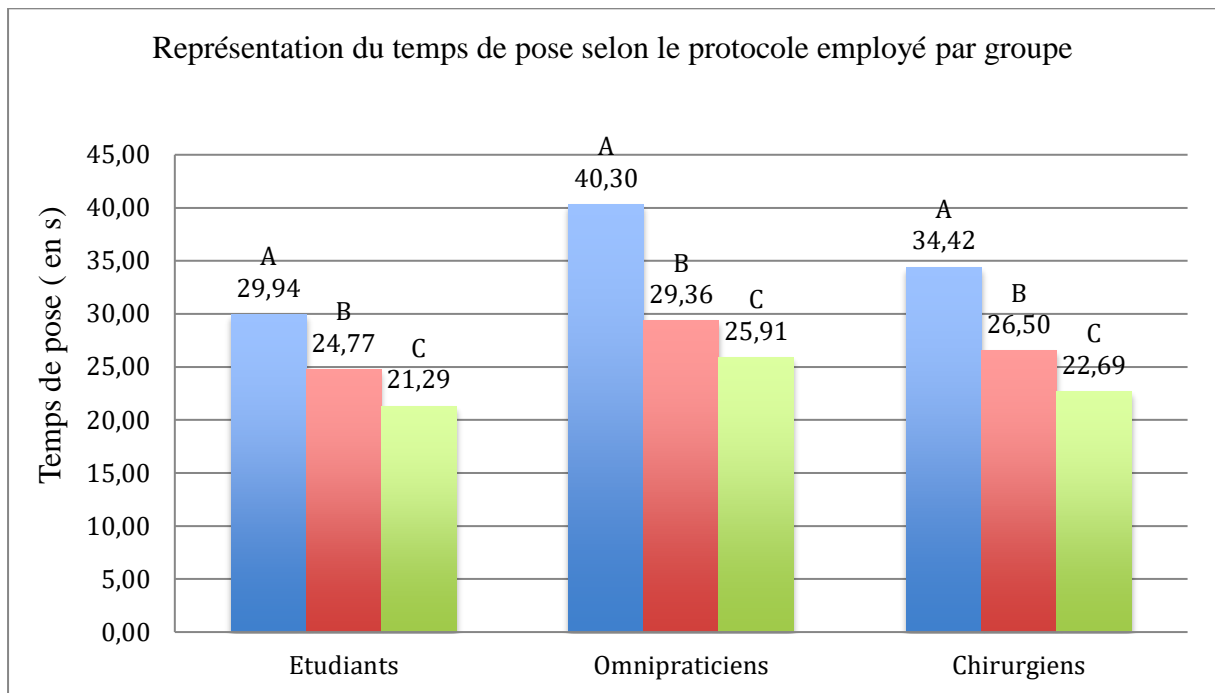


Figure 12 : Représentation du temps de pose selon le protocole employé par groupe

Tous les groupes prennent environ 1,5 fois moins de temps ($p < 0,05$) pour poser un implant après l'utilisation du protocole C comparé à l'utilisation du protocole A.

Les omnipraticiens et les chirurgiens mettent entre 1,3 et 1,4 fois moins de temps ($p < 0,05$) à poser un implant après l'emploi du protocole B comparé aux implants posés avec le protocole A.

Les étudiants et les chirurgiens mettent environ 1,16 fois moins de temps ($p < 0,05$) à poser un implant après l'emploi du protocole C comparé au protocole B.

3.1.3. Temps global

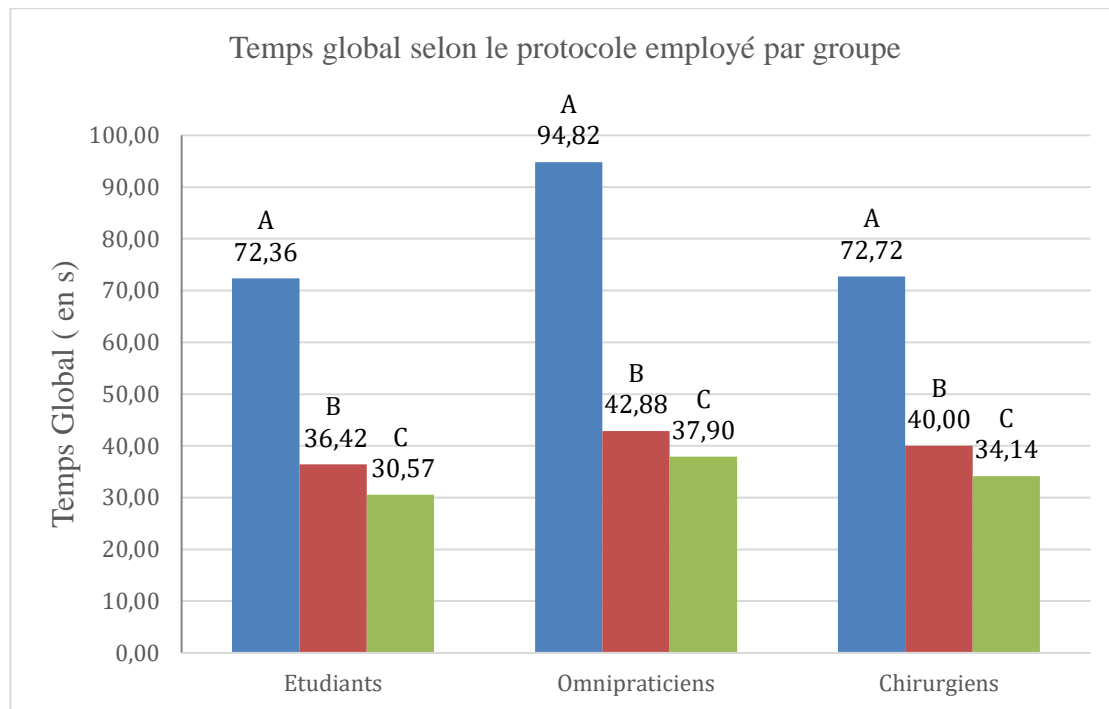


Figure 13 : Moyenne du temps opératoire global selon le protocole employé par groupe

Tous les groupes prennent environ entre 2 et 2,5 fois moins de temps ($p < 0,05$) sur la globalité de l'opération en utilisant un protocole à un seul foret avec ou sans butée comparé à l'utilisation du protocole conventionnel.

Les étudiants et les chirurgiens prennent environ 1,15-1,2 fois moins de temps ($p < 0,05$) pour poser un implant après l'utilisation du protocole à un seul foret avec butée comparé à l'utilisation du protocole à un seul foret sans butée.

3.2. Appréciation de la précision

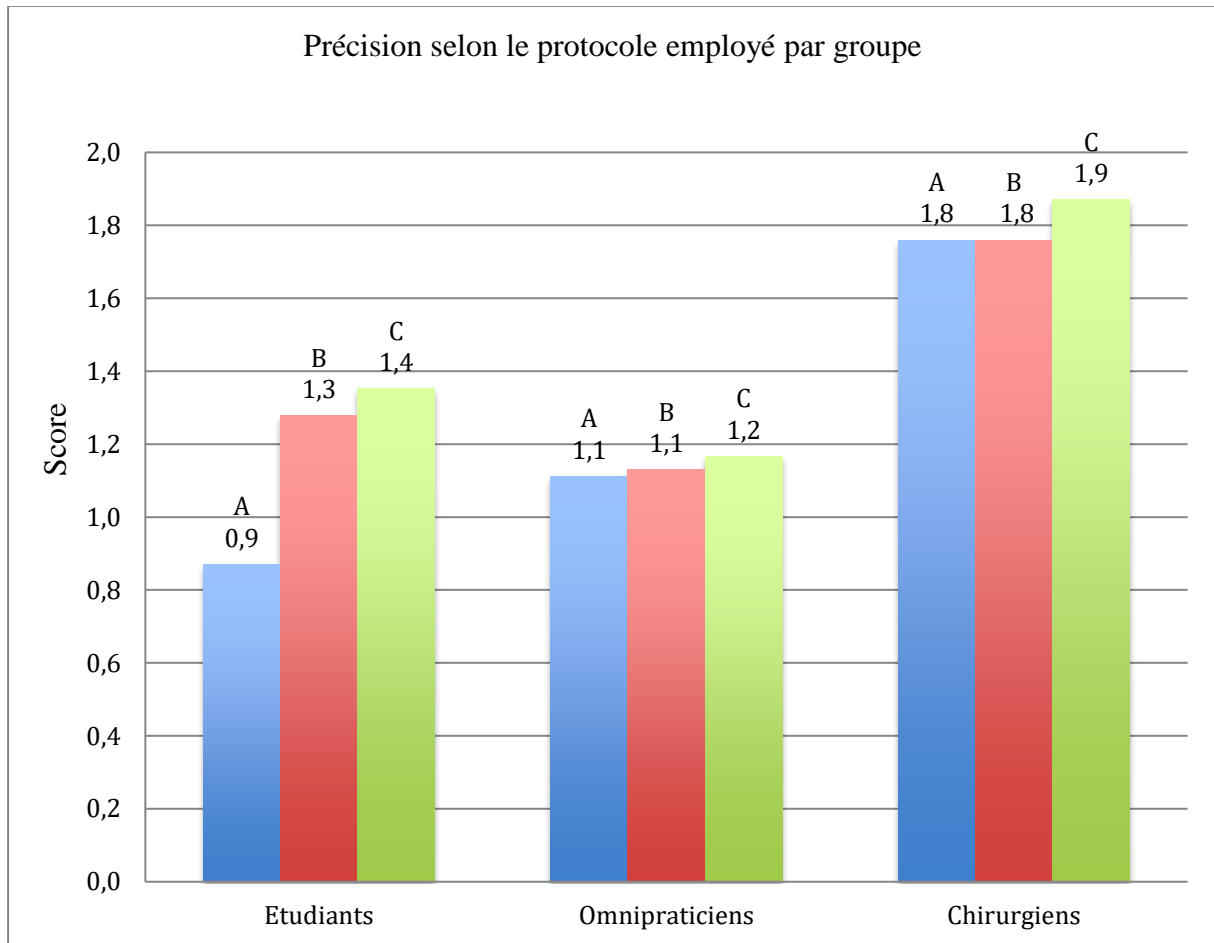


Figure 14 : Moyenne de la précision selon le protocole employé par groupe

Les étudiants sont entre 1,4 et 1,5 fois plus précis ($p < 0,05$) avec l'utilisation d'un protocole à un seul foret comparé à l'utilisation d'un protocole conventionnel.

Aucune différence significative n'a été mise en évidence pour tous les autres cas.

3.3. Profondeur de forage

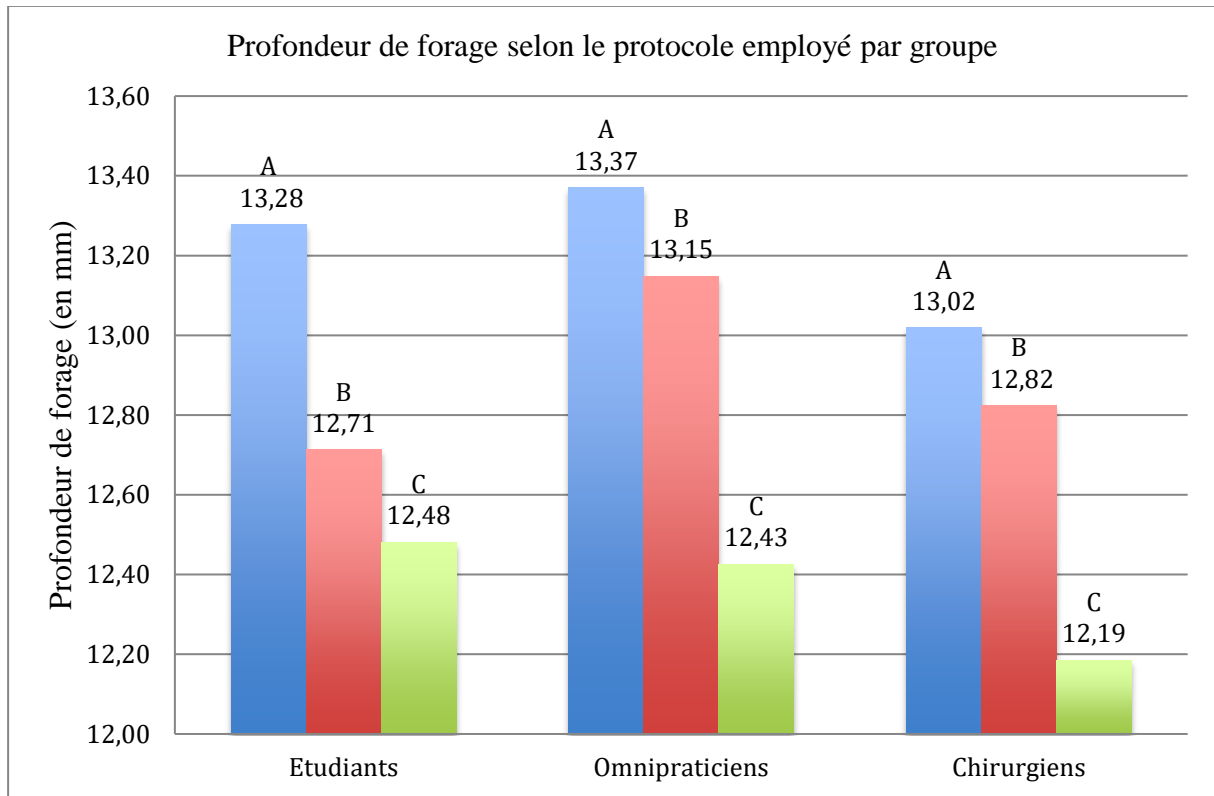


Figure 15 : Moyenne de la profondeur de forage selon le protocole employé par groupe

Tous les praticiens sont 3 à 5 fois plus précis au niveau de la profondeur de forage ($p < 0,05$) en utilisant un protocole à un seul foret avec butée comparé à l'utilisation d'un protocole conventionnel et simplifié sans butée.

