

2024-2025

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Qualification en D.E.S. D'ONCOLOGIE-RADIOTHERAPIE

Evaluation de l'impact d'un logiciel de planimétrie basée sur l'expérience, sur la dose aux constricteurs du pharynx et sur les troubles de la déglutition chez les patients atteints d'un cancer ORL traité par radiothérapie

ASsessing the impact of Pharyngeal constrIctor dose
in knowledge-based planning RadiotherApy
for dysphagia management in head and neck cancer paTIents (ASPIRATION)

GUIOULLIER Paul

Né le 17 septembre 1996 à Le Mans (72)

Sous la direction du Dr Aurore GOINEAU

Membres du jury

Professeur LACCOURREYE Laurent | Président

Docteure GOINEAU Aurore | Directrice

Docteur CAPITAIN Olivier | Membre

Soutenue publiquement le :
10 Octobre 2025



**FACULTÉ
DE SANTÉ**

UNIVERSITÉ D'ANGERS

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné Paul GUIOILLIER
déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant le **10/09/2025**

SERMENT D'HIPPOCRATE

« Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu (e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

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

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré (e) et méprisé(e) si j'y manque ».

LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DE SANTÉ D'ANGERS

Doyen de la Faculté : Pr Cédric ANNWEILER

Vice-Doyen de la Faculté et directeur du département de pharmacie : Pr
Sébastien FAURE

Directeur du département de médecine : Pr Vincent DUBÉE

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

| | | |
|-----------------------------|---|-----------|
| ABRAHAM Pierre | PHYSIOLOGIE | Médecine |
| ANGOULVANT Cécile | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| ANNWEILER Cédric | GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT | Médecine |
| ASFAR Pierre | REANIMATION | Médecine |
| AUBE Christophe | RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE | Médecine |
| AUGUSTO Jean-François | NEPHROLOGIE | Médecine |
| BAUFRETON Christophe | CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE | Médecine |
| BELLANGER William | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| BELONCLE François | REANIMATION | Médecine |
| BIERE Loïc | CARDIOLOGIE | Médecine |
| BIGOT Pierre | UROLOGIE | Médecine |
| BONNEAU Dominique | GENETIQUE | Médecine |
| BOUCHARA Jean-Philippe | PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE | Médecine |
| BOUET Pierre-Emmanuel | GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE | Médecine |
| BOURSIER Jérôme | GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE | Médecine |
| BOUVARD Béatrice | RHUMATOLOGIE | Médecine |
| BRIET Marie | PHARMACOLOGIE | Médecine |
| CAMPONE Mario | CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE | Médecine |
| CAROLI-BOSC François-Xavier | GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE | Médecine |
| CASSEREAU Julien | NEUROLOGIE | Médecine |
| CLERE Nicolas | PHARMACOLOGIE / PHYSIOLOGIE | Pharmacie |
| COLIN Estelle | GENETIQUE | Médecine |
| CONNAN Laurent | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| COPIN Marie-Christine | ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES | Médecine |
| COUTANT Régis | PEDIATRIE | Médecine |
| CUSTAUD Marc-Antoine | PHYSIOLOGIE | Médecine |
| CRAUSTE-MANCIET Sylvie | PHARMACOTECHNIE HOSPITALIERE | Pharmacie |
| DE CASABIANCA Catherine | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| DERBRE Séverine | PHARMACOGNOSIE | Pharmacie |
| DESCAMPS Philippe | GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE | Médecine |
| D'ESCATHA Alexis | MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL | Médecine |

| | | |
|--------------------------|---|-----------|
| DINOMAIS Mickaël | MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION | Médecine |
| DUBEE Vincent | MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES | Médecine |
| DUCANCELLE Alexandra | BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE | Médecine |
| DUVERGER Philippe | PEDOPSYCHIATRIE | Médecine |
| EVEILLARD Matthieu | BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE | Pharmacie |
| FAURE Sébastien | PHARMACOLOGIE PHYSIOLOGIE | Pharmacie |
| FOURNIER Henri-Dominique | ANATOMIE | Médecine |
| FOUQUET Olivier | CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE | Médecine |
| FURBER Alain | CARDIOLOGIE | Médecine |
| GAGNADOUX Frédéric | PNEUMOLOGIE | Médecine |
| GOHIER Bénédicte | PSYCHIATRIE D'ADULTES | Médecine |
| GUARDIOLA Philippe | HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION | Médecine |
| GUILET David | CHIMIE ANALYTIQUE | Pharmacie |
| HUNAUT-BERGER Mathilde | HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION | Médecine |
| JEANNIN Pascale | IMMUNOLOGIE | Médecine |
| KAZOUR François | PSYCHIATRIE | Médecine |
| KEMPF Marie | BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE | Médecine |
| KUN-DARBOIS Daniel | CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE | Médecine |
| LACOEUILLE FRANCK | RADIOPHARMACIE | Pharmacie |
| LACCOURREYE Laurent | OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE | Médecine |
| LAGARCE Frédéric | BIOPHARMACIE | Pharmacie |
| LANDREAU Anne | BOTANIQUE/ MYCOLOGIE | Pharmacie |
| LASOCKI Sigismond | ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION | Médecine |
| LEBDAI Souhil | UROLOGIE | Médecine |
| LEGENDRE Guillaume | GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE | Médecine |
| LEGRAND Erick | RHUMATOLOGIE | Médecine |
| LEMEE Jean-Michel | NEUROCHIRURGIE | Médecine |
| LERMITE Emilie | CHIRURGIE GENERALE | Médecine |
| LEROLLE Nicolas | REANIMATION | Médecine |
| LIBOUBAN Hélène | HISTOLOGIE | Médecine |
| LUQUE PAZ Damien | HEMATOLOGIE BIOLOGIQUE | Médecine |
| MARCHAIS Véronique | BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE | Pharmacie |
| MARTIN Ludovic | DERMATO-VENERELOGIE | Médecine |
| MAY-PANLOUP Pascale | BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT ET DE LA REPRODUCTION | Médecine |
| MENEI Philippe | NEUROCHIRURGIE | Médecine |
| MERCAT Alain | REANIMATION | Médecine |
| ORVAIN Corentin | HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION | Médecine |
| PAISANT Anita | RADIOLOGIE | Médecine |
| PAPON Nicolas | PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE | Pharmacie |

| | | |
|------------------------------|--|-----------|
| PASSIRANI Catherine | CHIMIE GENERALE | Pharmacie |
| PELLIER Isabelle | PEDIATRIE | Médecine |
| PETIT Audrey | MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL | Médecine |
| PICQUET Jean | CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE | Médecine |
| PODEVIN Guillaume | CHIRURGIE INFANTILE | Médecine |
| PROCACCIO Vincent | GENETIQUE | Médecine |
| PRUNIER Delphine | BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE | Médecine |
| PRUNIER Fabrice | CARDIOLOGIE | Médecine |
| PY Thibaut | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| RAMOND-ROQUIN Aline | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| REYNIER Pascal | BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE | Médecine |
| RIOU Jérémie | BIostatistique | Pharmacie |
| RINEAU Emmanuel | ANESTHESIOLOGIE REANIMATION | Médecine |
| RIQUIN Elise | PEDOPSYCHIATRIE ; ADDICTOLOGIE | Médecine |
| RODIEN Patrice | ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES | Médecine |
| ROQUELAURE Yves | MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL | Médecine |
| ROUGE-MAILLART Clotilde | MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE | Médecine |
| ROUSSEAU Audrey | ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES | Médecine |
| ROUSSEAU Pascal | CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE | Médecine |
| ROUSSELET Marie-Christine | ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES | Médecine |
| ROY Pierre-Marie | MEDECINE D'URGENCE | Médecine |
| SAULNIER Patrick | BIOPHYSIQUE ET BIostatistiques | Pharmacie |
| SERAPHIN Denis | CHIMIE ORGANIQUE | Pharmacie |
| SCHMIDT Aline | HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION | Médecine |
| TESSIER-CAZENEUVE Christine | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| TRZEPIZUR Wojciech | PNEUMOLOGIE | Médecine |
| UGO Valérie | HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION | Médecine |
| URBAN Thierry | PNEUMOLOGIE | Médecine |
| VAN BOGAERT Patrick | PEDIATRIE | Médecine |
| VENARA Aurélien | CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE | Médecine |
| VENIER-JULIENNE Marie-Claire | PHARMACOTECHNIE | Pharmacie |
| VERNY Christophe | NEUROLOGIE | Médecine |
| WILLOTEAUX Serge | RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE | Médecine |

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

| | | |
|-----------------|------------------------------------|-----------|
| AMMI Myriam | CHIRURGIE VASCULAIRE ET THORACIQUE | Médecine |
| BAGLIN Isabelle | CHIMIE THERAPEUTIQUE | Pharmacie |

| | | |
|----------------------------------|---|-----------|
| BASTIAT Guillaume | BIOPHYSIQUE ET BIostatISTIQUES | Pharmacie |
| BEAUVILLAIN Céline | IMMUNOLOGIE | Médecine |
| BEGUE Cyril | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| BELIZNA Cristina | MEDECINE INTERNE | Médecine |
| BENOIT Jacqueline | PHARMACOLOGIE | Pharmacie |
| BERNARD Florian | ANATOMIE | Médecine |
| BESSAGUET Flavien | PHYSIOLOGIE PHARMACOLOGIE | Pharmacie |
| BLANCHET Odile | HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION | Médecine |
| BOISARD Séverine | CHIMIE ANALYTIQUE | Pharmacie |
| BOUCHER Sophie | ORL | Médecine |
| BRIET Claire | ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES | Médecine |
| BRILLAND Benoit | NEPHROLOGIE | Médecine |
| BRIS Céline | BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE | Pharmacie |
| BRUGUIERE Antoine | PHARMACOGNOSIE | Pharmacie |
| CAPITAIN Olivier | CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE | Médecine |
| CHABRUN Floris | BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE | Pharmacie |
| CHAO DE LA BARCA Juan- Manuel | BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE | Médecine |
| CHOPIN Matthieu | MEDECINE GENERALE | |
| CODRON Philippe | NEUROLOGIE | Médecine |
| DEMAS Josselin | SCIENCES DE LA READAPTATION | Médecine |
| DESHAYES Caroline | BACTERIOLOGIE VIROLOGIE | Pharmacie |
| DOUILLET Delphine | MEDECINE D'URGENCE | Médecine |
| FERRE Marc | BIOLOGIE MOLECULAIRE | Médecine |
| FORTRAT Jacques-Olivier | PHYSIOLOGIE | Médecine |
| GHALI Maria | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| GUELFF Jessica | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| HADJ MAHMOUD Dorra | IMMUNOLOGIE | Pharma |
| HAMEL Jean-François | BIostatISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE | Médicale |
| HAMON Cédric | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| HELESBEUX Jean-Jacques | CHIMIE ORGANIQUE | Pharmacie |
| HERIVAUX Anaïs | BIOTECHNOLOGIE | Pharmacie |
| HINDRE François | BIOPHYSIQUE | Médecine |
| JOUSSET-THULLIER Nathalie | MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE | Médecine |
| JUDALET-ILLAND Ghislaine | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| KHIATI Salim | BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE | Médecine |
| LEFEUVRE Caroline | BACTERIOLOGIE ; VIROLOGIE | Médecine |
| LEGEAY Samuel | PHARMACOCINETIQUE | Pharmacie |
| LEPELTIER Elise | CHIMIE GENERALE | Pharmacie |
| LETOURNEL Franck | BIOLOGIE CELLULAIRE | Médecine |
| MABILLEAU Guillaume | HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE | Médecine |
| MALLET Sabine | CHIMIE ANALYTIQUE | Pharmacie |
| MAROT Agnès | PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE | Pharmacie |
| MESLIER Nicole | PHYSIOLOGIE | Médecine |
| MIOT Charline | IMMUNOLOGIE | Médecine |
| MOUILLIE Jean-Marc | PHILOSOPHIE | Médecine |