Les étudiants sont 1,9 fois plus précis ($p < 0,05$) avec un protocole simplifié sans butée comparé à un protocole conventionnel sans butée également.

3.4. Courbe d'apprentissage

3.4.1. Courbe d'apprentissage et temps global

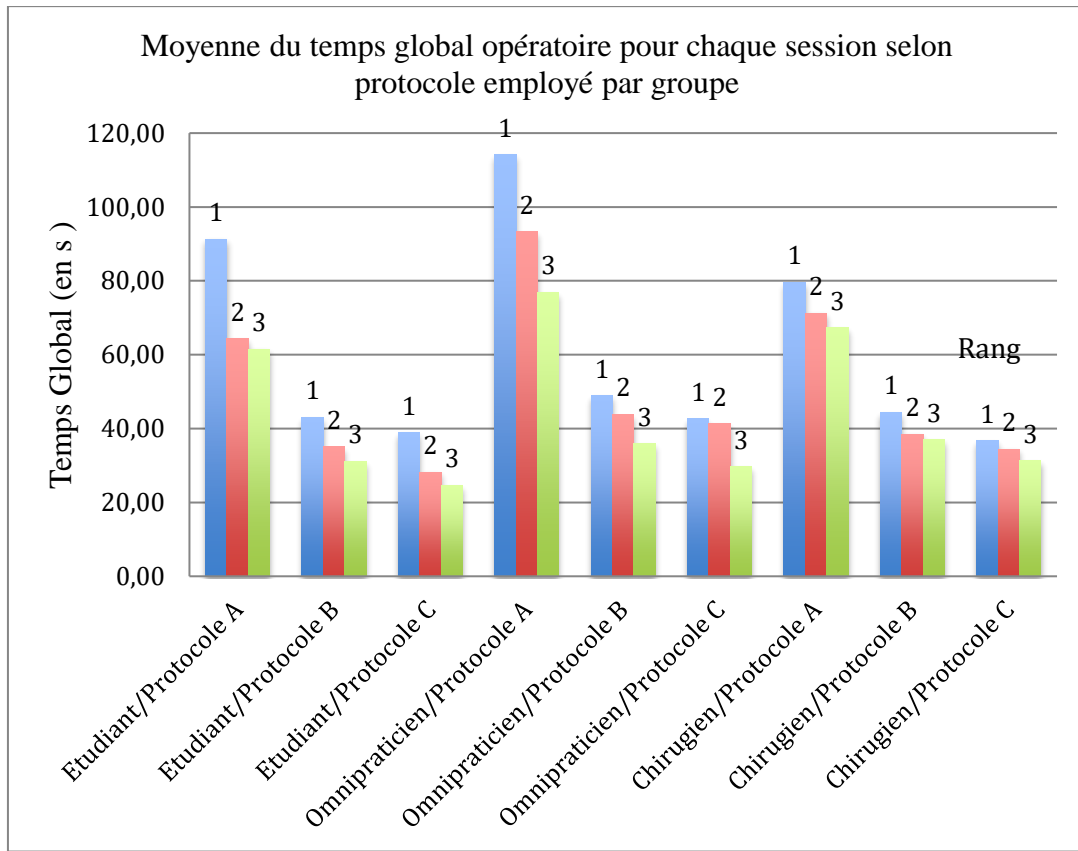


Figure 16 : Moyenne du temps global opératoire pour chaque session selon le protocole employé par groupe

Les étudiants et les omnipraticiens sont environ 1,4 - 1,5 fois plus rapides ($p < 0,05$) sur la troisième session comparé à la première session avec chaque protocole. Cette tendance a été testée à l'aide du test de corrélation bi-variée de Pearson.

Les chirurgiens montrent également une diminution sur le temps global de l'intervention ($p < 0,05$) mais cette différence n'est significative que pour l'utilisation du protocole à un seul forer sans butée.

3.4.2. Courbe d'apprentissage et précision

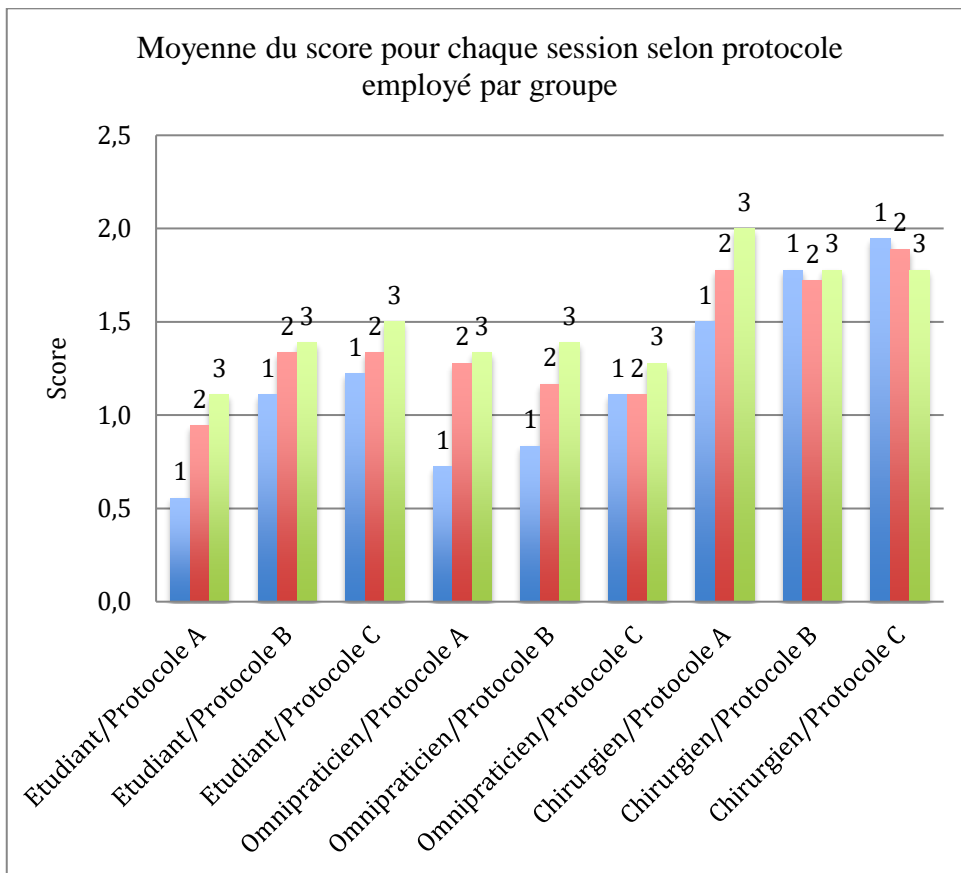


Figure 17 : Moyenne du score pour chaque session selon le protocole employé par groupe

Il existe une corrélation significative ($p < 0,05$) entre la session et la précision ; en effet les omnipraticiens et les chirurgiens semblent montrer une amélioration de la précision après chaque session avec le protocole conventionnel.

Cette association existe ($p < 0,05$) pour le protocole simplifié sans butée avec les omnipraticiens.

Pour la première session (1^{re} pose pour chaque protocole), les étudiants sont 2,2 fois plus précis avec un protocole simplifié avec ou sans butée comparé au protocole conventionnel.

Lors de la première session, les chirurgiens sont 1,3 fois plus précis avec un protocole simplifié avec butée comparé au protocole conventionnel.

Ces différences de précision ne sont plus significatives pour la dernière session pour tous les groupes.

Ci-dessous, se trouvent sous forme de tableaux, les résumés des corrélations existantes positives représentées par un « + » ou par un « = » dans le cas contraire.

	Etudiants	Omnipraticiens	Chirurgiens
Rapidité	+	+	=
Précision	+	+	+

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de l'association entre la session et la rapidité de l'intervention d'une part et la qualité d'autre part selon les 3 groupes et le protocole A

	Etudiants	Omnipraticiens	Chirurgiens
Rapidité	+	+	+
Précision	=	+	=

Tableau 2 : Tableau récapitulatif de l'association entre la session et la rapidité de l'intervention d'une part et la qualité d'autre part selon les 3 groupes et le protocole B

	Etudiants	Omnipraticiens	Chirurgiens
Rapidité	+	+	=
Précision	=	=	=

Tableau 3 : Tableau récapitulatif de l'association entre la session et la rapidité de l'intervention d'une part et la qualité d'autre part selon les 3 groupes et le protocole C

En résumé :

Avec un protocole conventionnel, les étudiants et les omnipraticiens semblent être plus rapides et plus précis et les chirurgiens plus précis après chaque session.

Avec un protocole simplifié, les étudiants et les chirurgiens semblent être plus rapides et les omnipraticiens plus rapides et plus précis après chaque session.

Avec un protocole simplifié avec butée, les étudiants et les omnipraticiens semblent être plus rapides.

Il n'est mentionné ici que les associations positives significativement différentes, il faudrait poser plus d'implants avec chaque protocole dans les mêmes conditions pour en tirer davantage de conclusions.

3.5. Précision

3.5.1. Par protocole

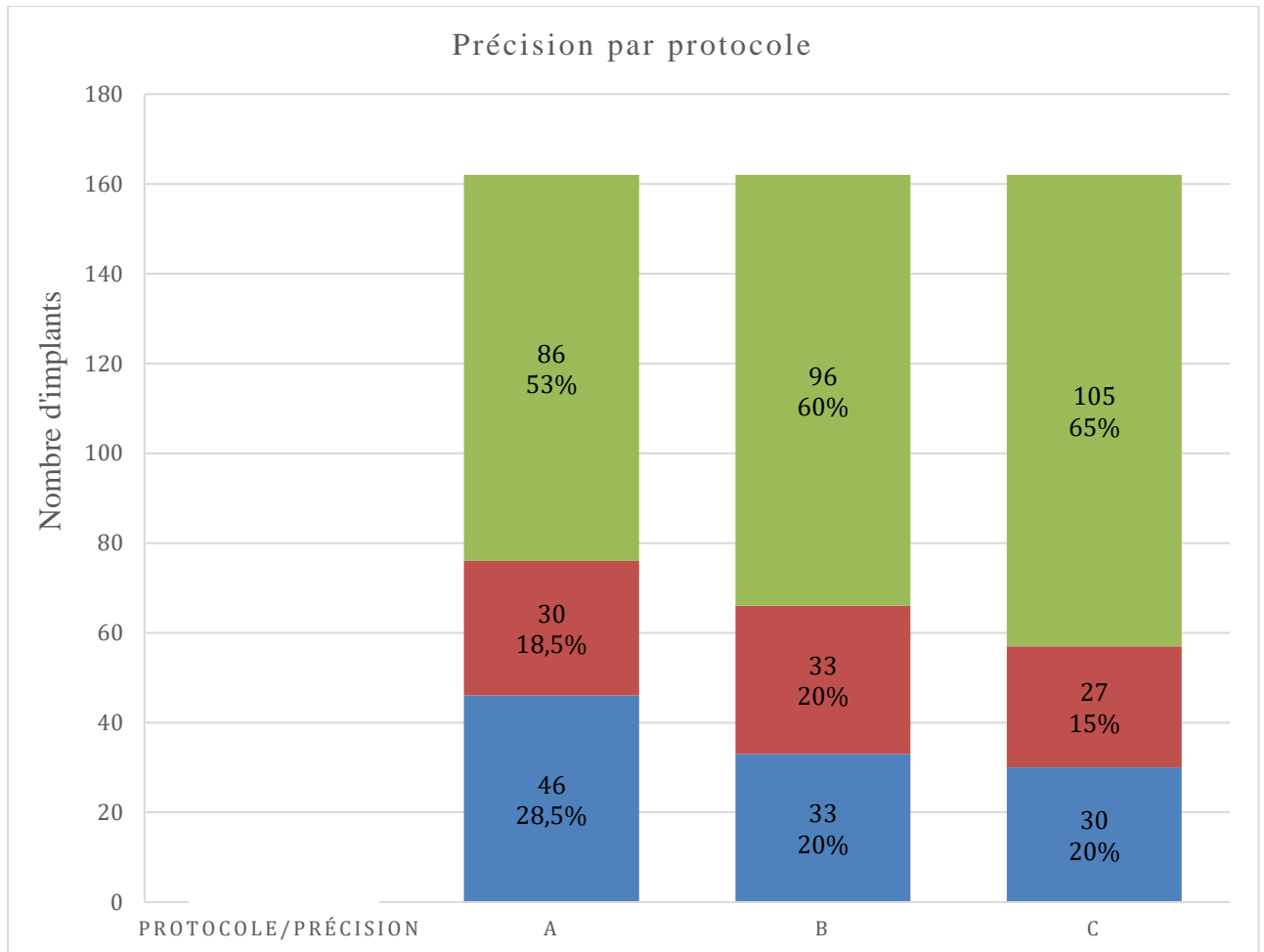


Figure 18 19: Précision par protocole tout groupe confondu

Les praticiens, tout groupe confondu, obtiennent plus souvent un score optimal ($p < 0,05$) avec le protocole simplifié avec butée (65%) qu'avec le protocole conventionnel (53%).

3.5.2. Par site (données complémentaires)

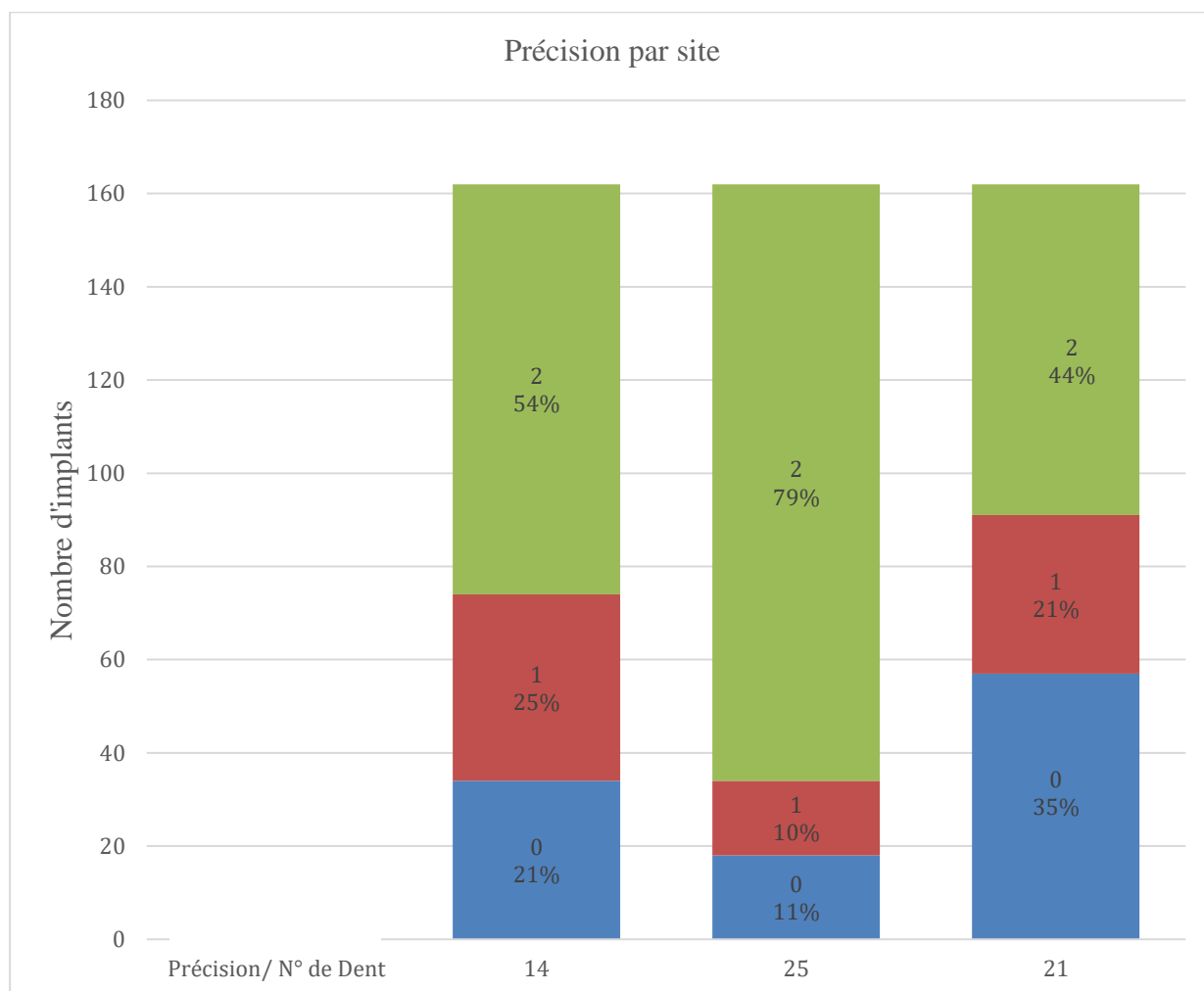


Figure 19 : Précision par site tout groupe confondu

Les sites représentés sur les graphiques ci-dessus et ci-dessous sont les suivants :

- Le site 1 représente la dent numero 14.
- Le site 2 représente la dent numéro 25.
- Le site 3 représente la dent numéro 21.

Les praticiens, tout groupe confondu, obtiennent plus souvent un score optimal ($p < 0,05$) lorsqu'ils posent un implant pour remplacer la première prémolaire secteur 1 (54%) que l'incisive centrale secteur 2 (44%).

Les praticiens, tout groupe confondu, obtiennent plus souvent un score optimal ($p < 0,05$) lorsqu'ils posent un implant pour remplacer la deuxième prémolaire secteur 2 (79%) que la première prémolaire secteur 1 ou l'incisive centrale secteur 2.

On observe que le site qui entraîne le plus la pose d'implant inexploitable est le site 3 soit la dent 21.

3.5.3. Par groupe

Répartition des implants selon la précision

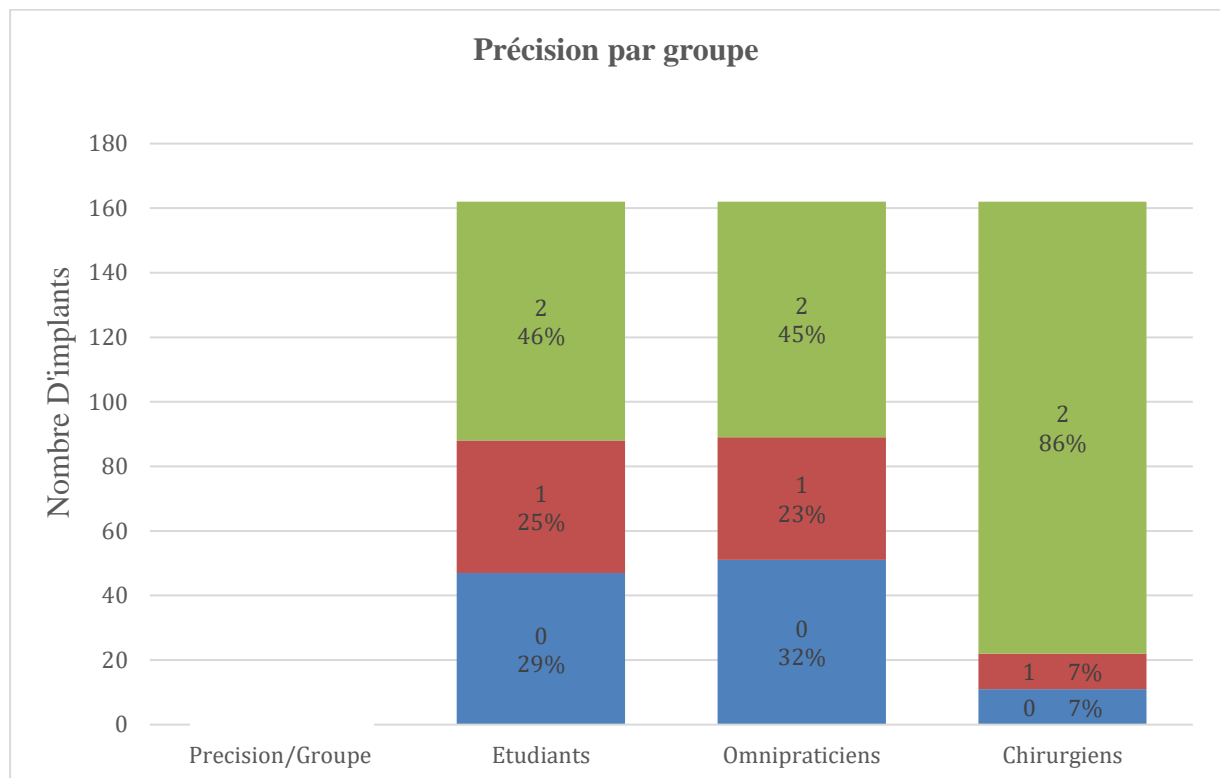


Figure 20 : Précision par groupe

Les chirurgiens obtiennent plus souvent un score optimal (86%) ($p < 0,0001$) comparé aux omnipraticiens (45%) ou aux étudiants (46%).

3.5.4. Par groupe et par protocole

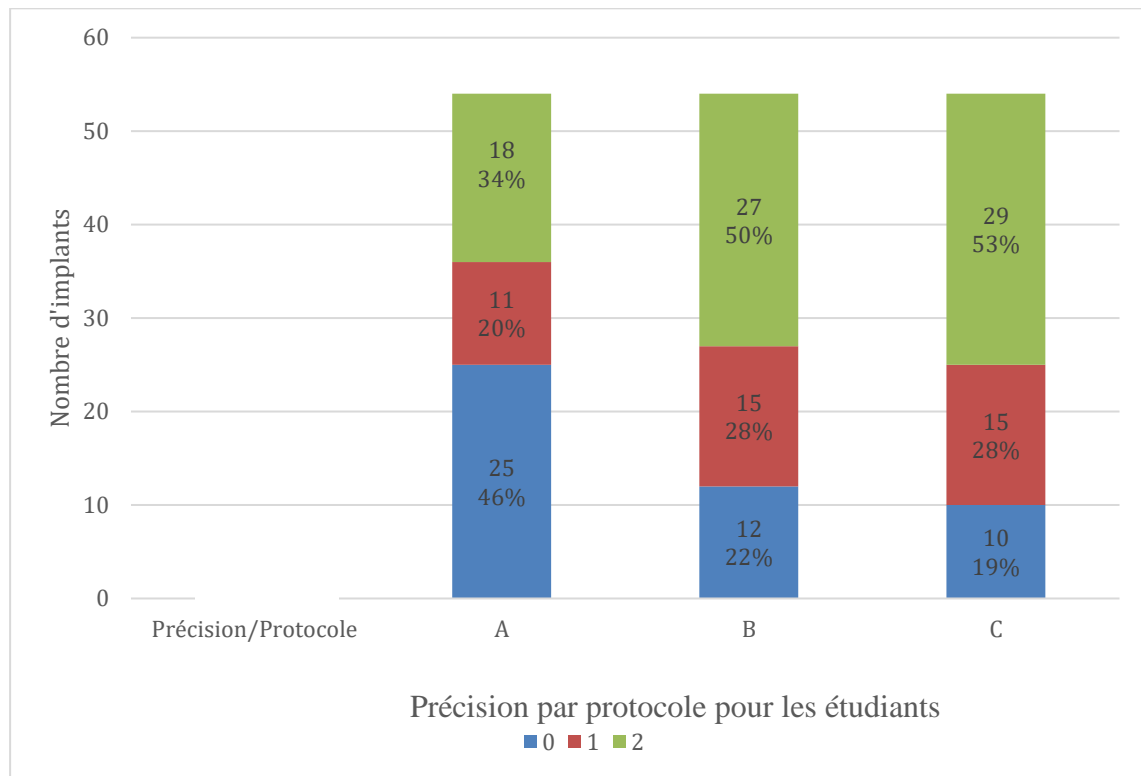


Figure 21 :Précision par protocole pour les étudiants

Les étudiants obtiennent un implant inexploitable avec un score = 0 pratiquement 1 fois sur 2 avec un protocole conventionnel comparé à 1 fois sur 5 avec un protocole simplifié, avec ou sans butée. De plus les étudiants ont dans 53% posé un implant avec une position idéale à l'aide d'un protocole simplifié comparé à 34% à l'aide d'un protocole conventionnel.