| | | |
|------------------------------|--|-----------|
| NAIL BILLAUD Sandrine | IMMUNOLOGIE | Pharmacie |
| PAILHORIES Hélène | BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE | Médecine |
| PAPON Xavier | ANATOMIE | Médecine |
| PASCO-PAPON Anne | RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE | Médecine |
| PENCHAUD Anne-Laurence | SOCIOLOGIE | Médecine |
| PIHET Marc | PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE | Médecine |
| PIRAUX Arthur | OFFICINE | Pharmacie |
| POIROUX Laurent | SCIENCES INFIRMIERES | Médecine |
| RONY Louis | CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE | Médecine |
| ROGER Emilie | PHARMACOTECHNIE | Pharmacie |
| SAVARY Camille | PHARMACOLOGIE-TOXICOLOGIE | Pharmacie |
| SCHMITT Françoise | CHIRURGIE INFANTILE | Médecine |
| SCHINKOWITZ Andréas | PHARMACOGNOSIE | Pharmacie |
| SPIESSER-ROBELET Laurence | PHARMACIE CLINIQUE ET EDUCATION THERAPEUTIQUE | Pharmacie |
| TEXIER-LEGENDRE Gaëlle | MEDECINE GENERALE | Médecine |
| VIAULT Guillaume | CHIMIE ORGANIQUE | Pharmacie |

AUTRES ENSEIGNANTS

| | | |
|-------------------------|----------------------------------|-----------|
| ATER | | |
| BARAKAT Fatima | CHIMIE ANALYTIQUE | Pharmacie |
| ATCHADE Constantin | GALENIQUE | Pharmacie |
| | | |
| PRCE | | |
| AUTRET Erwan | ANGLAIS | Santé |
| BARBEROUSSE Michel | INFORMATIQUE | Santé |
| COYNE Ashley | ANGLAIS | Santé |
| O'SULLIVAN Kayleigh | ANGLAIS | Santé |
| RIVEAU Hélène | ANGLAIS | |
| | | |
| PAST-MAST | | |
| AUBRUCHET Hélène | | |
| BEAUVAIS Vincent | OFFICINE | Pharmacie |
| BRAUD Cathie | OFFICINE | Pharmacie |
| CAVAILLON Pascal | PHARMACIE INDUSTRIELLE | Pharmacie |
| DILÉ Nathalie | OFFICINE | Pharmacie |
| GUILLET Anne-Françoise | PHARMACIE DEUST PREPARATEUR | Pharmacie |
| MOAL Frédéric | PHARMACIE CLINIQUE | Pharmacie |
| CHAMPAGNE Romain | MEECINE PHYSIQUE ET READAPTATION | Médecine |
| KAASSIS Mehdi | GASTRO-ENTEROLOGIE | Médecine |
| GUITTON Christophe | MEDECINE INTENSIVE-REANIMATION | Médecine |
| LAVIGNE Christian | MEDECINE INTERNE | Médecine |
| PICCOLI Giorgina | NEPHROLOGIE | Médecine |

| | | |
|------------------|----------------------------|----------|
| POMMIER Pascal | CANCEROLOGIE-RADIOTHERAPIE | Médecine |
| SAVARY Dominique | MEDECINE D'URGENCE | Médecine |
| | | |
| PLP | | |
| CHIKH Yamina | ECONOMIE-GESTION | Médecine |

REMERCIEMENTS

Avant de clore ce travail, je souhaite exprimer ma profonde gratitude à toutes celles et ceux qui m'ont accompagné durant ces années d'étude, de recherche et de pratique.

Je remercie tout d'abord le Dr Aurore Goineau, ma directrice de thèse, pour sa disponibilité, son accompagnement, ses conseils éclairés et sa bienveillance tout au long de ce travail. Merci de m'avoir guidé avec rigueur sur ce chemin.

Je tiens à remercier l'ensemble des professionnels de santé qui m'ont formé, encadré, inspiré :

En radiothérapie à l'ICO : Dr Aurore Goineau, Dr Delphine Caron, Dr Nathalie Mezgouez-Nebout, Dr Pierre Trémolières, Dr Amaury Paumier, Dr Sovannarith Roeun, Dr Jérémy Coliaux, Dr Martine Mège, Dr Kenza Benali, et Dr Amal Boussarsar.

En oncologie médicale à l'ICO : Dr Julie Vanbockstael, Dr Olivier Capitain, Dr Jean-Marie Commer, Dr Frédéric Bigot, Dr Victor Simmet, Dr Manon de Vries-Brilland, Dr Félix Le Borgne, Dr Elouen Boughalem, Dr Paule Augereau, Dr Emilie Bultot-Boissier, Dr Pierre Kubicek, Dr Marie Mahé, Dr Anne Patsouris, Dr David Solub, Dr Patrick Soulie, Dr Delphine Cornuault-Foubert, et Dr Hélène Schmets.

Au Centre de Cancérologie de la Sarthe : Dr Julien Domont, Dr Amandine Ruffier, Dr Thibaut Lizée, Dr Ossama Didas, Dr Sophie Roche, Dr Fabrice Denis, Dr Olivier Dupuis, Dr Yoann Pointreau, Dr Enrique Chajon, Dr Hugues Bourgeois, Dr Eric Voog, Dr Maud Lancrenon, Dr Marie Zinger, et Dr Wladislaw Lamoureux.

En radiologie à l'ICO : Dr Pierre Berge, Dr Yolande Bourrée, Dr Mélanie Kulik, et Dr Mégane Chenin.

En médecine nucléaire à l'ICO : Dr Olivier Morel, Dr Sylvie Girault, Dr Aude Testard, et Dr Marie Lacombe.

Merci à Delphine, pour nos discussions et ton humanité, à Nathalie pour ta pédagogie et ta gentillesse, à Pierre et Frédéric pour vos conseils dans mon orientation, à Julie et Félix pour l'encadrement bienveillant de mon premier semestre, et à Jean-Marie pour ton soutien dans les moments difficiles dans le service d'hospitalisation.

Merci également à toutes les équipes paramédicales – aides-soignant(e)s, infirmier(e)s, manipulateurs et manipulatrices, physicien(ne)s médicaux – pour votre présence, votre engagement quotidien, votre pédagogie et toutes les expériences partagées.

Un immense merci aux patient(e)s : pour votre confiance, pour avoir parfois accepté d'être les premiers, pour vos confidences.

Je souhaite aussi remercier celles et ceux qui ont contribué à ce travail de thèse :
Mme Laëtitia Himpe pour son aide précieuse sur les aspects administratifs,
M. Maxime Brémaud et Pierre-Etienne Pabœuf pour l'extraction des données,
Mme Manuela Garcia pour la gestion des données,
Mme Élodie Martin et Mme Solène Wallez pour les analyses statistiques.

REMERCIEMENTS

Durant mon année recherche au laboratoire ESTER, j'ai eu la chance de croiser d'autres collègues : Fabien, Sibylle, Inès, Guillaume, Mathieu, Marion, Norbert, Clémence, Gwladys, Maël, Sandrine, Julie, Élise, Valérie, Marc et Natacha. Merci pour ces échanges riches et bienveillants.

Merci au Pr Yves Roquelaure pour son accueil et ses conseils toujours justes, au Dr Bertrand Porro pour son accompagnement durant cette année et au-delà.

Un mot aussi pour le Pr Bruno Falissard, dont les cours à Paris-Saclay m'ont profondément marqué.

Je n'oublie pas mes co-internes d'oncologie : Youssef, Cédric, Quentin, Nicolas, Amélie, Camille, Juliette, Clémence, Hugo, Justin, Raphaël, Matthieu et Elise, avec qui j'ai partagé stages, projets (notamment avec l'AJOA), et autres bons moments.

Merci aussi à mes co-internes en stage : Camille, pour ton soutien indéfectible au début de l'internat, et ton approche des soins palliatifs. Cédric et Olivier pour les quizz de culture générale. Simon, pour ton humour et ton accent chantant. Louis et Antoine pour les avis dermato. Céline pour avoir sauvé notre potager de la sécheresse. Séverine, pour tes inégalables gâteaux.

Merci à mes partenaires de padel : Antoine, Hugo, Raphaël, Olivier(s) et Sébastien.

Je suis profondément reconnaissant envers mes ami(e)s du MEJ : Antoine, Anne-Sophie, Clémence Augé, Clémence Couillard, Claire, Hermine, Zoé, Rémi, Gabriel, Timothée et Charlotte. Depuis notre rencontre en 2014, vous êtes là. Je n'oublierai jamais cet appel du Nouvel An 2015 avant mon concours de PACES. Vos parcours variés nourrissent la richesse de nos discussions, et vos réflexions sur la foi ont profondément influencé ma pratique, en particulier en soins palliatifs.

À ma famille :

À mon Papa et ma Maman, pour m'avoir transmis le goût du soin, avec une posture critique envers le corporatisme carabin. Merci pour votre ouverture à l'autre, aux arts, et à la culture.

À François, mon grand frère, pour avoir ouvert la voie, pour les conseils de première année, la colocation au 3 square de Contades, les épisodes de Scrubs.

À Marie et Jeanne, mes sœurs, pour votre choix audacieux de ne pas suivre la voie des études médicales, mais d'explorer des horizons inconnus, qui élargissent nos perspectives et enrichissent nos échanges familiaux.

Enfin, à Juliette :

Toi qui partages ma vie depuis 2018, et avec qui je m'engage dans le mariage cette année. Merci d'avoir été là pendant la préparation de l'ECN, les débuts d'internat, les premières confrontations à la mort, les doutes, les décisions.

Merci pour ton regard extérieur, qui m'aide à prendre du recul. Pour ton écoute, ta douceur, ton intelligence. Pour m'avoir appris à accueillir mes émotions, à les exprimer, à les comprendre.

Merci de m'accompagner chaque jour avec amour.

Liste des abréviations

| | |
|-----------|---|
| VADS | Voies Aéro-Digestives Supérieures |
| ORL | Oto-Rhino-Laryngologique |
| HPV | PapillomaVirus Humain |
| RC2D | Radiothérapie Conventionnelle en Deux Dimensions |
| RC3D | Radiothérapie Conformationnelle en Trois Dimensions |
| OAR | Organe à Risque |
| RCMI | Radiothérapie Conformationnelle avec Modulation d'Intensité |
| IMRT | Intensity-Modulated RadioTherapy |
| IGRT | Image-Guided RadioTherapy |
| MV | MégaVolt |
| kV | KiloVolt |
| MCP | Muscles Constricteurs du Pharynx |
| RECORAD | Recommandations pour la pratique de la Radiothérapie externe et de la curiethérapie |
| CHU | Centre Hospitalier Universitaire |
| Gy | Gray |
| GTV | Gross Tumor Volume |
| CTV | Clinical Target Volume |
| PTV | Planning Target Volume |
| CTCAE | Common Terminology Criteria for Adverse Events |
| IC95% | Intervalle de Confiance à 95% |
| PFS | Progression-Free Survival |
| OS | Overall Survival |
| Min | Minimum |
| Max | Maximum |
| PS | Performance Status |
| MDADI | MD Anderson Dysphagia Inventory |
| EORTC | European Organization for Research and Treatment of Cancer Quality of Life |
| QLQ-H&N35 | Questionnaire – Head & Neck |
| FEES | Fiberoptic Endoscopic Evaluation Of Swallowing |
| PROMs | Patient-Reported Outcomes |
| SWAL-QOL | Swallowing Quality of Life Questionnaire |

Plan

SERMENT D'HIPPOCRATE

RESUME

INTRODUCTION

- 1. Epidémiologie et facteurs de risque**
- 2. Traitements**
- 3. Evolution des techniques de radiothérapie et enjeux dosimétriques**
- 4. Physiologie de la déglutition**
- 5. Troubles de la déglutition post-radiques**
- 6. Problématique et hypothèses**

MÉTHODES

- 1. Design**
- 2. Sélection des patient(e)s (Figure 6)**
- 3. Volumes traités et doses reçues (Figure 7)**
- 4. Critères d'évaluation**
- 5. Analyses statistiques**

RÉSULTATS

- 1. Analyses descriptives**
- 2. Les effets secondaires post-radiques et leur évolution au cours du temps**
- 3. Texture de l'alimentation, recours à une nutrition entérale et évolution pondérale au cours du suivi**
- 4. Survie globale et survie sans progression**
- 5. Facteurs influençant la dose moyenne reçue par les MCP**
- 6. Facteurs influençant la dose moyenne reçue par les MCP moins PTV**
- 7. Facteurs influençant l'utilisation d'une nutrition entérale en fin de traitement**

DISCUSSION ET CONCLUSION

- 1. Objectif principal : impact dosimétrique de l'outil RapidPlan**
- 2. Objectifs secondaires : doses reçues par les autres OAR**
- 3. Retentissement clinique : toxicités et nutrition**
 - 3.1. Dysgueusie**
 - 3.2. Xérostomie**
 - 3.3. Dysphagie**
 - 3.4. Fausses routes**
 - 3.5. Insuffisance vélaire**
 - 3.6. Nécrose**
 - 3.7. Texture alimentaire, poids et nutrition entérale**
- 4. Impact de l'édentation sur la reprise alimentaire**
- 5. Objectif secondaire : survies (globale et sans progression)**
- 6. Forces**
- 7. Limites**

8. Ouverture et perspectives

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DES MATIERES

RESUME

Introduction

Les cancers des voies aérodigestives supérieures (VADS) représentent un enjeu majeur de santé publique, et leur traitement repose souvent sur la radiothérapie. Malgré les progrès techniques, les troubles de la déglutition radio-induits demeurent fréquents, liés notamment à l'irradiation des muscles constricteurs du pharynx (MCP). En avril 2021, l'Institut de Cancérologie de l'Ouest a mis en place l'outil de planimétrie automatisée « RapidPlan ORL ». L'objectif de cette étude était d'évaluer son impact sur la dose reçue par les MCP et sur les troubles alimentaires post-radiques.

Méthodes

L'étude ASPIRATION est une cohorte rétrospective monocentrique incluant 145 patient(e)s traité(e)s par radiothérapie avec ou sans traitement systémique concomitant. Trois périodes ont été définies : avant RapidPlan, dans l'année suivant son implémentation, et plus d'un an après. Le critère d'évaluation principal était la dose moyenne reçue par les MCP. Les critères secondaires incluaient les troubles de la déglutition post-radiques, le recours à la nutrition entérale, l'évolution du poids, la couverture tumorale, les doses aux autres organes à risque, et les survies globale et sans progression.

Résultats

La dose moyenne aux MCP était inférieure dans les groupes « avec RapidPlan » par rapport au groupe « sans RapidPlan », avec des valeurs médianes inférieures aux recommandations RECORAD. Toutefois, après ajustement sur la localisation, le stade et le volume tumoral, l'association n'était pas significative. Les volumes cibles restaient correctement couverts (D95% comparable entre groupes). Sur le plan clinique, le poids moyen continuait de chuter au-delà de 3 mois dans le groupe « sans RapidPlan », tandis qu'il remontait dans les groupes « avec RapidPlan ». La survie globale à 24 mois était de 78 %, sans différence entre groupes.

Conclusion

RapidPlan semble contribuer à une meilleure épargne dosimétrique des MCP, sans compromettre la couverture tumorale ni la survie. L'impact fonctionnel reste cependant limité, probablement en raison de facteurs cliniques et organisationnels concomitants. Ces résultats soulignent l'importance d'associer optimisation technique, suivi nutritionnel et réhabilitation précoce afin de limiter les séquelles post-radiques.

INTRODUCTION

1. Epidémiologie et facteurs de risque

Les cancers des voies aérodigestives supérieures (VADS), plus communément appelés « cancers de la tête et du cou » ou « cancers ORL (oto-rhino-laryngologiques) », regroupent plusieurs localisations : sinus, cavité buccale, glandes salivaires, oropharynx, nasopharynx, hypopharynx, et larynx (1) (Figure 1).

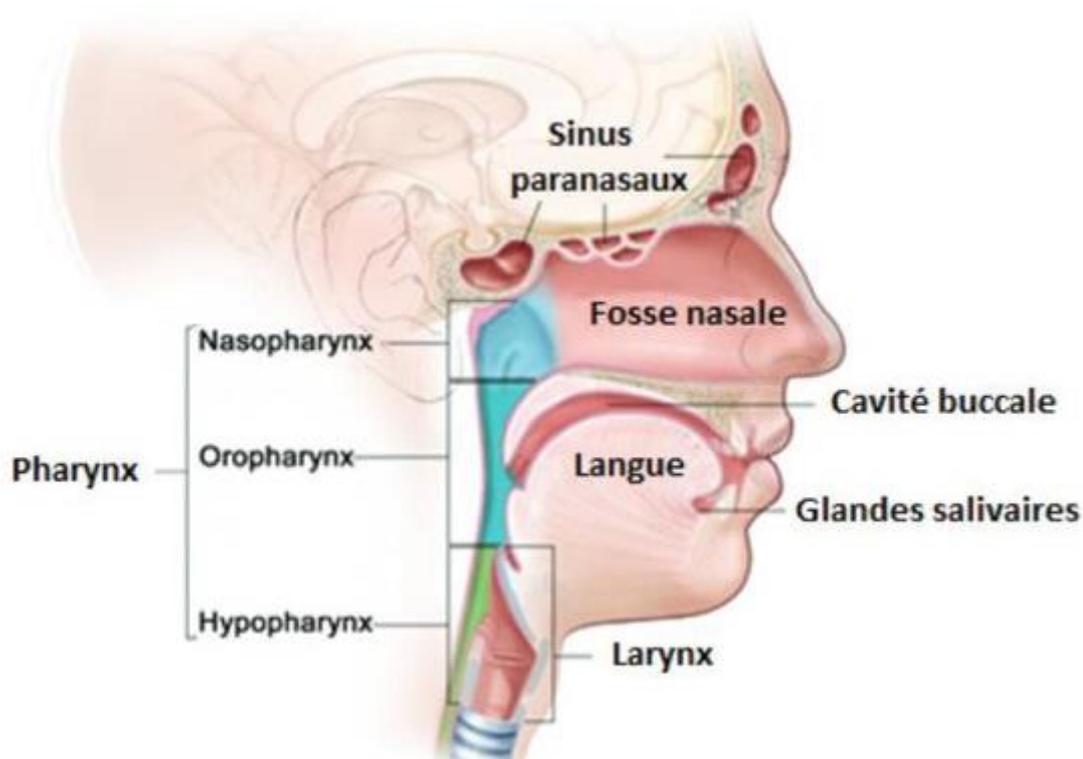


Figure 1 : Sites anatomiques des cancers de la tête et du cou (2)

En France, leur incidence est estimée à 16 000 nouveaux cas par an, ce qui en fait le quatrième cancer le plus fréquent chez l'homme (3). Si l'incidence masculine est en baisse depuis 30 ans (-26% entre 1990 et 2023), celle des femmes est en forte progression (+157% sur la même période) (3). Ces variations sont le reflet de l'évolution des consommations éthylique et tabagique, correspondant aux deux facteurs de risque principaux. Par ailleurs, environ 7 % des cancers ORL en Europe sont imputables à l'infection par le papillomavirus humain (HPV) (4).

2. Traitements

La prise en soins des cancers ORL repose sur une approche multidisciplinaire combinant chirurgie, radiothérapie, et traitements systémiques (chimiothérapie, thérapie ciblée, immunothérapie) (5). Pour les formes localement avancées, la radiothérapie exclusive ou associée à une chimiothérapie concomitante, constitue le traitement de référence (5). Parfois, une chimiothérapie d'induction est nécessaire. Cette stratégie multimodale a permis d'améliorer la survie globale et le contrôle locorégional (6).