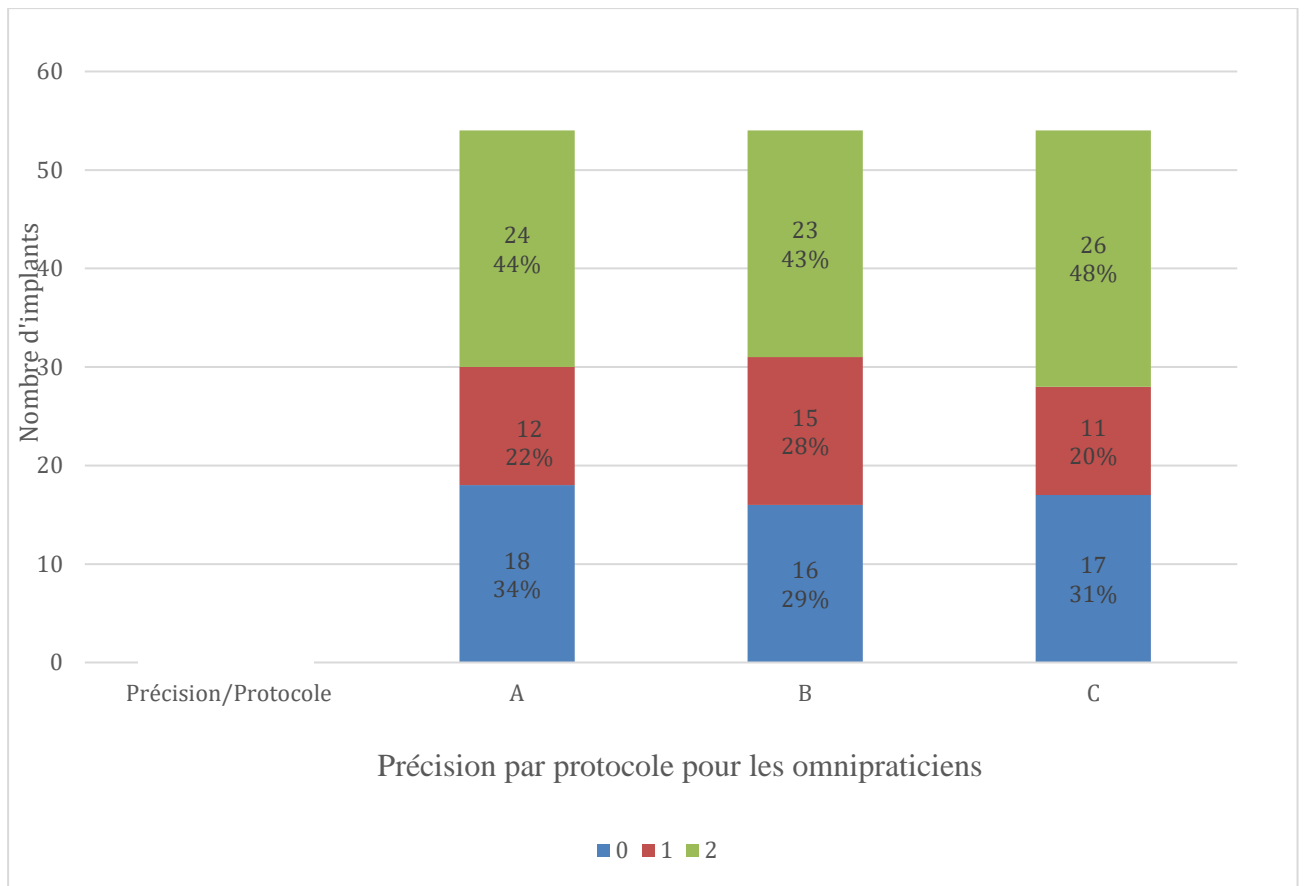


Figure 22 : Précision par protocole pour les omnipraticiens

Les omnipraticiens ont des performances à peu près égales selon le protocole.

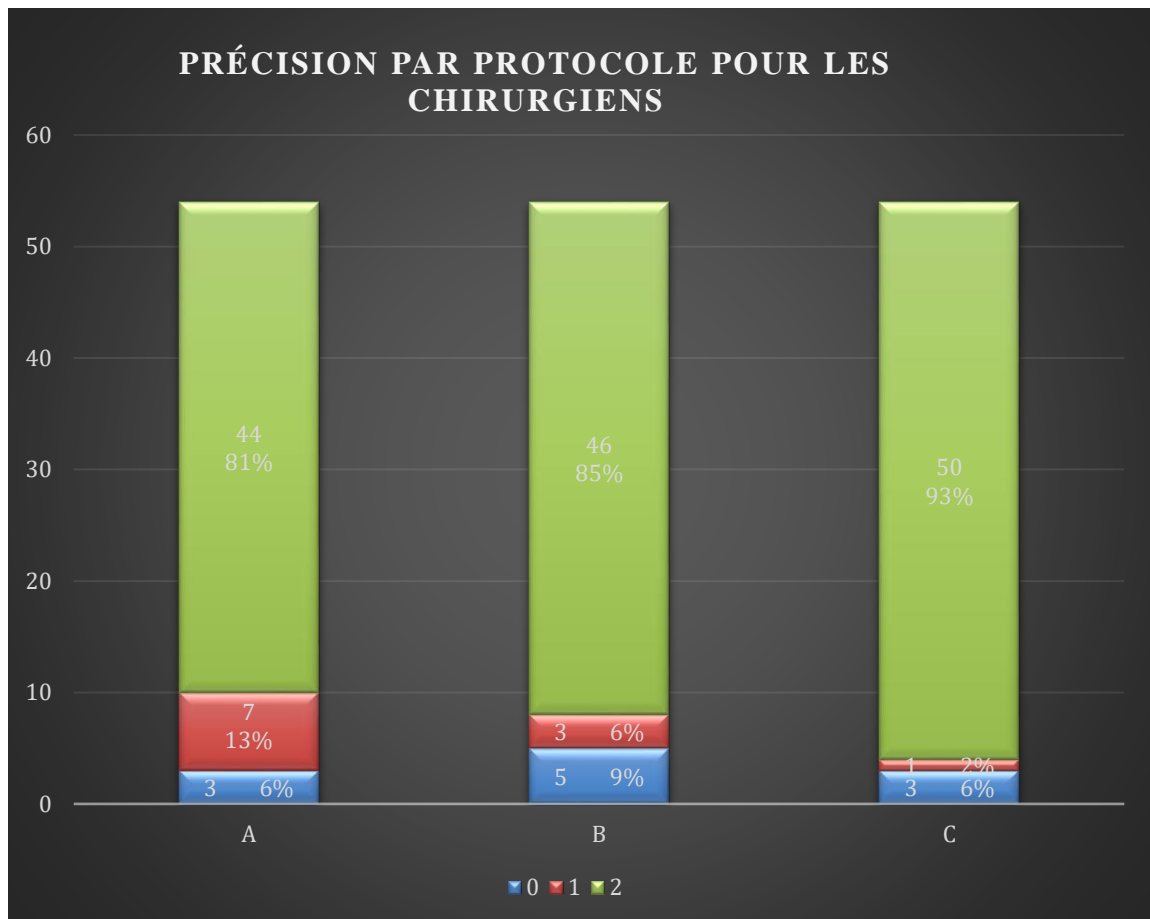


Figure 23 : Succès implantaire par protocole pour les Chirurgiens

Les chirurgiens ont d'excellents résultats avec un protocole simplifié avec butée, 93% d'implants dans une position idéale contre 81 % avec un protocole conventionnel.

3.6. Efficacité d'un protocole

3.6.1. Moyenne du temps global selon le score et les protocoles tout groupe confondu

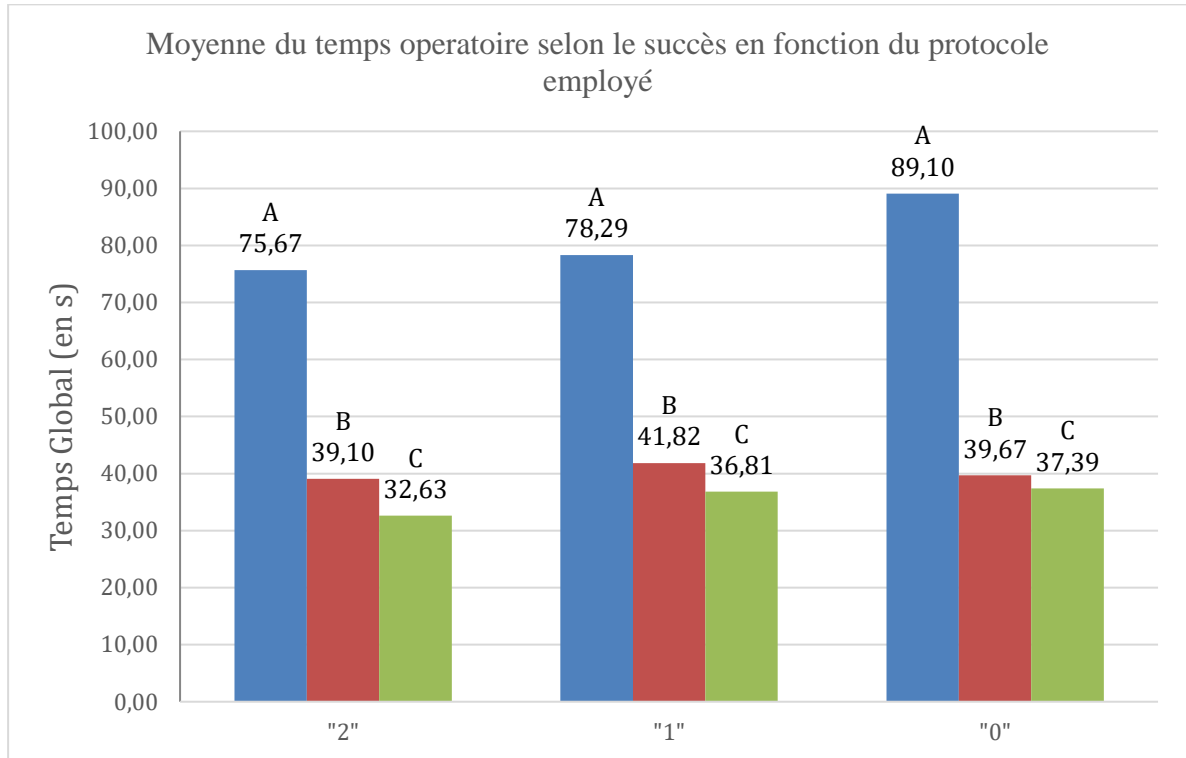


Figure 24 : Moyenne du temps opératoire selon le succès en fonction du protocole employé

Il n'a pas de différence significative sur le temps global entre un implant idéal ou non exploitable. Les échecs ne semblent pas être causés par un excès de rapidité.

3.6.2. Moyenne du temps global selon le score et les protocoles selon les groupes

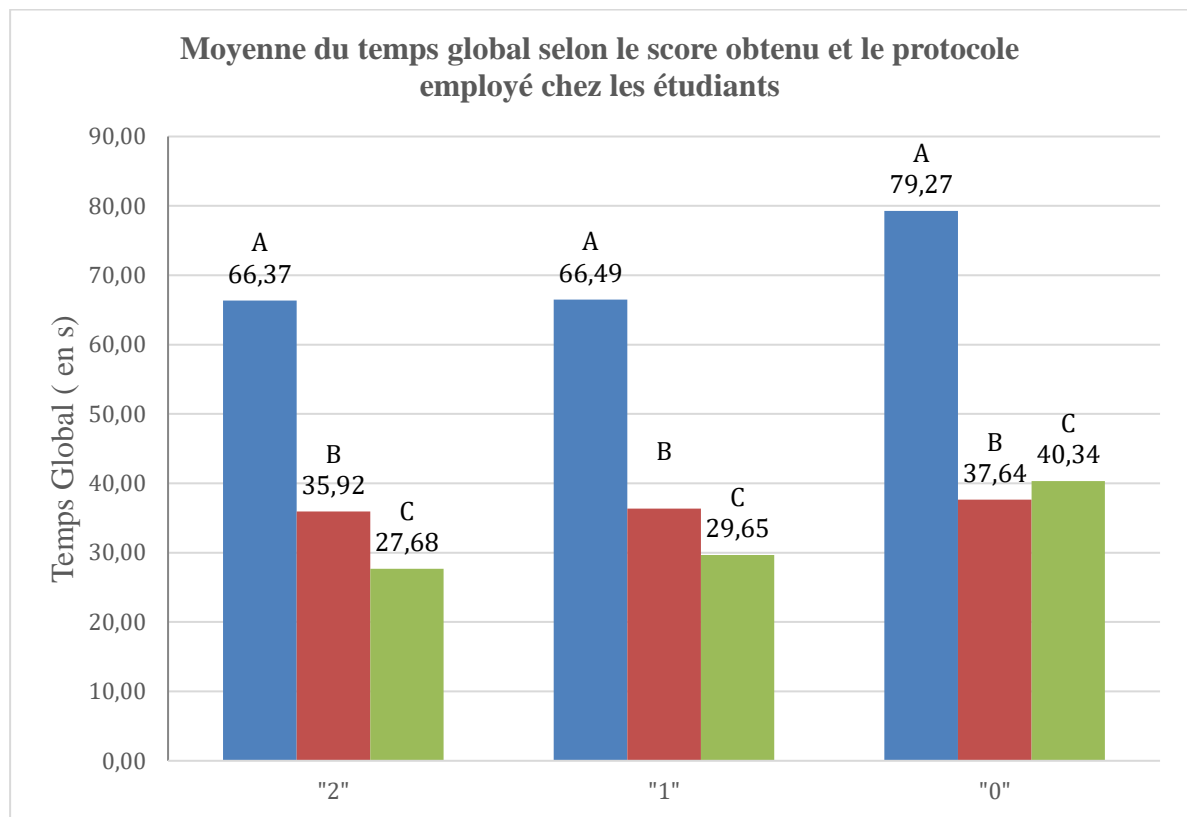


Figure 25 : Moyenne du temps global selon le score obtenu et le protocole employé chez les étudiants

Les étudiants prennent 2,4 fois plus de temps pour poser correctement un implant ($p < 0,05$) avec le protocole A qu'avec le protocole C.

Pour les implants inexploitables, les étudiants mettent 2 fois plus de temps ($p < 0,05$) pour le protocole A qu'avec le protocole C.

Les implants inexploitables ne semblent pas être causés par un excès de rapidité des étudiants.