3. Evolution des techniques de radiothérapie et enjeux dosimétriques

La radiothérapie a connu des évolutions majeures au cours des dernières décennies. Initialement, la radiothérapie conventionnelle en deux dimensions (RC2D) reposait sur des champs d'irradiation définis à partir de repères anatomiques externes et de clichés radiographiques (Figure 2). Cette approche limitait la précision avec une sous-couverture fréquente du volume tumoral et une sur-irradiation des tissus sains (7).

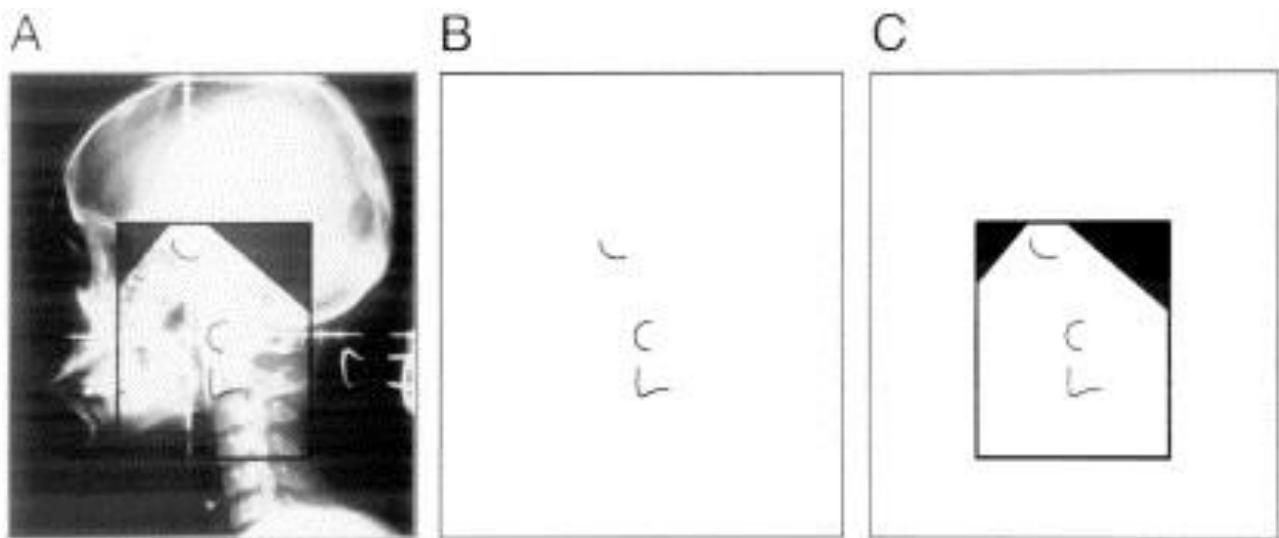


Figure 2 : Repères anatomiques identifiés sur le film du simulateur latéral (A) pour produire des modèles anatomiques sans (B) et avec (C) les paramètres du champ de traitement (7)

Puis, l'avènement du scanner a permis une segmentation anatomique volumétrique, autorisant des plans plus adaptés à la forme réelle des cibles tumorales. La radiothérapie conformationnelle en trois dimensions (RC3D) a ainsi amélioré la couverture tumorale et réduit l'irradiation des organes à risque (OAR). Cependant, l'absence de modulation d'intensité limitait les performances dosimétriques (8).

Ensuite, la radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI en français, ou IMRT en anglais pour *Intensity-Modulated RadioTherapy*) a permis une modulation fine du faisceau au sein d'un même champ d'irradiation. Cette technique améliore considérablement la couverture des volumes cibles complexes, tout en optimisant l'épargne des organes à risque (Figure 3). L'exemple le plus marquant en oncologie ORL est la réduction de la xérostomie (sécheresse buccale) grâce à la préservation des glandes parotides (9).

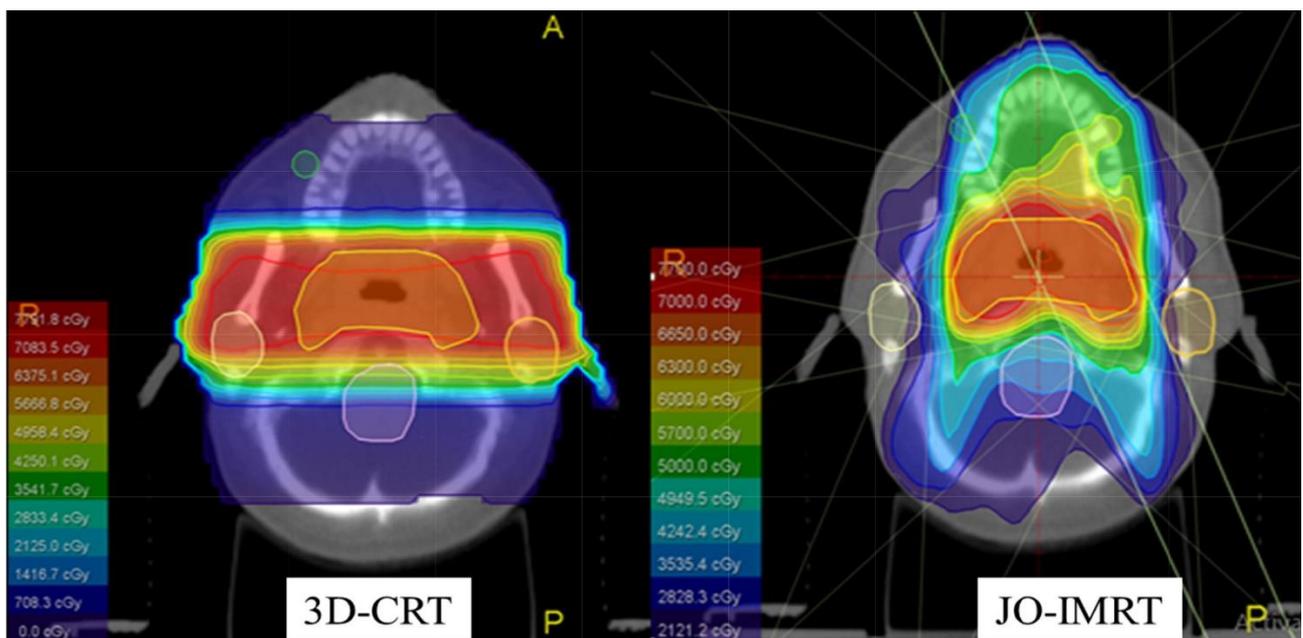


Figure 3 : Comparatif des distributions de doses entre radiothérapie conformationnelle en trois dimensions (RC3D) à gauche, et radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI) à droite (10)

Plus récemment, la radiothérapie guidée par l'image (IGRT en anglais pour *Image-Guided RadioTherapy*) a permis, avec l'intégration de l'imagerie embarquée, de vérifier la position des volumes cibles à chaque séance, afin de limiter les incertitudes de repositionnement et de détecter les éventuelles variations anatomiques en cours de traitement, notamment en cas de perte de poids (Figures 4 et 5). L'IGRT a ainsi renforcé la précision de l'IMRT, en réduisant la marge d'erreur et en sécurisant l'administration de doses totales élevées (11).

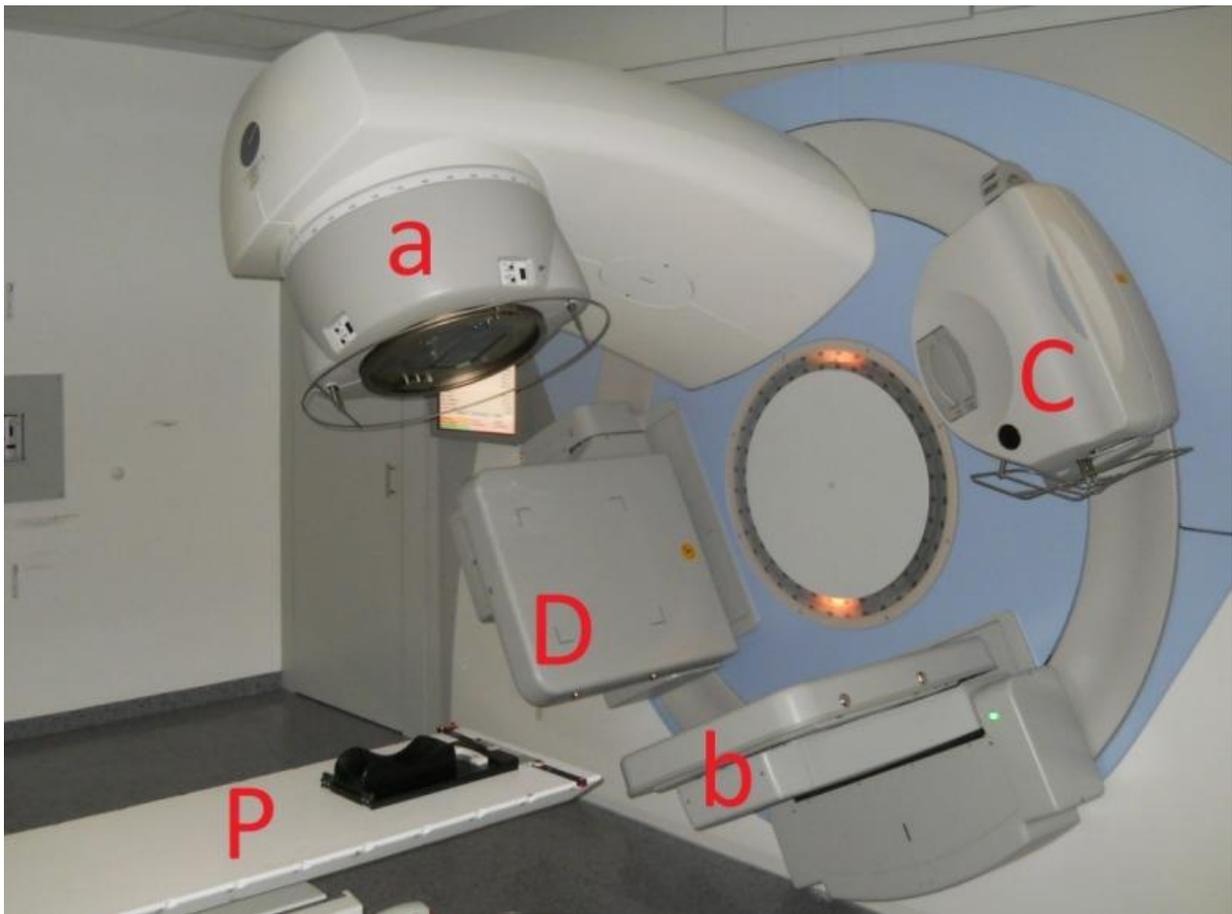


Figure 4 : Assemblage type d'un accélérateur linéaire avec tomographie à faisceau conique. a-b – unité fonctionnant avec un rayonnement MV (Mégavolt, unité de traitement). C-D – unité fonctionnant avec un rayonnement kV (Kilovolt, pour obtenir une image scanner). P – table mobile pour le positionnement du patient avec outil de fixation de la tête. a – source de rayonnement MV, b – convertisseur d'image MV numérique pour vérifier la position du patient par rapport au faisceau de traitement, C – générateur de rayons X kV, D – convertisseur d'image kV pour acquérir les données scanner (12)

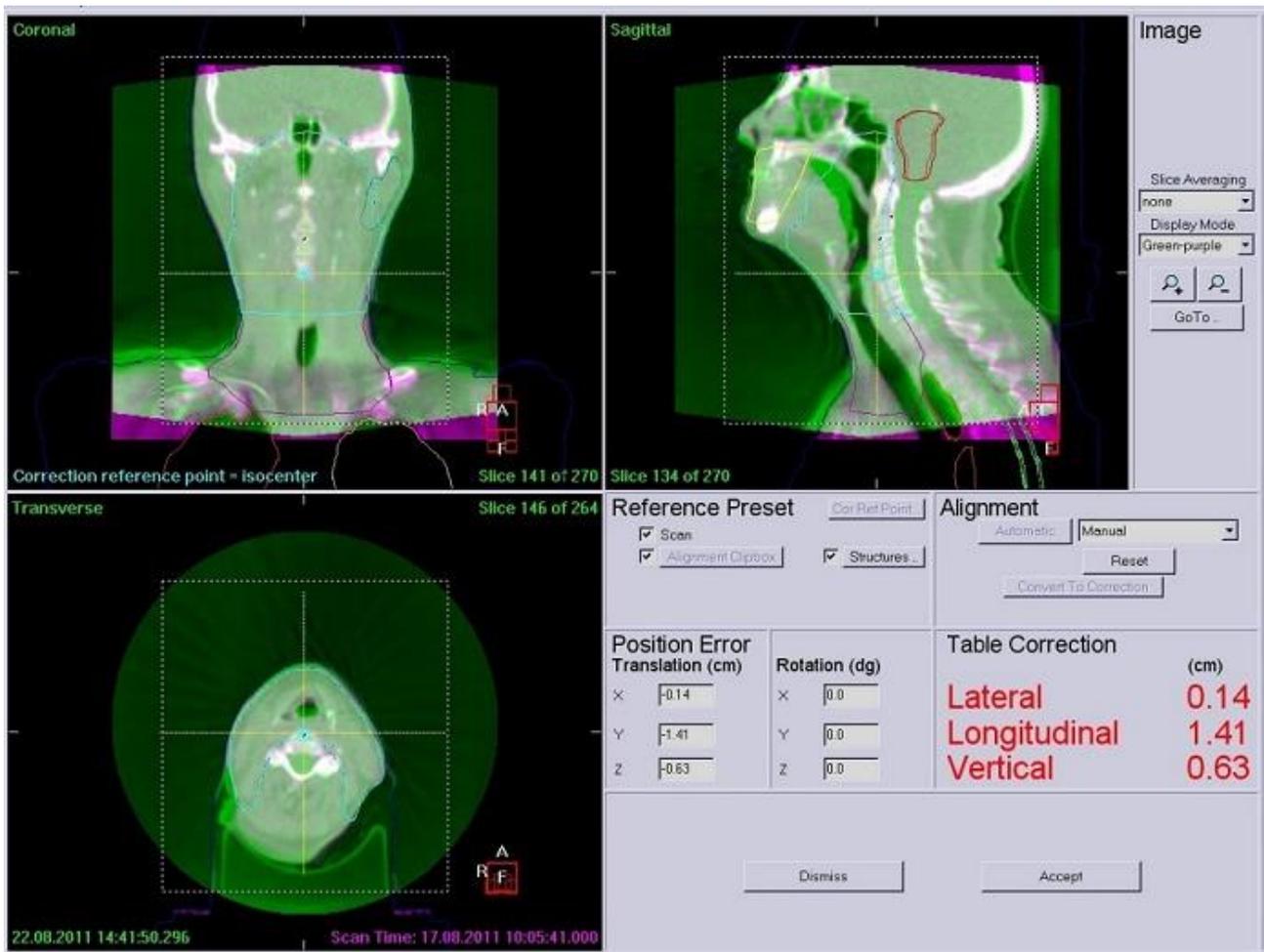


Figure 5 : Exemple d'un système type pour l'IGRT). Le faisceau conique de couleur verte (position actuelle, immédiatement avant l'irradiation) est aligné manuellement ou automatiquement avec le faisceau de planification de couleur violette (position cible). Le mouvement nécessaire du patient est indiqué en centimètres en bas à droite (12)

4. Physiologie de la déglutition

La déglutition physiologique est un processus complexe et finement coordonné, reposant sur un contrôle neuro-musculaire précis. Celui-ci implique des interactions entre les centres corticaux des deux hémisphères, le centre de la déglutition situé au niveau du tronc cérébral, plusieurs nerfs crâniens (V, VII, IX, X et XII), et des récepteurs pharyngés sensibles au toucher, à la pression, aux stimuli chimiques et à l'eau (13). Le déroulement de la déglutition est classiquement découpé en quatre phases successives : tout d'abord, la phase orale préparatoire, lors de laquelle les aliments sont mastiqués et mélangés à la salive, formant un

bol alimentaire homogène. Ensuite, la phase orale, au cours de laquelle ce bol est propulsé vers le pharynx grâce à la langue. Puis, la phase pharyngée, lorsque le réflexe de déglutition est déclenché. Celui-ci entraîne la fermeture du larynx afin d'éviter les fausses routes, la contraction séquentielle des muscles constricteurs du pharynx (MCP) de haut en bas, l'élévation laryngée et l'inversion de l'épiglotte, ainsi que le relâchement du muscle crico-pharyngé pour permettre le passage du bol alimentaire dans l'œsophage. Enfin, lors de la phase œsophagienne, la progression du bol jusqu'à l'estomac est assurée par le péristaltisme des muscles œsophagiens (14). Toute perturbation de l'un de ces mécanismes peut entraîner une dysphagie, définie comme une difficulté à avaler des liquides, de la nourriture, ou des traitements oraux (15). Par ailleurs, la déglutition et les mouvements du cou nécessitent que les structures pharyngées et la gaine carotidienne puissent bouger facilement par rapport à la colonne vertébrale et à l'espace prévertébral. La graisse présente dans les espaces rétro-pharyngé et para-pharyngé permet ces mouvements ainsi que l'expansion pharyngée (13).

5. Troubles de la déglutition post-radiques

Une détérioration significative des capacités de déglutition est fréquemment observée chez les patient(e)s atteint(e)s d'un cancer ORL traité par radiothérapie, avec peu d'amélioration à un an (16). Les mécanismes sous-jacents sont multiples et dépendent du délai par rapport au traitement. Lors de la phase aiguë (pendant la radiothérapie et dans les 3 mois qui suivent), ces troubles de la déglutition sont notamment liés à un déficit fonctionnel de structures clés (réduction de l'élévation laryngée, rétraction de la base de langue, contraction pharyngée et des mouvements épiglottiques), souvent aggravé par la mucite (inflammation des muqueuses) et l'hyposialie (diminution de la production salivaire, entraînant une sensation de sécheresse buccale ou xérostomie) (17-20). À distance, la fibrose radio-induite, le lymphœdème et l'atrophie neuromusculaire contribuent à la persistance de séquelles (21,22).

Cliniquement, ces altérations se traduisent par un large spectre de sévérité, allant de l'adaptation de la texture alimentaire à la nécessité d'une nutrition entérale en cas de dysphagie sévère ou de fausses routes (23). Ces complications surviennent chez des patient(e)s déjà fragilisé(e)s sur le plan nutritionnel, en raison de la maladie tumorale et des comorbidités associées, notamment induites par l'intoxication éthylo-tabagique. Par ailleurs, elles altèrent fortement la qualité de vie (24) et peuvent même engager le pronostic vital, les fausses routes étant responsables d'environ 20% des décès non liés au cancer (25).

6. Problématique et hypothèses

Ces troubles de la déglutition radio-induits sont d'origine multifactorielle, mais la littérature souligne en particulier l'importance de la dose reçue par les MCP (26). Par conséquent, plusieurs groupes, dont l'initiative française RECORAD, ont proposé des contraintes de dose pour les MCP dans la pratique clinique (27). Cependant, le respect de ces contraintes dépend encore largement des compétences et de l'expérience des dosimétristes, ainsi que de la complexité des volumes cibles. Des outils de planimétrie basée sur l'expérience, tels que RapidPlan® (Varian Medical Systems), ont été développés afin d'homogénéiser la qualité des plans et d'améliorer la préservation des OAR. En exploitant de grands ensembles de données issues de plans de traitement antérieurs, RapidPlan génère des modèles prédictifs dose-volume qui peuvent guider l'optimisation dans la pratique courante.

En avril 2021, RapidPlan a été implémenté à l'Institut de Cancérologie de l'Ouest (ICO), sur le site d'Angers. L'étude ASPIRATION a été conçue pour évaluer ses impacts dosimétriques et cliniques. L'objectif principal était d'évaluer si RapidPlan réduisait la dose moyenne administrée aux MCP. Les objectifs secondaires comprenaient l'analyse des effets secondaires liés à la déglutition, les besoins en alimentation entérale, la perte de poids, la couverture des volumes cibles et la survie.

MÉTHODES

1. Design

ASPIRATION est une étude de cohorte rétrospective, non-interventionnelle et descriptive, monocentrique (Institut de Cancérologie de l'Ouest, site Angers).

Le protocole, enregistré sous le numéro 2024-055 a été approuvé par le comité d'éthique du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) d'Angers le 14 mars 2024.