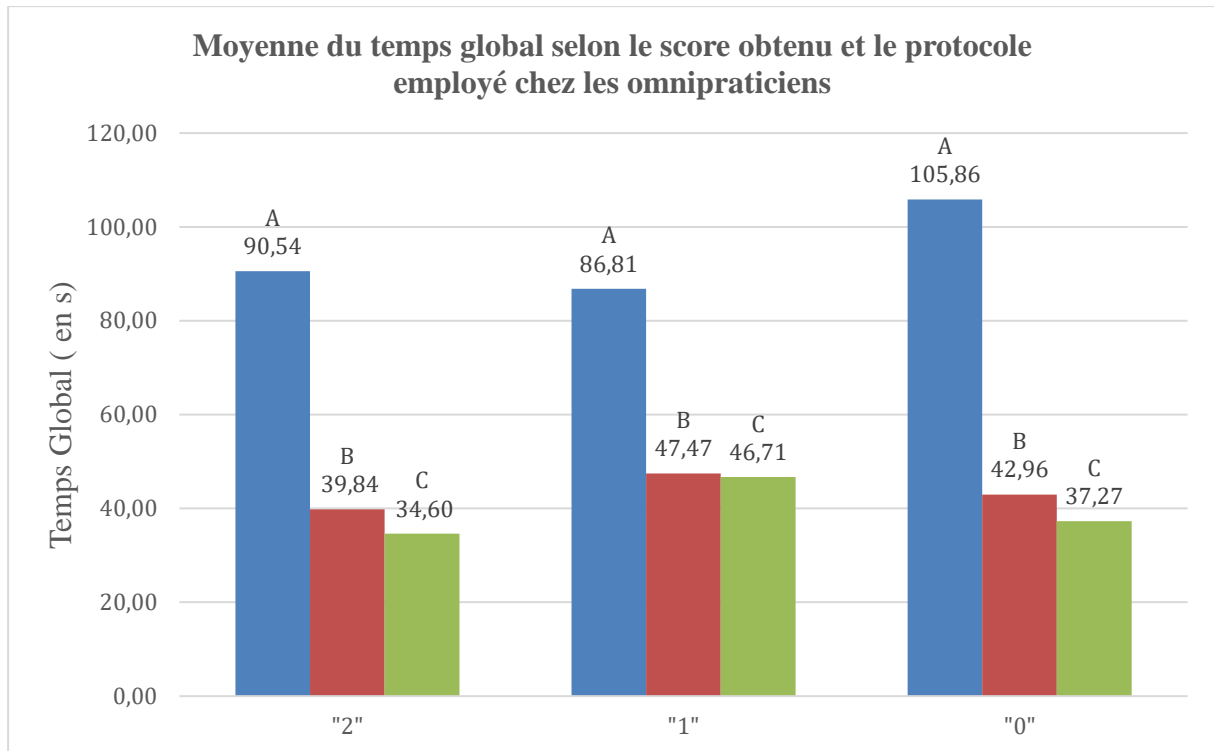


Figure 26 : Moyenne du temps global selon le score obtenu et le protocole employé chez les omnipraticiens

Les omnipraticiens semblent prendre 2,8 fois plus de temps ($p < 0,05$) pour poser correctement un implant avec le protocole A qu'avec le protocole C.

De plus les omnipraticiens mettent 2,6 fois plus de temps ($p < 0,05$) pour poser correctement un implant avec le protocole A qu'avec le protocole C.

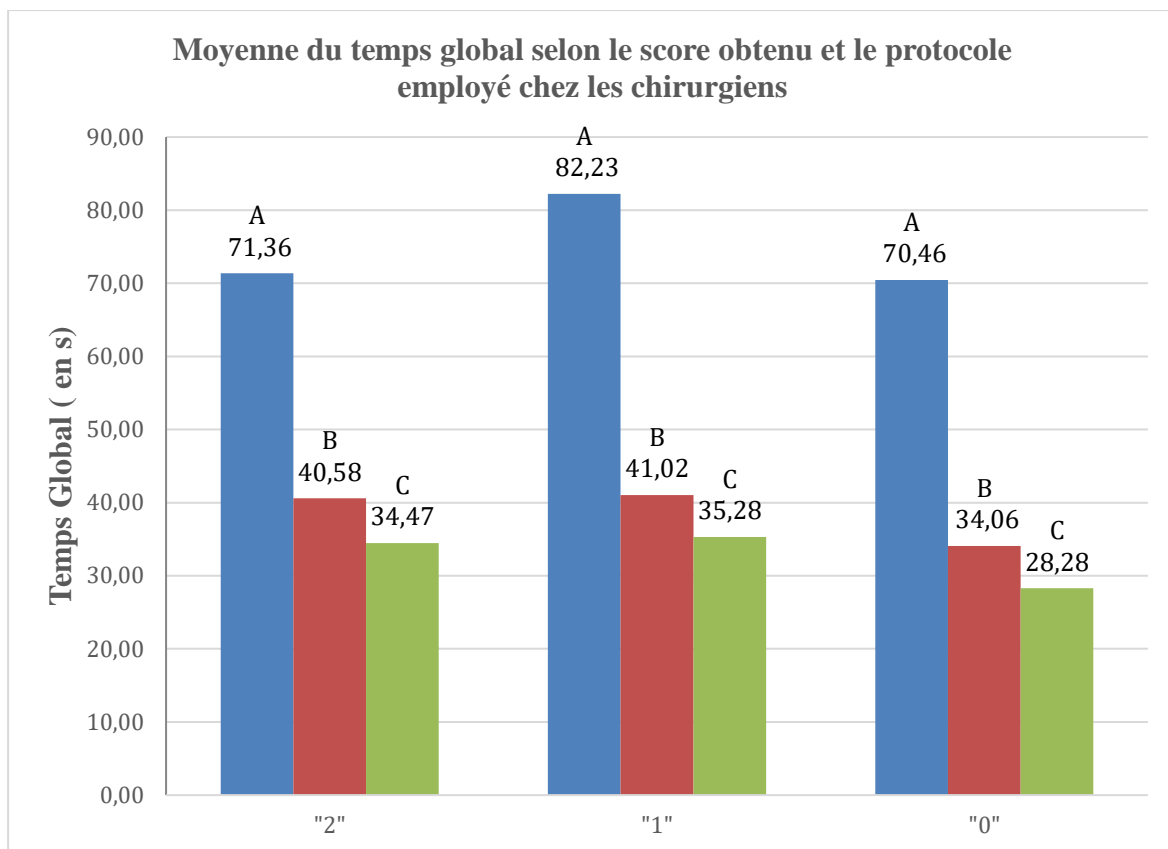


Figure 27 : Moyenne du temps global selon le score obtenu et le protocole employé chez les chirurgiens

Les chirurgiens semblent prendre 2,48 fois plus de temps ($p < 0,05$) pour poser correctement l'implant avec le protocole A qu'avec le protocole C.

De plus pour les implants inexploitable, les chirurgiens mettent 2 fois plus de temps ($p < 0,05$) pour poser l'implant avec le protocole A qu'avec le protocole C.

3.6.3. Moyenne des scores pour la première session selon le protocole employé pour le site 3 pour les étudiants et les omnipraticiens

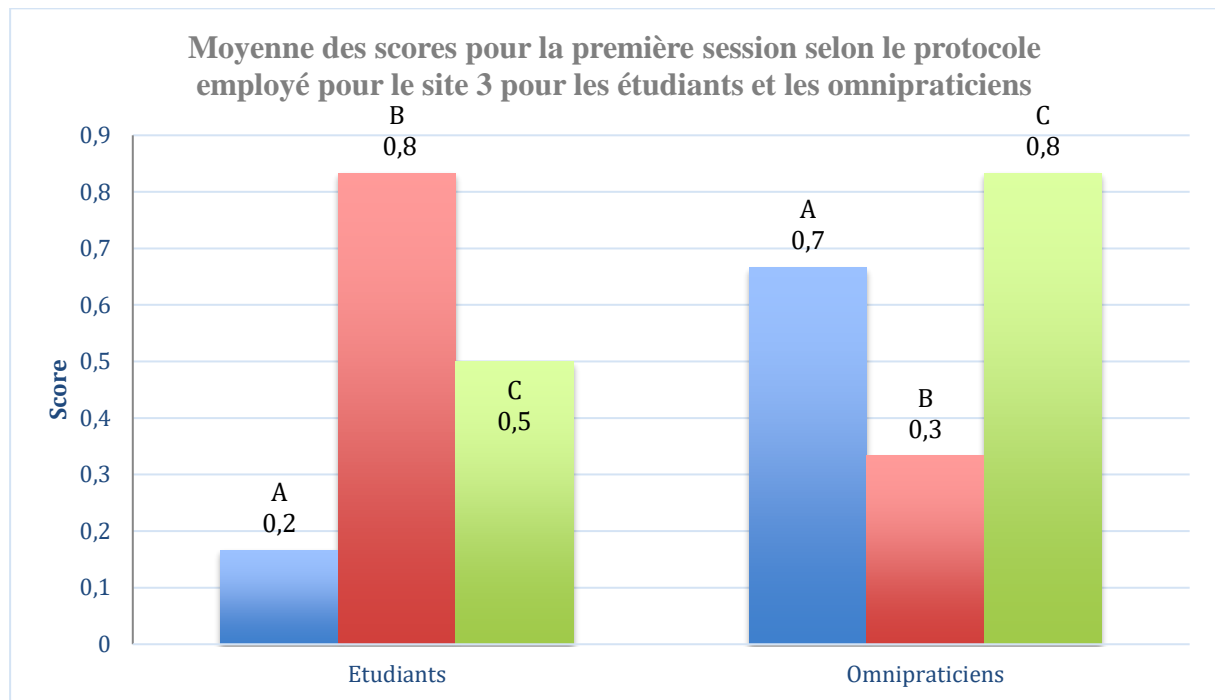


Figure 28 : Moyenne des score pour la première session selon le protocole employé pour le site 3 pour les étudiants et les omnipraticiens

Les étudiants sont 5 fois plus précis pour poser un implant avec le protocole simplifié sans butée qu'avec un protocole conventionnel pour remplacer l'incisive centrale secteur 2.

Les omnipraticiens sont respectivement 1,3 et 1,6 fois plus précis pour poser un implant avec le protocole simplifié avec butée qu'avec un protocole simplifié sans butée et un protocole conventionnel pour remplacer l'incisive centrale secteur 2 bien que leurs moyennes peinent à atteindre celle d'un implant acceptable.

Ces résultats ne montrent pas de tendance. Il serait intéressant de réaliser une étude à plus grande échelle centralisée sur un site clinique, en recrutant un nombre plus important de praticiens, et en leur faisant poser un implant avec un seul protocole sélectionné de manière aléatoire.

3.7. Questionnaires

Les résultats des questionnaires sont :

	Protocole conventionnel	Protocole simplifié sans butée	Protocole simplifié avec butée
Sécurité	33 %	0 %	67 %
Rapidité	0 %	0 %	100 %
Précision	67 %	0 %	33 %
Ergonomie	16,5 %	16,5 %	67 %
Recommandé	33 %	0 %	67 %

Figure 29 : Résultats questionnaires groupe étudiants

	Protocole conventionnel	Protocole simplifié sans butée	Protocole simplifié avec butée
Sécurité	33 %	0 %	67 %
Rapidité	0 %	17 %	83 %
Précision	0 %	17 %	83 %
Ergonomie	33 %	17 %	50 %
Recommandé	67 %	16,5 %	16,5 %

Figure 30 : Résultats questionnaires groupe omnipraticiens

	Protocole conventionnel	Protocole simplifié sans butée	Protocole simplifié avec butée
Sécurité	100 %	0 %	0 %
Rapidité	0 %	17 %	83 %
Précision	100 %	0 %	0 %
Ergonomie	33 %	17 %	50 %
Recommandé	83 %	0 %	17 %

Figure 31 : Résultats questionnaires groupe chirurgiens

4. Discussion

Cette étude comparative in vitro a été réalisée afin d'évaluer quelle technique de forage implantaire était préférable entre un protocole simplifié utilisant un foret unique, un protocole conventionnel impliquant le passage de plusieurs forets de diamètres croissants, et un protocole simplifié avec butée.

- Temps opératoire

Le temps global a été évalué dans cette étude en 2 temps consécutifs :

- Temps de forage.
- Temps de pose.

D'après les résultats de cette étude, il existe une diminution significative du temps global entre un protocole simplifié et conventionnel pour tous les groupes (étudiants, omnipraticiens et chirurgiens). (Moyenne : 72-94s pour le protocole conventionnel ; Moyenne : 30-37s pour un protocole simplifié ($p < 0,05$)).

Cela est justifié pour le protocole simplifié, un seul foret est utilisé contrairement à un protocole conventionnel, impliquant le passage de 3 forets. Cependant, en évaluant les 2 temps séparément, il y a une diminution significative du temps de forage mais également du temps de pose. (Moyenne : 29-40s pour un protocole conventionnel ; Moyenne : 21-25s pour un protocole simplifié ($p < 0,05$)).

Il semblerait que l'usage d'un protocole simplifié accélère la pose de l'implant réalisée à l'aide d'une clé à cliquet. Pourtant les deux protocoles ont été utilisés avec des implants adaptés à leurs séquences, de la gamme ID^{CAM}© pour le protocole conventionnel et de la gamme ID^{ALL}© pour le forage simplifié avec et sans butée.

Plusieurs hypothèses peuvent être établies :

- Une insertion facilitée par le design « travaillant » de l'implant ID^{ALL}©
- Le foret simplifié serait susceptible d'ovaliser le site et de préparer de manière excessive le puit implantaire réduisant les frictions lors de la pose.

La différence de temps entre les deux protocoles de forage dans notre étude se situe entre 30 et 40 secondes. L'étude de **Guazzi et al. (2015)** obtient une différence de 3,66 min en faveur d'un protocole simplifié ($p < 0,0001$). Leurs résultats présentent également un gain de temps mais beaucoup plus important.