2. Sélection des patient(e)s (Figure 6)

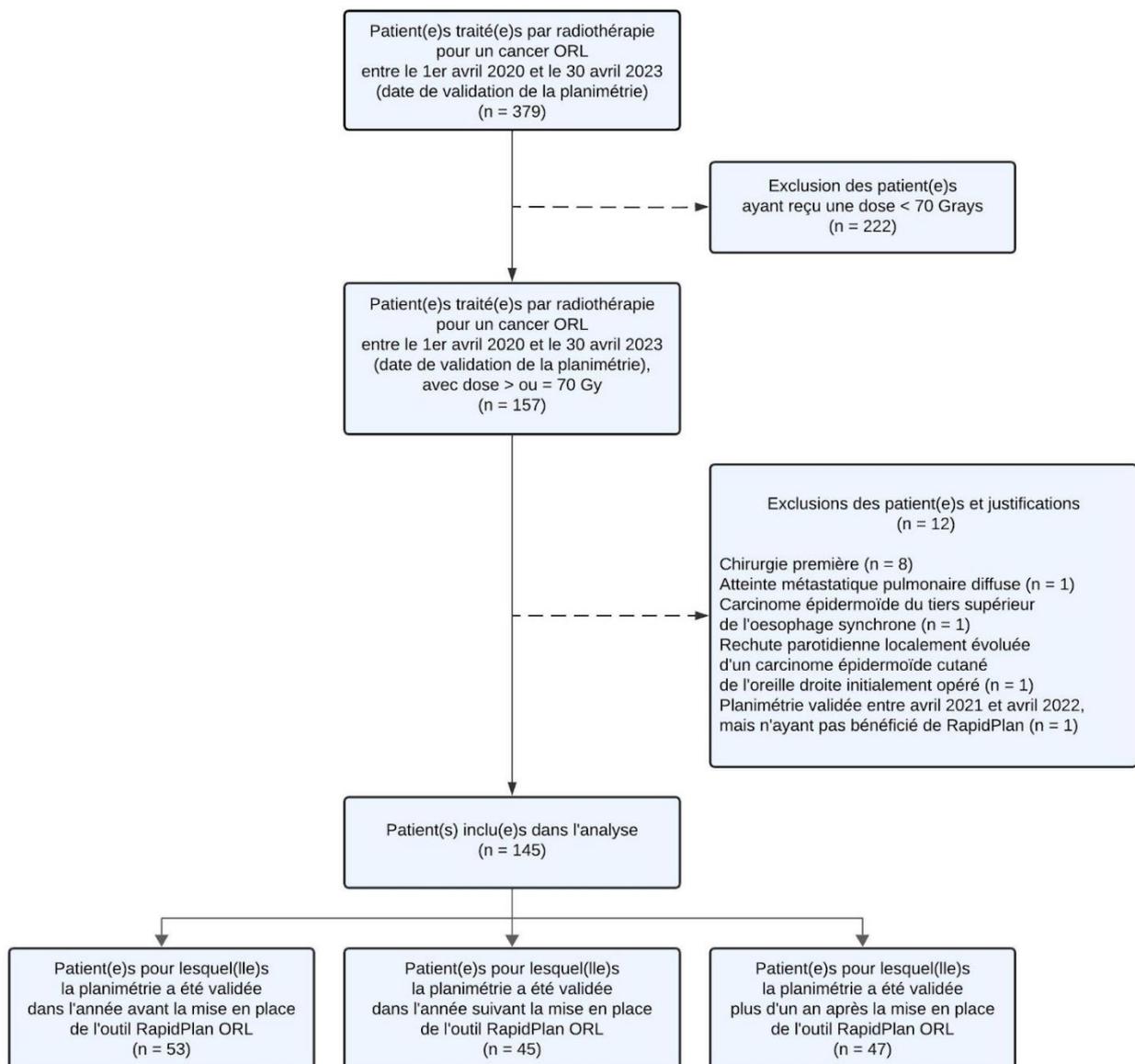


Figure 6 : Diagramme de flux de la sélection des patient(e)s

Les patient(e)s éligibles devaient être âgé(e)s d'au moins 18 ans, avoir été diagnostiqué(e)s d'un cancer ORL en place, toutes localisations et histologies confondues, traité par radiothérapie exclusive ou associée à un ou des traitements systémiques, à une dose supérieure ou égale à 70 Grays (Gy), entre le 1er avril 2020 et le 30 avril 2023 (date de validation de la planimétrie). En cas de traitement par chirurgie première, les patient(e)s étaient exclu(e)s. Par ailleurs, tout(e) patient(e) opposé(e) à l'utilisation de ses données dans le cadre de la recherche, était également exclu(e).

Après avoir sélectionné, sur le logiciel ARIA, l'ensemble des patient(e)s traité(e)s par radiothérapie pour un cancer ORL entre le 1er avril 2020 et le 30 avril 2023 (date de validation de la planimétrie), nous avons obtenu 379 patient(e)s. Nous avons ensuite restreint cette pré-sélection aux patient(e)s pour lequel(le)s la dose de radiothérapie était supérieure ou égale à 70 Gy, soit 157 patient(e)s éligibles. Douze patient(e)s ont ensuite été exclu(e)s : huit en raison d'une chirurgie première, un(e) suite au diagnostic d'une atteinte métastatique pulmonaire diffuse, un(e) en raison du diagnostic synchrone d'un carcinome épidermoïde du tiers supérieur de l'œsophage, un(e) correspondant à une rechute parotidienne localement évoluée d'un carcinome épidermoïde cutané de l'oreille droite initialement opéré, et enfin un(e) patient(e) dont la planimétrie a été réalisée dans l'année suivant la mise en place de l'outil « RapidPlan ORL », mais n'ayant pas bénéficié de l'outil. Le nombre de patient(e)s finalement inclu(e)s dans l'analyse était donc de 145.

Cet échantillon a ensuite été divisé en 3 : un premier groupe comprenant les patient(e)s dont la planimétrie a été réalisée avant la mise en place de l'outil « RapidPlan ORL » (entre avril 2020 et avril 2021), un second avec les patient(e)s dont la planimétrie a été réalisée dans l'année suivant la mise en place de l'outil « RapidPlan ORL » (entre avril 2021 et avril 2022), et le troisième avec les patient(e)s dont la planimétrie a été réalisée entre avril 2022 et avril 2023, soit plus d'1 an après la mise en place de l'outil « RapidPlan ORL ».

3. Volumes traités et doses reçues (Figure 7)

La délimitation des volumes tumoraux primitifs macroscopiques, ainsi que les adénopathies suspectes à l'imagerie permettait de définir le « Gross Tumor Volume » (GTV). L'ajout d'une marge circonférentielle de 5 mm autour du GTV, ajustée aux barrières anatomiques, définissait le « Clinical Target Volume 2 » (CTV2). Une seconde marge circonférentielle de 3 à 5 mm permettait l'obtention du « Planning Target Volume 2 » (PTV2), sur lequel la prescription d'une dose totale de 70 Gy a été faite. La délimitation du CTV1 correspondait au volume prophylactique (CTV2 étendu de 5 mm, ajusté aux barrières anatomiques, et aires ganglionnaires à risque de dissémination microscopique). L'ajout d'une marge de 3 à 5 mm permettait de définir le PTV1, sur lequel la prescription d'une dose totale de 56 Gy a été faite.

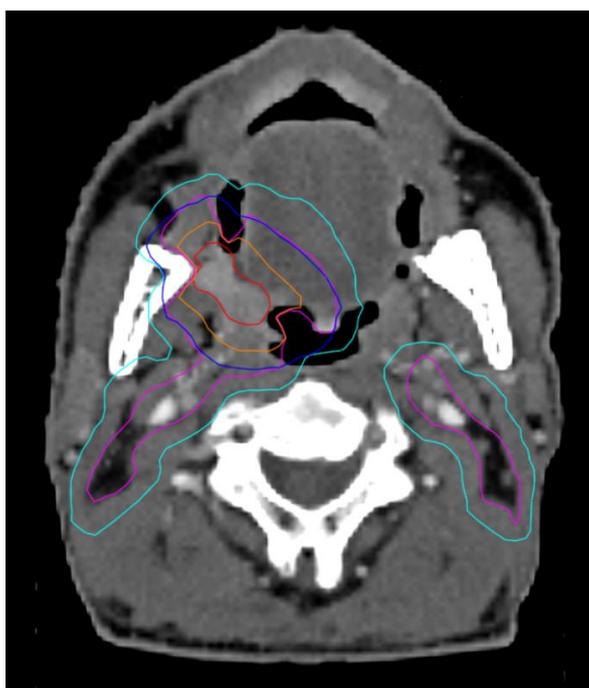


Figure 7 : Cavité buccale - Coupe axiale

En rouge : Gross Tumor Volume (GTV)

En orange : Clinical Target Volume 2 (CTV2)

En rose : Clinical Target Volume 1 (CTV1)

En bleu foncé : Planning Target Volume 2 (PTV2)

En bleu clair : Planning Target Volume 1 (PTV1)

4. Critères d'évaluation

Le critère d'évaluation principal était la dose moyenne (en Gy) reçue par les MCP.

Concernant les critères d'évaluation secondaires, les effets indésirables radio-induits étaient évalués par l'oncologue-radiothérapeute référent en fin de traitement (dysgueusie, xérostomie, mucite) et lors des consultations de suivi à 3, 12 et 24 mois (dysgueusie, xérostomie, dysphagie, fausses routes, insuffisance vélaire, nécrose). La dysphagie était définie comme suit : difficultés à déglutir, sensation de gêne ou impression de blocage lors de la déglutition. Les différents effets indésirables étaient gradés selon la version 5.0 de la *Common Terminology Criteria for Adverse Events* (CTCAE) (15). Par ailleurs, les troubles de la déglutition étaient également évalués de manière indirecte via le suivi de l'évolution du poids, et via la présence ou non d'une alimentation entérale (sur sonde naso-gastrique, gastrostomie ou jéjunostomie), à la fois en fin de traitement et lors des consultations de suivi.

Par ailleurs, la couverture des volumes cibles était évaluée en utilisant la D95% des PTV, correspondant à la dose minimale reçue par 95% du volume du PTV. Si la D95% est proche de la dose prescrite, cela signifie que le PTV est « bien couvert ». La D2% correspond, quant à elle, à la dose maximale reçue par les 2% les plus irradiés du PTV. Si la D2% est trop élevée, cela suggère un problème d'homogénéité, accompagnée d'un risque de toxicité accrue. Les doses aux autres organes à risque principaux étaient évaluées comme il suit : dose maximale reçue par la moelle épinière, dose moyenne reçue par les glandes parotides (droite et gauche), dose moyenne au larynx glottique et au larynx supra-glottique, et dose moyenne à la cavité buccale.

La survie sans progression était définie comme le temps entre le début de radiothérapie et la mise en évidence d'une progression tumorale ou d'un décès (toutes causes confondues). Les patient(e)s vivant(e)s et sans progression à la fin de la période de suivi étaient censuré(e)s à la date de leur dernier suivi. La survie globale était définie comme le temps entre le début de

la radiothérapie et le décès (toutes causes confondues). Les patient(e)s encore vivant(e)s à la fin de la période de suivi étaient censuré(e)s à la date de leur dernier suivi.

5. Analyses statistiques

Les données qualitatives étaient décrites par le nombre et le pourcentage de chaque modalité, ainsi que le nombre de données manquantes. Les données continues étaient décrites par la médiane, le minimum, le maximum, la moyenne et l'écart-type, avec le nombre de données manquantes. Les comparaisons entre les groupes étaient réalisées à l'aide du test du Chi-2 ou le test exact de Fisher pour les variables qualitatives et par le test de Kruskal-Wallis pour les variables continues.

Toutes les durées de survie étaient calculées à partir du début de la radiothérapie et estimées par la méthode de Kaplan-Meier avec des intervalles de confiance (IC) de 95%, en utilisant les définitions de premier événement suivantes : progression ou décès de toute cause pour la survie sans progression (PFS en anglais, pour *Progression-Free Survival*) et décès de toute cause pour la survie globale (OS en anglais, pour *Overall Survival*). Les patient(e)s n'ayant pas eu les événements d'intérêt ont été censuré(e)s à leur dernier suivi. Des comparaisons de survie univariées ont été réalisées à l'aide du test du Log-rank.

Des analyses univariées et multivariées étaient effectuées en utilisant un modèle logistique pour les variables d'intérêt binaires, et linéaire pour les variables d'intérêt continues. Les patient(e)s avec plusieurs localisations tumorales étaient exclu(e)s de l'analyse (n = 5), et ceux/celles avec les localisations tumorales suivantes étaient regroupé(e)s dans « Autre » : cavité buccale, glandes salivaires, nasopharynx, sinus, et ganglion cervical sans primitif identifié.

Toutes les analyses étaient effectuées avec le logiciel R version 4.2.2 (2022-10-31 ucrt) – « Innocent and Trusting ». Tous les tests utilisés étaient bilatéraux avec un seuil α fixé à 5%.

RÉSULTATS

1. Analyses descriptives

Le nombre total de patient(e)s inclu(e)s dans l'analyse finale était de 145, réparti(e)s en 3 groupes : 53 patient(e)s pour lequel(le)s la planimétrie a été réalisée avant la mise en place de l'outil « RapidPlan ORL », 45 patient(e)s pour lequel(le)s la planimétrie a été réalisée dans l'année ayant suivi sa mise en place, et 47 patient(e)s pour lequel(le)s la planimétrie a été réalisée plus d'un an après sa mise en place.

Les caractéristiques des patient(e)s sont décrites dans le Tableau I. L'âge médian était de 64,7 ans. Parmi l'ensemble des patient(e)s, 26 (17,9%) étaient des femmes et 119 (82,1%) étaient des hommes. 58 patient(e)s (40,0%) étaient des fumeurs actifs. 138 (95,2%) présentaient un Performance Status (PS) à 0 ou 1.

Lors de la consultation initiale, 22 (15,2%) patient(e)s présentaient une dénutrition au moins modérée, c'est-à-dire une perte de poids supérieure à 10% par rapport à leur poids de forme, en moins de 6 mois (28). Par ailleurs, pour 47 (32,4%) patient(e)s, la texture de l'alimentation n'était pas normale (hachée ou liquide ou mixée), et 6 (4,1%) avaient déjà une nutrition entérale. En outre, 51 (35,2%) patient(e)s présentaient une dysphagie en lien avec une sténose tumorale. Enfin, 138 (95,2%) patient(e)s présentaient des carcinomes épidermoïdes, et 30 (33,0%) étaient concernées par des lésions viro-induites (statut HPV positif ou « p16+ »).

Tableau I : Caractéristiques des patient(e)s lors de la consultation initiale

| | Total N = 145 | Planimétrie avant RapidPlan ORL (n = 53) | Planimétrie dans l'année suivant RapidPlan ORL (n = 45) | Planimétrie plus d'un an après RapidPlan ORL (n = 47) | <i>p</i> ¹ |
|--|--------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Age (en années) | | | | | 0,206 |
| Moyenne (Ecart-type) | 64,0 (9,0) | 65,6 (9,3) | 63,3 (9,6) | 63,1 (8,0) | |
| Médiane (Min - Max) | 64,7 (32,4 - 86,3) | 67,1 (39,4 - 86,3) | 63,9 (32,4 - 84,6) | 63,0 (43,6 - 81,3) | |
| Sexe | | | | | 0,723 |
| Femme | 26 (17,9%) | 8 (15,1%) | 8 (17,8%) | 10 (21,3%) | |
| Homme | 119 (82,1%) | 45 (84,9%) | 37 (82,2%) | 37 (78,7%) | |
| Type histologique | | | | | 0,094 |
| Carcinome épidermoïde | 138 (95,2%) | 52 (98,1%) | 40 (88,9%) | 46 (97,9%) | |
| Autre | 7 (4,8%) | 1 (1,9%) | 5 (11,1%) | 1 (2,1%) | |
| Statut HPV | | | | | 0,309 |
| Positif | 30 (33,0%) | 7 (22,6%) | 10 (40,0%) | 13 (37,1%) | |
| Négatif | 61 (67,0%) | 24 (77,4%) | 15 (60,0%) | 22 (62,9%) | |
| Non connu | 54 | 22 | 20 | 12 | |
| Statut tabagique | | | | | 0,349 |
| Ancien fumeur | 65 (44,8%) | 22 (41,5%) | 19 (42,2%) | 24 (51,1%) | |
| Fumeur actif | 58 (40,0%) | 22 (41,5%) | 17 (37,8%) | 19 (40,4%) | |
| Non fumeur | 17 (11,7%) | 5 (9,5%) | 9 (20,0%) | 3 (6,4%) | |
| Non connu | 5 (3,5%) | 4 (7,5%) | 0 (0,0%) | 1 (2,1%) | |
| Performance Status (PS) | | | | | 0,351 |
| 0 | 55 (37,9%) | 22 (41,5%) | 15 (33,3%) | 18 (38,3%) | |
| 1 | 83 (57,2%) | 26 (49,1%) | 29 (64,4%) | 28 (59,6%) | |
| 2 | 7 (4,8%) | 5 (9,4%) | 1 (2,2%) | 1 (2,1%) | |
| Perte de poids en %, par rapport au poids de forme | | | | | 0,301 |
| 0 | 55 (37,9%) | 20 (37,7%) | 13 (28,9%) | 22 (46,8%) | |
| > 0 et < 10% | 66 (45,5%) | 26 (49,1%) | 24 (53,3%) | 16 (34,1%) | |
| > 10% | 22 (15,2%) | 6 (11,3%) | 8 (17,8%) | 8 (17,0%) | |
| Non connue | 2 (1,4%) | 1 (1,9%) | 0 (0,0%) | 1 (2,1%) | |
| Texture de l'alimentation | | | | | 0,987 |
| Normale | 98 (67,6%) | 36 (67,9%) | 30 (66,7%) | 32 (68,1%) | |
| Hachée ou Liquide ou Mixée | 47 (32,4%) | 17 (32,1%) | 15 (33,3%) | 15 (31,9%) | |
| Nutrition entérale | | | | | 0,873 |
| Non | 138 (95,2%) | 49 (92,5%) | 44 (97,8%) | 45 (95,7%) | |
| Non (mais oui antérieurement) | 1 (0,7%) | 1 (1,9%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Oui | 6 (4,1%) | 3 (5,7%) | 1 (2,2%) | 2 (4,3%) | |
| Dysphagie secondaire à la sténose tumorale | | | | | 0,509 |
| Non | 94 (64,8%) | 37 (69,8%) | 29 (64,4%) | 28 (59,6%) | |
| Oui | 51 (35,2%) | 16 (30,2%) | 16 (35,6%) | 19 (40,4%) | |

¹Test de Kruskal-Wallis ; test du Chi-2 ; test exact de Fisher

Concernant les lésions cancéreuses (Tableau II), 65 (43,3%) concernaient l'oropharynx, et 83 (57,2%) étaient de stade III ou IV. Cinq patient(e)s présentaient 2 localisations ORL synchrones, ce qui justifie le nombre total de 150 lésions.

Tableau II : Caractéristiques des lésions cancéreuses lors de la consultation initiale

| | Total N = 150 | Planimétrie avant RapidPlan ORL (n = 53) | Planimétrie dans l'année suivant RapidPlan ORL (n = 49) | Planimétrie plus d'un an après RapidPlan ORL (n = 48) |
|---------------------------------|--------------------------|---|--|--|
| Localisation | | | | |
| Cavité buccale | 5 (3,3%) | 1 (1,9%) | 2 (4,1%) | 2 (4,2%) |
| Ganglion cervical sans primitif | 1 (0,7%) | 1 (1,9%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| Glandes salivaires | 1 (0,7%) | 1 (1,9%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| Hypopharynx | 40 (26,7%) | 17 (32,1%) | 15 (30,6%) | 8 (16,7%) |
| Larynx | 27 (18,0%) | 11 (20,8%) | 6 (12,2%) | 10 (20,8%) |
| Nasopharynx | 7 (4,7%) | 0 (0,0%) | 6 (12,2%) | 1 (2,1%) |
| Oropharynx | 65 (43,3%) | 19 (35,8%) | 20 (40,8%) | 26 (54,2%) |
| Sinus | 4 (2,7%) | 3 (5,7%) | 0 (0,0%) | 1 (2,1%) |
| T | | | | |
| T1 | 18 (12,0%) | 4 (7,6%) | 10 (20,4%) | 4 (8,3%) |
| T2 | 40 (26,7%) | 13 (24,5%) | 14 (28,6%) | 13 (27,1%) |
| T3 | 63 (42,0%) | 21 (39,6%) | 20 (40,8%) | 22 (45,8%) |
| T4 | 28 (18,7%) | 14 (26,4%) | 5 (10,2%) | 9 (18,8%) |
| Tx | 1 (0,6%) | 1 (1,9%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| N | | | | |
| N0 | 44 (29,3%) | 17 (32,1%) | 13 (26,5%) | 14 (29,2%) |
| N1 | 15 (10,0%) | 5 (9,4%) | 4 (8,2%) | 6 (12,5%) |
| N2a | 6 (4,0%) | 2 (3,8%) | 3 (6,1%) | 1 (2,1%) |
| N2b | 31 (20,7%) | 8 (15,1%) | 14 (28,6%) | 9 (18,8%) |
| N2c | 41 (27,3%) | 15 (28,3%) | 11 (22,4%) | 15 (31,2%) |
| N3 | 13 (8,7%) | 6 (11,3%) | 4 (8,2%) | 3 (6,2%) |
| M | | | | |
| M0 | 146 (97,3%) | 49 (92,5%) | 49 (100,0%) | 48 (100,0%) |
| M1 | 4 (2,7%) | 4 (7,5%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| Stade | | | | |
| I | 15 (10,0%) | 2 (3,8%) | 7 (14,3%) | 6 (12,5%) |
| II | 52 (34,7%) | 18 (34,0%) | 15 (30,6%) | 19 (39,6%) |
| III | 46 (30,7%) | 18 (34,0%) | 14 (28,6%) | 14 (29,2%) |
| IV | 37 (24,7%) | 15 (28,3%) | 13 (26,5%) | 9 (18,8%) |

Concernant la radiothérapie, les doses et volumes sont décrits au sein des tableaux III et IV.