Cette différence de temps entre l'in vivo et l'in vitro peut s'expliquer par plusieurs raisons. Tout d'abord, pour un os dense de type 1, deux forets sont préconisés dans l'essai clinique de **Guazzi et al.**, ce qui n'est pas le cas dans notre étude in vitro, les modèles en polyuréthane ayant un module de Young (0,15 GPA) pratiquement 4 fois inférieur à celui d'un os maxillaire (0,59 GPA pour un os maxillaire (**Wook-Jin Seong et al. 2009**)). Tous les forages avec le protocole simplifié ne se sont donc fait qu'avec un foret unique. Le modèle en polyuréthane ayant aussi un module faible, cela peut également faciliter le forage.

Une des explications plausibles également de cette différence entre nos résultats et ceux de **Guazzi** est qu'en condition clinique de nombreux éléments rentrent en compte contrairement au cadre d'une séance de travaux pratiques pour une étude in vitro.

En effet, la variation du temps global repose sur de nombreux paramètres :

- La présence ou non d'une aide opératoire.
- Le montage des forets sur le contre-angle réalisé par l'aide opératoire ou le praticien.
- La prise en charge d'un patient sous anesthésie locale (déglutition, temps de pause, mobilité du patient, réactions imprévues, gestion des fluides salivaires et sanguins...).

Bien que les études in vivo possèdent un niveau de preuve bien supérieur à une étude in vitro, cette dernière reste le seul moyen d'évaluer de manière précise, en se libérant de plusieurs biais cliniques, le gain de temps entre les différents protocoles.

Ce gain de temps, bien que significatif, reste limité comparé à la durée totale d'une intervention. Pour des praticiens posant peu d'implants par jour, on peut supposer que l'impact sur l'efficacité de leur activité restera faible. En revanche, pour des chirurgiens posant un nombre important d'implants notamment dans les interventions avec plusieurs sites opératoires, ce protocole pourrait représenter un gain de temps.

Or la réduction du temps opératoire est un facteur clé permettant de réduire les douleurs post-opératoires selon (**Ryuta Kuroi et al. 2015**).

- Précision

La précision de chaque opérateur a été évaluée dans cette étude par la position de l'implant à l'aide de deux paramètres :

- Le point d'impact correspondant à la situation spatiale du forage implantaire. Pour l'évaluer, une gouttière a été réalisée à partir d'une plaque thermoformée.
- L'axe de l'implant est défini comme l'angulation de l'implant dans les 3 sens de l'espace. Il est évalué à l'aide de 3 gouttières thermoplastiques décrites précédemment dans la partie 2.5.4.2.

A l'aide de ces 2 paramètres une échelle a été mise au point, définissant un implant avec une position :

- Idéale.
- Acceptable.
- Inexploitable.

Seuls les étudiants semblent plus précis avec un protocole simplifié, comparé à un protocole conventionnel. Une position idéale a été retrouvée pour 52 % des implants posés à l'aide d'un protocole simplifié avec ou sans butée comparé et 34 % avec un protocole conventionnel.

Les omnipraticiens ont des résultats similaires quel que soit le protocole. La précision de pose de l'implant est la même avec un protocole simplifié. Une position idéale a été retrouvée pour 45 % des implants posés à l'aide d'un protocole simplifié avec ou sans butée comparé et 44 % avec un protocole conventionnel.

Les chirurgiens ont quant à eux d'excellents résultats avec les trois protocoles, aucun ne peut donc se démarquer. Une position idéale a été retrouvée pour 89 % des implants posés à l'aide d'un protocole simplifié avec ou sans butée comparé et 81 % avec un protocole conventionnel.

Il semblerait que l'utilisation d'un protocole conventionnel soit, lors des premières poses d'implants, un facteur d'imprécision pour les étudiants. En effet, presque 1 implant sur 2 posé avec un protocole conventionnel est inexploitable. Le fait de passer plusieurs forets pour préparer le site implantaire pourrait être une source d'erreur et de confusion plus importante pour des étudiants moins organisés qu'un omnipraticien ayant une expérience clinique plus importante ou qu'un chirurgien pratiquant régulièrement l'implantologie.

Bien que ces comparaisons restent limitées par les caractéristiques du matériau utilisé, il serait intéressant d'étudier ce paramètre dans le cadre d'une autre étude, en utilisant un modèle ayant des propriétés se rapprochant de la réalité. Par ailleurs, la propriété des matériaux par exemple radio-opaques pourrait permettre une évaluation plus précise des axes implantaires à l'aide d'un CBCT.

- Profondeur de forage

La profondeur de forage a été évaluée ici après avoir déposé chaque implant à l'aide d'une sonde graduée.

Les résultats de l'analyse de la profondeur de forage soulignent particulièrement l'apport de la butée lors de la préparation du site implantaire. Sur ce paramètre, tous les groupes sont plus précis avec la butée.

Cependant ces résultats peuvent être biaisés car la profondeur de forage n'a pas été analysée juste après le passage des forets mais après avoir déposé les implants.

Les implants ID^{CAM} et ID^{ALL} ayant un design implantaire « travaillant » et sont in fine auto-taraudants – si ce n'est autoforants étant insérés dans un modèle beaucoup moins dense en polyuréthane. Il est possible que les implants enfouis aient légèrement augmenté la profondeur du puits implantaire. Ceci expliquerait que la moyenne de la profondeur de forage avec un protocole simplifié avec butée dépasse les 12mm (mesure correspondant à la partie active du foret unique).

De plus l'apport de la butée pourrait être minorée si le protocole avait été utilisé en conditions cliniques. On peut imaginer que lors d'une intervention, si la crête osseuse n'est pas au préalable régularisée (Fig. 33), la butée ne peut s'adapter parfaitement à la surface osseuse, ce qui entraînerait un sous forage en longueur.

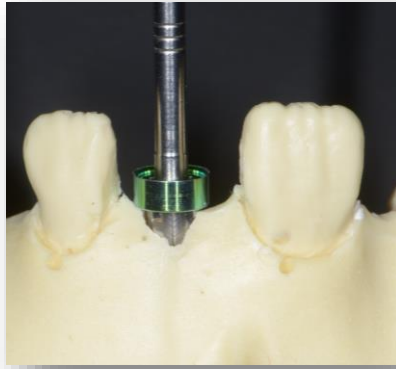


Figure 32 : Exemple d'inadaptation de la butée sur une crête non régularisée en site de 21

De plus, cette butée augmente la largeur du foret, ce qui peut poser problème lors de la pose d'implant dans des sites où l'espace mesio-distal est réduit.

Dans notre étude, la butée représente un avantage certain et démontré en terme de précision et permet donc de sécuriser tout opérateur lors de pose d'implants dans des zones anatomiques délicates en évitant de perforer une membrane sinusienne ou de léser un nerf dentaire. Son emploi est à recommander en particulier pour des novices.

Mais comme toute technique elle présente des limites, il est important de savoir si les conditions permettent de l'utiliser afin d'éviter qu'elle ne devienne une source d'erreurs.

Il serait intéressant de réaliser une étude de plus grande ampleur diversifiant les sites à implanter et comparant des protocoles simplifié et conventionnel avec et sans butée 2 à 2 , afin d'évaluer tous les paramètres devant être pris en compte lors de l'utilisation d'une butée.

- Courbe d'apprentissage

Dans cette étude, la courbe d'apprentissage a été analysée à l'aide du Test de corrélation de Pearson. Les résultats sur la précision et la rapidité de chaque groupe pour chaque session successives selon le protocole utilisé ont été comparés.

Une courbe d'apprentissage est particulièrement mise en évidence pour le protocole conventionnel chez les étudiants et les omnipraticiens.

Les étudiants et les omnipraticiens sont plus précis et plus rapides après chaque session avec un protocole conventionnel.

Cette tendance est également mise en évidence pour les omnipraticiens avec un protocole simplifié sans butée.

Cette courbe est relativement rapide, il semblerait qu'un premier plateau est atteint lors du passage de la première session à la deuxième session puis cette progression serait plus stable entre la deuxième et la troisième session.

Toutefois, cette association n'est pas mise en évidence pour le protocole simplifié avec butée.

Cela ne signifie pas que les participants atteignent un meilleur niveau avec un protocole conventionnel. Au contraire ils débutent avec un niveau plus faible. Les résultats lors des premiers essais avec un protocole conventionnel sont moins bons qu'avec un protocole simplifié avec et sans butée pour les étudiants et avec butée pour les omnipraticiens. Cette différence est statistiquement significative ($p < 0,05$). Cependant, elle n'est plus mise en évidence lors de la troisième session.

Plusieurs explications de la variation de la courbe d'apprentissage pour un protocole conventionnel sont possibles. La première reposant sur l'une des principales limites de notre étude. En effet lors de la préparation de la séance de travaux pratiques, nous avons décidé d'établir une chronologie de passage. Les participants devaient poser, dans un premier temps, un implant ID^{CAM}© afin de remplacer une prémolaire maxillaire droite (14) à l'aide d'un protocole conventionnel. Puis dans un deuxième temps, poser un implant ID^{ALL}© sur deux modèles différents afin de remplacer une prémolaire maxillaire gauche (25) à l'aide d'un protocole simplifié sans butée et une incisive centrale maxillaire gauche (21) à l'aide d'un foret unique avec butée, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la première session (cf. 2.4 déroulement de l'étude). Le but de cette chronologie était d'éviter un automatisme des participants. Mais en évitant ce biais nous nous sommes confrontés à une absence de randomisation. Tous les participants auraient dû commencer par un site et un protocole déterminés de manière aléatoire. De ce fait, les résultats des étudiants et omnipraticiens ont pu être impactés.

En effet, les étudiants et les omnipraticiens peinent à atteindre une précision de pose d'implants exploitables dès la première session - lors de l'utilisation d'un protocole conventionnel. Alors que la moyenne de précision des implants, posés à l'aide du protocole simplifié avec butée par

les étudiants et les omnipraticiens, est acceptable dès le départ.

Ce biais peut également expliquer la progression rapide observée entre la première et la deuxième session, les étudiants et les omnipraticiens ont pu prendre un peu plus d'expérience entre les deux sessions améliorant leurs performances.

L'une des raisons envisageables, expliquant que les étudiants et omnipraticiens sont plus précis avec un protocole simplifié, est la facilité d'utilisation.

En effet contrairement à notre idée initiale, le passage d'un seul foret requiert moins de temps de travail comparé à un protocole conventionnel, ce qui peut diminuer le risque d'erreurs.

Le passage d'un seul foret implique une concentration plus importante sur un temps plus réduit comparé à un protocole conventionnel car comme le soulignent **Giro et al.** et **Guazzi et al.**, l'axe pourra être difficilement rattrapable. Il est possible que les participants fassent plus attention avec un protocole simplifié et soient donc plus précis.

Selon plusieurs opérateurs principalement étudiants et quelques chirurgiens, il est plus aisé de se concentrer sur le passage d'un seul foret à haute vitesse de rotation (1 500-2 000 tour/min) que de devoir utiliser plusieurs forets successifs augmentant les risques de dévier l'axe implantaire.

La précision de pose de l'implant n'est pas uniquement due à la précision du forage : on sait qu'avec un os peu dense et un implant très travaillant on peut facilement dévier l'axe de pose de l'implant par rapport à l'axe du forage réalisé. Ce qui peut relativiser le rôle de la précision du forage dans la précision de pose de l'implant. Dans l'étude, bien que les deux designs des implants ne soient pas identiques, ils restent relativement proches. En effet, ce sont des implants cylindro-coniques et la longueur des spires est similaire : le design ne semble pas avoir un grand impact.

- Questionnaire

- Pour le groupe des étudiants, le protocole simplifié avec butée semble plus sécurisant (67 %), plus rapide (100 %) et plus ergonomique (67 %) mais ils pensent être plus précis avec un protocole conventionnel (67 %). Ils recommandent majoritairement le protocole simplifié avec butée (67 %).

- Pour les omnipraticiens, le protocole simplifié avec butée semble plus sécurisant (67%), plus rapide (83%), plus précis (83%) et plus ergonomique (50%) mais ils recommandent majoritairement un protocole conventionnel (67%).
- Pour les chirurgiens, le protocole simplifié avec butée est plus ergonomique (50%) et plus rapide (83%) qu'un protocole conventionnel mais ils pensent être plus précis (100%), et plus en sécurité avec un protocole conventionnel (100%) et donc le recommandent majoritairement (83%).

Les résultats de ce questionnaire sont intéressants à interpréter.

Bien que les étudiants pensent être plus précis avec un protocole conventionnel, ils recommandent majoritairement un protocole simplifié avec butée. Ils préfèrent s'orienter vers un protocole qui est plus rapide à mettre en œuvre et qui grâce à la butée leur offre une option plus sécurisante qu'un protocole conventionnel sans butée.

Les omnipraticiens recommandent le protocole conventionnel bien qu'ils le trouvent moins sécurisant, moins rapide et moins précis. Cette recommandation est paradoxale mais pourrait s'expliquer par la volonté des praticiens de se référer à leur apprentissage théorique de l'implantologie. Certains omnipraticiens reconnaissent que passer plusieurs forets augmentent les risques de dévier de l'axe idéal. Pour eux, le principe de pouvoir rattraper leur axe de forage est plus confortable. Le forage simplifié leur laissant peu de marge d'erreurs.

Les chirurgiens ont l'impression d'être plus précis, plus en sécurité et recommandent le protocole conventionnel. Pourtant, leurs résultats montrent qu'ils ne sont pas moins précis avec un protocole simplifié.

Le protocole simplifié semble être mieux accueilli par des praticiens novices découvrant l'implantologie. On peut facilement imaginer que pour un étudiant, il soit plus simple d'envisager l'utilisation d'un protocole ne nécessitant le passage que d'un seul foret.

Il faudrait réaliser plus d'études sur le protocole simplifié afin de permettre aux praticiens d'avoir plus de recul sur l'utilisation d'un tel protocole.

En cas de chirurgie guidée, l'avantage du protocole simplifié permettrait de faciliter le forage en supprimant la multiplication des cuillères au sein des canons de forage.

5. Conclusion

Avec l'essor de l'implantologie, de nombreuses sociétés ont proposé des protocoles de forage qui pendant longtemps ont été en accord avec le protocole conventionnel décrit par Branemark. L'idée de simplifier ce protocole est encore récente, la littérature n'est pas encore suffisante pour statuer des bénéfices et inconvénients d'une telle technique.

Malgré les potentiels biais de notre étude, des résultats intéressants se profilent concernant les protocoles simplifiés. Il semblerait qu'un protocole simplifié permet de réduire le temps de l'intervention, bien que l'impact soit minime sur le temps réel global d'une intervention chirurgicale.

Contrairement aux idées reçues, des novices semblent être plus précis avec ce protocole. Quant aux praticiens plus expérimentés, ils ne semblent pas moins précis avec ce protocole.

D'après notre analyse de la bibliographie, un forage simplifié ne présente pas d'inconvénients majeurs et pourrait être considéré à terme, comme une technique plus régulièrement employé en implantologie.

Cette étude peut être considérée comme une « étude pilote » et nécessiterais d'être approfondie par un essai clinique d'une plus grande ampleur.

Références bibliographiques

- Albrektsson T, Jansson T, Lekholm U. Osseointegrated dental implants. *Dent Clin North Am.* 1986;30(1):151-74.
- Bettach R, Taschieri S, Boukhris G, Del Fabbro M. Implant survival after preparation of the implant site using a single bur: a case series. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17(1):13-21.
- Branemark PI. Vital microscopy of bone marrow in rabbit. *Scand J Clin Lab Invest.* 1959;11 Supp 38:1-82.
- Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1969;3(2):81-100.
- Bulloch SE, Olsen RG, Bulloch B. Comparison of heat generation between internally guided (cannulated) single drill and traditional sequential drilling with and without a drill guide for dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(6):1456-60.
- Calvo-Guirado JL, Delgado-Peña J, Maté-Sánchez JE, Mareque Bueno J, Delgado-Ruiz RA, Romanos GE. Novel hybrid drilling protocol: evaluation for the implant healing--thermal changes, crestal bone loss, and bone-to-implant contact. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(7):753-60.
- Cochran DL, Morton D, Weber H-P. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols for endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19 Suppl:109-13.
- Collaert B, De Bruyn H. Comparison of Brånemark fixture integration and short-term survival using one-stage or two-stage surgery in completely and partially edentulous mandibles. *Clin Oral Implants Res.* 1998;9(2):131-5.
- Delgado-Ruiz RA, Velasco Ortega E, Romanos GE, Gerhke S, Newen I, Calvo-Guirado JL. Slow drilling speeds for single-drill implant bed preparation. Experimental in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2018;22(1):349-59.
- Esposito M, Grusovin MG, Achille H, Coulthard P, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009a;(1):CD003878.
- Esposito M, Grusovin MG, Chew YS, Coulthard P, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: 1- versus 2-stage implant placement. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009b;(3):CD006698.
- Gehrke SA, Bettach R, Taschieri S, Boukhris G, Corbella S, Del Fabbro M. Temperature Changes in Cortical Bone after Implant Site Preparation Using a Single Bur versus Multiple Drilling Steps: An In Vitro Investigation. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17(4):700-7.
- Gehrke SA, Guirado JLC, Bettach R, Fabbro MD, Martínez CP-A, Shibli JA. Evaluation of the insertion torque, implant stability quotient and drilled hole quality for different drill design: an in vitro Investigation. *Clin Oral Implants Res.* 2016;
- Gil LF, Sarendranath A, Neiva R, Marão HF, Tovar N, Bonfante EA, et al. Bone Healing Around Dental Implants: Simplified vs Conventional Drilling Protocols at Speed of 400 rpm. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;32(2):329-36.
- Guazzi P, Grandi T, Grandi G. Implant site preparation using a single bur versus multiple drilling steps: 4-month post-loading results of a multicenter randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol.* 2015;8(3):283-90.

- Hwang D, Wang H-L. Medical contraindications to implant therapy: Part II: Relative contraindications. *Implant Dent.* 2007;16(1):13-23.
- Jimbo R, Giro G, Marin C, Granato R, Suzuki M, Tovar N, et al. Simplified drilling technique does not decrease dental implant osseointegration: a preliminary report. *J Periodontol.* 2013;84(11):1599-605.
- Jimbo R, Janal MN, Marin C, Giro G, Tovar N, Coelho PG. The effect of implant diameter on osseointegration utilizing simplified drilling protocols. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(11):1295-300.
- Karoussis IK, Brägger U, Salvi GE, Bürgin W, Lang NP. Effect of implant design on survival and success rates of titanium oral implants: a 10-year prospective cohort study of the ITI Dental Implant System. *Clin Oral Implants Res.* 2004;15(1):8-17.
- Kerawala CJ, Martin IC, Allan W, Williams ED. The effects of operator technique and bur design on temperature during osseous preparation for osteosynthesis self-tapping screws. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(2):145-50.
- Li L, Zhu Z, Li L. Letter to the editor. Re: simplified drilling technique does not decrease dental implant osseointegration: a preliminary report. *J Periodontol.* 2014;85(4):512-3.
- Lucchiari N, Frigo AC, Stellini E, Coppe M, Berengo M, Bacci C. In Vitro Assessment with the Infrared Thermometer of Temperature Differences Generated During Implant Site Preparation: The Traditional Technique Versus the Single-Drill Technique. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016;18(1):182-91.
- Möhlhenrich SC, Abouridouane M, Heussen N, Hölzle F, Klocke F, Modabber A. Thermal evaluation by infrared measurement of implant site preparation between single and gradual drilling in artificial bone blocks of different densities. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016;45(11):1478-84.
- Moraschini V, Poubel LA da C, Ferreira VF, Barboza E dos SP. Evaluation of survival and success rates of dental implants reported in longitudinal studies with a follow-up period of at least 10 years: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015;44(3):377-88.
- Sarendranath A, Khan R, Tovar N, Marin C, Yoo D, Redisch J, et al. Effect of low speed drilling on osseointegration using simplified drilling procedures. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2015;53(6):550-6.
- Seong W-J, Kim U-K, Swift JQ, Heo Y-C, Hodges JS, Ko C-C. Elastic properties and apparent density of human edentulous maxilla and mandible. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009;38(10):1088-93.

Annexes

Annexe 1 : Fiche Travaux Pratiques

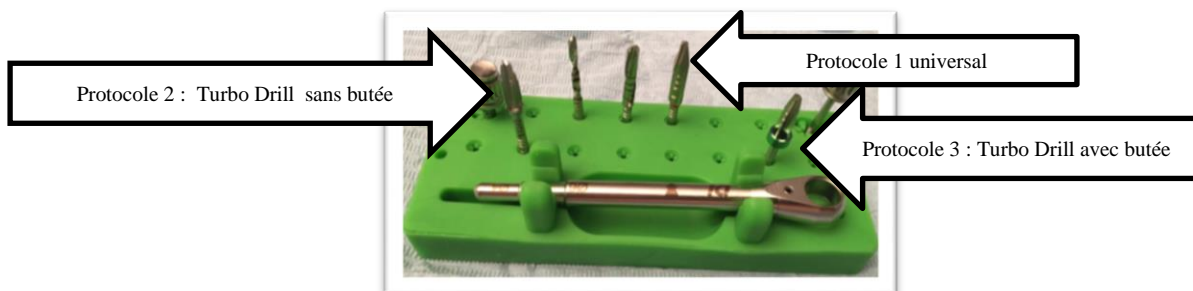
ETUDE IN VITRO : PROTOCOLES DE FORAGES

- ✓ Objectifs de l'étude : évaluer le gain de temps, la précision et la reproductibilité de 3 protocoles de forages implantaire.



- ✓ Matériels :

- 9 modèles sur lesquels vont être posés 27 implants.
- 1 kit de forage implantaire.



- ✓ Protocole :

Vous allez poser 27 implants répartis sur 3 sites (prémolaire secteur 1, incisive centrale secteur 2 et prémolaire secteur 2).

L'étude se compose de 3 séquences identiques. Chaque séquence est réalisée sur 3 modèles.

1. Pose de l'implant ID^{CAM} sur la prémolaire secteur 1 sur le premier modèle, avec le protocole 1 Universel.
2. Pose de l'implant ID^{ALL} sur la prémolaire secteur 2 sur le deuxième modèle, avec le protocole 2.
3. Pose de l'implant ID^{ALL} sur le site de l'incisive centrale secteur 2 sur le troisième modèle, avec le protocole 3.

4. Pose de l'implant ID^{CAM} sur la prémolaire secteur 2 sur le premier modèle, avec le protocole 1.
5. Pose de l'implant ID^{ALL} sur le site de l'incisive centrale secteur 2 sur le deuxième modèle, avec le protocole 2.
6. Pose de l'implant ID^{ALL} sur la prémolaire secteur 1 sur le troisième modèle, avec le protocole 3.
7. Pose de l'implant ID^{CAM} sur le site de l'incisive centrale secteur 2 sur le premier modèle, avec le protocole 1.
8. Pose de l'implant ID^{ALL} sur la prémolaire secteur 1 sur le deuxième modèle, avec le protocole 2.
9. Pose de l'implant ID^{ALL} sur la prémolaire secteur 2 sur le troisième modèle, avec le protocole 3.

Après chaque implant posé, veuillez noter, sur la feuille ci jointe, le temps de forage (temps entre le début du forage (foret inséré sur le CA) et le passage du foret final pour chaque protocole) et le temps de pose (temps restant jusqu'à la pose de l'implant à l'aide d'une clé à cliquet avec l'implant déjà inséré sur le porte implant).

Recommencez cette séquence deux fois.

Remplissez le questionnaire ci-joint.

Annexe 2 : Questionnaire

Questionnaire

Cochez une seule réponse

1) Vous sentez-vous le plus en sécurité avec ?

- Kit de forage universel
- Kit de forage sans butée
- Kit de forage avec butée

2) Quel système vous semble le plus rapide ?

- Kit de forage universel
- Kit de forage sans butée
- Kit de forage avec butée

3) Quel système vous semble le plus précis ?

- Kit de forage universel
- Kit de forage sans butée
- Kit de forage avec butée

4) Quel système vous semble le plus ergonomique ?

- Kit de forage universel
- Kit de forage sans butée
- Kit de forage avec butée

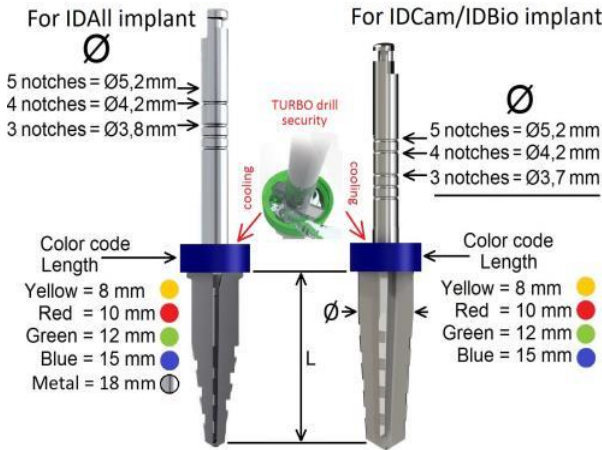
5) Quel système recommandez-vous ?

6) Commentaire libre :

Annexe 3 : Fiche technique protocole simplifié avec butée.

NOTICE/IFU :

Foret à lames Turbo Drill



F Foret conique à lames

EN Bladed drill

REF

0835TD, 0842TD, 0852TD, 1035TD, 1042TD, 1052TD, 1235TD, 1242TD, 1252TD, 1535TD, 1542TD, 1552TD, X1038TD, X1042TD, X1052TD, X1238TD, X1242TD, X1252TD, X1538TD, X1542TD, X1552TD, X1838TD, X1842TD, X1852TD



F

Description : Le foret à lames est un instrument rotatif réutilisable, coupant pour os, en acier inoxydable trempé et doit être utilisé dans le sens horaire des aiguilles d'une montre, par rapport au site d'utilisation. Queue dentaire type-1 selon NF EN ISO 1797.

Utilisation prévue : Le foret à lames est utilisé pour perforez l'os maxillaire ou mandibulaire de type D1. Il prépare un logement pour la pose d'un implant dentaire IDCam ou IDBio et pour les références de foret dentaire commençant par "X" pour les implants IDAll.

Indications : Le foret à lames est utilisé pour effectuer un forage avec l'implant IDCam ou IDBio et pour les références commençant par "X" pour les implants IDAll.

Contre-indications : Elles s'appliquent aux protocoles chirurgicaux implantaires chez les patients : - jugés médicalement inaptes à subir une intervention de chirurgie buccale ; - allergiques ou hypersensibles à l'acier inoxydable.

Avertissements : L'utilisation de forets de longueur inadéquate par rapport aux mesures radiographiques risque de causer des lésions définitives aux nerfs ou à d'autres structures vitales. Les forets doivent être remplacés après 15 à 20 utilisations ou lorsque leur capacité de coupe diminue.

Protocole chirurgical

Au maxillaire : A l'aide d'un contre-angle, utiliser le foret homothétique à l'implant entre 1500 et 2000 tr/min sous irrigation abondante (afin d'éviter l'échauffement de l'os).

A la mandibule : A l'aide d'un contre-angle, utiliser la séquence de forets de diamètres progressifs entre 1500 et 2000 tr/min pour finir par le foret homothétique. Irriger abondamment pendant l'acte. (afin d'éviter l'échauffement de l'os).

Décontaminer et stériliser en autoclave à 134°Celsius (temps de stérilisation 18 mn) suivant la réglementation de la Direction Générale de la Santé. Pour complément d'information, se référer au catalogue IDI.

EN

Description : The bladed drill is a reusable rotary instrument, for cutting bone, made of hardening stainless steel. It must be use clockwise, relative to the site of use. Dental tail type-1 according to NF EN ISO 1797.

Intended use : The bladed drill is used to perforate the bone in the upper or lower jawbone (D1 density). It prepares a safe space for the IDCam or IDBio dental implant placement and for dental drill references starting with "X" for IDAll dental implants.

Indications : The bladed drill is used to achieve drilling for the placement of IDCam dental implant or IDBio dental implant and for references starting with "X" for IDAll dental implants.

Contraindications : Contraindications are applicable for implant surgery related procedures in patients. - who are medically unfit for an oral surgical procedure; - who are allergic or hypersensitive to stainless steel.

Warnings : Failure to recognize actual dimensions of drills relative to radiographic measurements can result in permanent injury to nerves or other vital structures. The tapered drill must be replaced after 15 at 20 uses, or when cutting efficiency declines.

Surgical protocol

In the upper jawbone : with a contra-angle, use the homothetic drill at a rotary speed between 1500 and 2000 rpm with ample cooling (to avoid bone heating).

In the lower jawbone

With a contra-angle, use a sequence of increasing diameter drills at a rotary speed between 1500 and 2000 rpm with ample cooling (to avoid bone heating). Finish with the homothetic bladed drill.

Clean and sterilizing (Autoclaving at 134°C - sterilization time 18 min) accordance with instructions of the Directorate General of Health.

Date : 2017-11-17

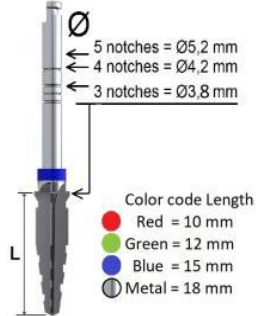
Implants Diffusion International - 23/25 rue Emile Zola 93100 Montreuil France
+33(0)1.48.70.70.48 www.idi-dental.com

Annexe 4 : Fiche technique protocole simplifié sans butée.

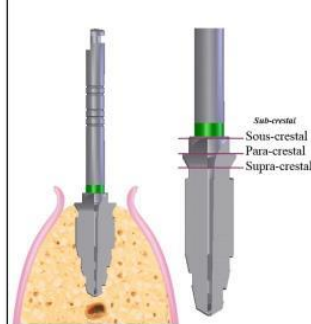
NOTICE/IFU :

Foret à lames

Descriptions :



Instructions :



F Foret conique à lames

EN Bladed drill

REF

X1038, X1042, X1052, X1238, X1242, X1252, X1538, X1542, X1552, X1838, X1842, X1852

F

Description : Le foret à lames est un instrument rotatif réutilisable, coupant pour os, en acier inoxydable trempé et doit être utilisé dans le sens horaire des aiguilles d'une montre, par rapport au site d'utilisation.

Utilisation prévue : Le foret à lames est utilisé pour perforer l'os maxillaire ou mandibulaire. Il prépare un logement pour la pose d'un implant dentaire IDAll.

Indications : Le foret à lames est utilisé pour effectuer un forage homothétique à l'implant IDAll.

Contre-indications : Elles s'appliquent aux protocoles chirurgicaux implantaires chez les patients : - jugés médicalement inaptes à subir une intervention de chirurgie buccale ; - allergiques ou hypersensibles à l'acier inoxydable.

Avertissements : L'utilisation de forets de longueur inadéquate par rapport aux mesures radiographiques risque de causer des lésions définitives aux nerfs ou à d'autres structures vitales. Les forets doivent être remplacés après 15 à 20 utilisations ou lorsque leur capacité de coupe diminue.

Protocole chirurgical

Au maxillaire : A l'aide d'un contre-angle, utiliser le foret homothétique à l'implant entre 1500 et 2000 tr/min sous irrigation abondante (afin d'éviter le chauffage de l'os).

A la mandibule : A l'aide d'un contre-angle, utiliser la séquence de forets de diamètres progressifs entre 1500 et 2000 tr/min pour finir par le foret homothétique. Irriguer abondamment pendant l'acte. (afin d'éviter l'échauffement de l'os).

Décontaminer et stériliser en autoclave à 134°Celsius (temps de stérilisation 18 mn) suivant la réglementation de la Direction Générale de la Santé. Pour complément d'information, se référer au catalogue IDI.

EN

Description : The bladed drill is a reusable rotary instrument, for cutting bone, made of hardening stainless steel. It must be use clockwise, relative to the site of use. Dental tail type-1 according to NF EN ISO 1797.

Intended use : The bladed drill is used to perforate the bone in the upper or lower jawbone. It prepares a safe space for the IDAll implant placement.

Indications : The bladed drill is used to achieve drilling geometrically similar to IDAll dental implant.

Contraindications : Contraindications are applicable for implant surgery related procedures in patients: - who are medically unfit for an oral surgical procedure; - who are allergic or hypersensitive to stainless steel.

Warnings : Failure to recognize actual dimensions of drills relative to radiographic measurements can result in permanent injury to nerves or other vital structures. The tapered drill must be replaced after 15 at 20 uses, or when cutting efficiency declines.

Surgical protocol

In the upper jawbone : with a contra-angle, use the homothetic drill at a rotary speed between 1500 and 2000 rpm with ample cooling (to avoid bone heating).

In the lower jawbone :

With a contra-angle, use a sequence of increasing diameter drills at a rotary speed between 1500 and 2000 rpm with ample cooling (to avoid bone heating). Finish with the homothetic bladed drill.

Clean and sterilizing (Autoclaving at 134°C - sterilization time 18 min) accordance with instructions of the Directorate General of Health.



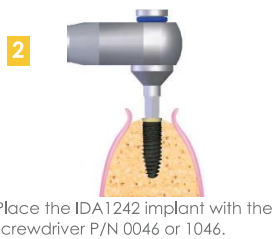
Implants Diffusion International - 23/25 rue Emile Zola 93100 Montreuil France
 +33(0)1.48.70.70.48 www.idi-dental.com

Date : 2017-11-17

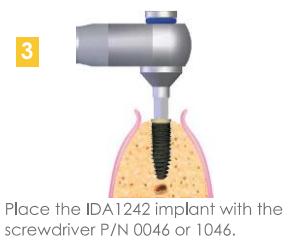
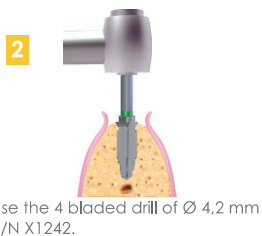
SURGICAL PROTOCOL

EXAMPLE OF AN ID^{ALL} IMPLANT PLACEMENT of Ø 4,2 mm and 12 mm length (P/N IDA1242)

FOR THE MAXILLA



FOR THE MANDIBLE



- The rotation speed for all drills is from 1 500 rpm to 2 000 rpm with ample cooling with physiological serum.
- The four-bladed drills must be used without in and out movements.
- The recommended rotation speed to set an implant is 15 rpm.
- The insertion torque during the implant setting may be superior to 50 Ncm with a screwdriver P/N 0046 or 0146;
- When the implant is placed on soft bone or very poor

mineralized bone (Type IV), use the drill whose diameter is lower than the implant one.

- Finish tightening the implant with the ratchet P/N 415 and the screwdriver P/N 0046 or 0146.
- The placement of implant can be performed with help of the manual screwdriver P/N 0846.
- To optimize the aesthetic result, it is recommended to place the 1 mm implant in a sub-crestal position.

All the dimensions are in millimeters.

Table des illustrations et des tableaux

Figure 1 : Modèle utilisé lors du TP.....	27
Figure 2 : Protocole Universal ©	27
Figure 3 : Implant ID CAM© 4,2/12 m	28
Figure 4 : Foret unique sans butée pour un implant de ϕ : 4,2mm (IDI©)	28
Figure 5 : Foret unique avec butée pour un implant de ϕ : 4,2 mm (IDI©).....	29
Figure 6 : Implant IDALL© 4,2/12mm	29
Figure 7 : Montage directeur réalisé par CFAO.....	31
Figure 8 : Résumé du déroulement de l'étude.....	32
Figure 9 : Modèle utilisé en TP avec la gouttière évaluant le point d'impact	34
Figure 10 : Gouttière permettant d'évaluer l'axe des implants	35
Figure 11 : Représentation du temps de forage selon le protocole employé.....	38
Figure 12 : Représentation du temps de pose selon le protocole employé par groupe	39
Figure 13 : Moyenne du temps opératoire global selon le protocole employé par groupe	40
Figure 14 : Moyenne de la précision selon le protocole employé par groupe	41
Figure 15 : Moyenne de la profondeur de forage selon le protocole employé par groupe.....	42
Figure 16 : Moyenne du temps global opératoire pour chaque session selon le protocole employé par groupe	43
Figure 17 : Moyenne du score pour chaque session selon le protocole employé par groupe	44
Figure 18 : Précision par protocole tout groupe confondu.....	46
Figure 19 : Précision par site tout groupe confondu	47
Figure 20 : Précision par groupe	48
Figure 22 : Précision par protocole pour les étudiants	49
Figure 23 : Précision par protocole pour les omnipraticiens.....	50
Figure 24 : Succès implantaire par protocole pour les Chirurgiens	51
Figure 25 : Moyenne du temps opératoire selon le succès en fonction du protocole employé	52
Figure 26 : Moyenne du temps global selon le score obtenu et le protocole employé chez les étudiants	53
Figure 27 : Moyenne du temps global selon le score obtenu et le protocole employé chez les omnipraticiens.....	54

Figure 28 : Moyenne du temps global selon le score obtenu et le protocole employé chez les chirurgiens	55
Figure 29 : Moyenne des score pour la première session selon le protocole employé pour le site 3 pour les étudiants et les omnipraticiens	56
Figure 30 : Résultats questionnaires groupe étudiants	57
Figure 31 : Résultats questionnaires groupe omnipraticiens.....	57
Figure 32 : Résultats questionnaires groupe chirurgiens	57
Figure 33 : Exemple d'inadaptation de la butée sur une crête non régularisée en site de 21	62

Les opinions émises dans les dissertations présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ni improbation de la Faculté de Chirurgie Dentaire.

AIDAN David. Étude in vitro : précision, temps et fiabilité de différents protocoles de forage implantaire. 2018. 84 p. : ill., graph. tabl. Réf. Biblio. : p 67- 70.

Sous la direction des : *Dr Alice Guyon et Dr Benjamin Pomes*

Th : Chir Dent. : Paris 7 : année 2018

RESUME

Objectif : L'objectif est de comparer la précision, l'ergonomie et la sécurité entre un protocole simplifié caractérisé par le passage d'un seul foret versus conventionnel qui implique le passage de plusieurs forets de diamètres croissants puis de quantifier l'apport de la butée dans un protocole implantaire.

Méthode : Dans une salle de travaux pratiques, 3 groupes de 6 praticiens (étudiants, omnipraticiens et chirurgiens oraux) ont été réunis afin de poser au total 27 implants sur un modèle en polyuréthane à l'aide d'un protocole conventionnel, d'un protocole simplifié sans butée et d'un protocole simplifié avec butée. Les résultats des mesures étaient : temps de forage et temps de pose de l'implant, puis position des implants à l'aide de gouttières. Les implants ont ensuite été déposés et la profondeur de forage de chaque implant a été relevée. Un questionnaire a également été utilisé pour évaluer l'appréciation de l'opérateur.

Résultats : Tous les groupes prennent environ entre 2 et 2,5 fois moins de temps avec un protocole simplifié sur la durée totale de l'intervention ($p < 0,05$), les étudiants sont plus précis avec un protocole simplifié comparé à un protocole conventionnel ($p < 0,05$). Les omnipraticiens et les chirurgiens recommandent majoritairement un protocole conventionnel (67% et 83%) contrairement aux étudiants qui recommandent un protocole simplifié avec butée (83%). Tous les praticiens sont plus précis concernant la profondeur de forage avec un protocole simplifié avec butée comparé aux deux autres protocoles ($p < 0,05$).

Conclusion : Avec les limites de cette étude, le protocole simplifié semble réduire le temps opératoire sans pour autant modifier la qualité des implants posés. Ce protocole paraît accessible même aux praticiens peu expérimentés. La butée sécurise et conforte les praticiens lors d'une pose d'implants.

TITRE en anglais :

In vitro study: precision, time and reliability of various protocols of drilling implants

DISCIPLINE : CHIRURGIE

MOTS-CLES français :

implants dentaires (FMeSH) ; conception de dispositifs médicaux (FMeSH) ; foret unique ; forage simplifié ; protocole simplifié ; forage simplifié

MOTS-CLES anglais :

dental implants (MeSH); equipment design (MeSH); single bur ; single drill ; simplified protocol ; simplified drill