Tableau III : Description des doses et volumes relatifs au traitement par radiothérapie, en fonction de l'utilisation de l'outil « RapidPlan ORL » et de la période concernée

| | Total N = 145 | Planimétrie avant RapidPlan ORL (n = 53) | Planimétrie dans l'année suivant RapidPlan ORL (n = 45) | Planimétrie plus d'un an après RapidPlan ORL (n = 47) | <i>p</i> ¹ |
|--|--------------------------|---|--|--|-----------------------|
| PTV1 D95% (en Gy) | | | | | 0,381 |
| Moyenne (Ecart-type) | 54,5 (3,2) | 54,6 (1,0) | 53,7 (5,3) | 55,0 (1,9) | |
| Médiane (Min - Max) | 54,8 (23,6 - 67,6) | 54,8 (48,4 - 55,6) | 54,8 (23,6 - 56,0) | 54,7 (53,9 - 67,6) | |
| PTV1 D2% (en Gy) | | | | | 0,003 |
| Moyenne (Ecart-type) | 71,0 (3,9) | 71,1 (1,3) | 70,2 (6,9) | 71,7 (0,6) | |
| Médiane (Min - Max) | 71,5 (30,6 - 73,6) | 71,3 (62,7 - 72,1) | 71,5 (30,6 - 72,9) | 71,6 (70,8 - 73,6) | |
| PTV1 Volume (en cc) | | | | | 0,181 |
| Moyenne (Ecart-type) | 575,8 (202,4) | 599,4 (252,0) | 602,3 (163,0) | 523,8 (164,1) | |
| Médiane (Min - Max) | 560,0 (31,0 - 1332,4) | 560,0 (230,2 - 1332,4) | 591,4 (237,4 - 1052,8) | 530,8 (31,0 - 928,0) | |
| PTV2 D95% (en Gy) | | | | | 0,003 |
| Moyenne (Ecart-type) | 67,1 (3,9) | 67,6 (1,7) | 66,2 (6,6) | 67,4 (1,0) | |
| Médiane (Min - Max) | 67,7 (29,0 - 69,3) | 67,9 (59,2 - 68,9) | 67,5 (29,0 - 69,3) | 67,6 (61,6 - 69,3) | |
| PTV2 D2% (en Gy) | | | | | < 0,001 |
| Moyenne (Ecart-type) | 71,6 (4,0) | 71,8 (1,3) | 70,8 (7,0) | 72,3 (0,3) | |
| Médiane (Min - Max) | 72,1 (30,8 - 75,5) | 71,9 (64,0 - 75,5) | 72,1 (30,8 - 73,6) | 72,3 (71,7 - 73,1) | |
| PTV2 Volume (en cc) | | | | | 0,299 |
| Moyenne (Ecart-type) | 208,9 (140,3) | 207,7 (157,6) | 235,6 (150,3) | 184,0 (102,0) | |
| Médiane (Min - Max) | 185,2 (18,0 - 705,7) | 170,8 (29,8 - 604,0) | 213,4 (18,0 - 705,7) | 185,2 (32,4 - 447,5) | |
| Dose maximale à la moelle épinière (en Gy) | | | | | 0,002 |
| Moyenne (Ecart-type) | 34,2 (6,1) | 35,3 (7,8) | 34,2 (4,4) | 32,9 (5,0) | |
| Médiane (Min - Max) | 34,8 (7,9 - 42,7) | 39,1 (15,3 - 42,7) | 34,6 (17,2 - 41,4) | 33,4 (7,9 - 39,5) | |
| Dose moyenne aux MCP - PTV (en Gy) | | | | | 0,073 |
| Moyenne (Ecart-type) | 43,0 (8,6) | 44,6 (9,3) | 42,2 (7,5) | 41,8 (8,7) | |
| Médiane (Min - Max) | 43,1 (9,1 - 57,8) | 46,3 (18,0 - 57,8) | 42,0 (19,5 - 57,2) | 42,6 (9,1 - 55,4) | |

| | Total N = 145 | Planimétrie avant RapidPlan ORL (n = 53) | Planimétrie dans l'année suivant RapidPlan ORL (n = 45) | Planimétrie plus d'un an après RapidPlan ORL (n = 47) | <i>p</i> ¹ |
|---|--------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Dose moyenne aux MCP (en Gy) | | | | | 0,116 |
| Moyenne (Ecart- type) | 52,1 (9,7) | 54,1 (9,0) | 50,5 (9,5) | 51,5 (10,4) | |
| Médiane (Min - Max) | 53,6 (10,7 - 70,4) | 55,3 (28,3 - 68,9) | 52,1 (22,0 - 66,6) | 53,6 (10,7 - 70,4) | |
| Dose moyenne au larynx glottique (en Gy) | | | | | 0,100 |
| Moyenne (Ecart- type) | 53,4 (14,2) | 56,6 (13,7) | 51,4 (13,4) | 51,7 (15,0) | |
| Médiane (Min - Max) | 58,5 (15,1 - 69,9) | 62,2 (15,1 - 69,9) | 53,8 (23,4 - 69,3) | 51,4 (25,3 - 69,9) | |
| Dose moyenne au larynx supra- glottique (en Gy) | | | | | 0,120 |
| Moyenne (Ecart- type) | 55,6 (13,4) | 58,4 (12,8) | 54,1 (12,9) | 53,9 (14,2) | |
| Médiane (Min - Max) | 60,2 (18,4 - 70,3) | 63,0 (18,4 - 70,3) | 58,0 (28,0 - 70,0) | 58,3 (26,5 - 70,1) | |
| Dose moyenne à la cavité buccale (en Gy) | | | | | 0,123 |
| Moyenne (Ecart- type) | 33,7 (15,6) | 31,1 (17,0) | 34,0 (14,6) | 36,2 (14,7) | |
| Médiane (Min - Max) | 32,7 (0,5 - 66,4) | 27,0 (1,2 - 66,4) | 30,6 (8,6 - 63,8) | 38,9 (0,5 - 64,5) | |
| Dose moyenne à la parotide droite (en Gy) | | | | | 0,970 |
| Moyenne (Ecart- type) | 23,9 (10,0) | 23,3 (11,0) | 23,9 (8,2) | 24,6 (10,5) | |
| Médiane (Min - Max) | 24,4 (0,5 - 65,7) | 24,3 (1,1 - 52,9) | 22,9 (1,9 - 41,7) | 24,5 (0,5 - 65,7) | |
| Dose moyenne à la parotide gauche (en Gy) | | | | | 0,800 |
| Moyenne (Ecart- type) | 24,1 (10,3) | 24,2 (12,2) | 23,9 (9,3) | 24,1 (8,9) | |
| Médiane (Min - Max) | 24,2 (0,5 - 70,0) | 25,1 (1,1 - 70,0) | 24,0 (1,7 - 61,1) | 24,5 (0,5 - 50,4) | |

¹Test de Kruskal-Wallis

Tableau IV : Description des doses et volumes relatifs au traitement par radiothérapie,
en fonction de l'utilisation de l'outil « RapidPlan ORL »

| | Total N = 145 | Non (n = 53) | Oui (n = 92) | <i>p</i> ¹ |
|--|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PTV1 D95% (en Gy) | | | | 0,632 |
| Moyenne (Ecart-type) | 54,5 (3,2) | 54,6 (1,0) | 54,4 (4,0) | |
| Médiane (Min - Max) | 54,8 (23,6 - 67,6) | 54,8 (48,4 - 55,6) | 54,7 (23,6 - 67,6) | |
| PTV1 D2% (en Gy) | | | | 0,001 |
| Moyenne (Ecart-type) | 71,0 (3,9) | 71,1 (1,3) | 70,9 (4,9) | |
| Médiane (Min - Max) | 71,5 (30,6 - 73,6) | 71,3 (62,7 - 72,1) | 71,5 (30,6 - 73,6) | |
| PTV1 Volume (en cc) | | | | 0,987 |
| Moyenne (Ecart-type) | 575,8 (202,4) | 599,4 (252,0) | 562,2 (167,4) | |
| Médiane (Min - Max) | 560,0 (31,0 - 1332,4) | 560,0 (230,2 - 1332,4) | 563,7 (31,0 - 1052,8) | |
| PTV2 D95% (en Gy) | | | | 0,001 |
| Moyenne (Ecart-type) | 67,1 (3,9) | 67,6 (1,7) | 66,8 (4,7) | |
| Médiane (Min - Max) | 67,7 (29,0 - 69,3) | 67,9 (59,2 - 68,9) | 67,6 (29,0 - 69,3) | |
| PTV2 D2% (en Gy) | | | | < 0,001 |
| Moyenne (Ecart-type) | 71,6 (4,0) | 71,8 (1,3) | 71,6 (4,9) | |
| Médiane (Min - Max) | 72,1 (30,8 - 75,5) | 71,9 (64,0 - 75,5) | 72,2 (30,8 - 73,6) | |
| PTV2 Volume (en cc) | | | | 0,569 |
| Moyenne (Ecart-type) | 208,9 (140,3) | 207,7 (157,6) | 209,5 (130,1) | |
| Médiane (Min - Max) | 185,2 (18,0 - 705,7) | 170,8 (29,8 - 604,0) | 193,6 (18,0 - 705,7) | |
| Dose maximale à la moelle épinière (en Gy) | | | | 0,001 |
| Moyenne (Ecart-type) | 34,2 (6,1) | 35,3 (7,8) | 33,6 (4,8) | |
| Médiane (Min - Max) | 34,8 (7,9 - 42,7) | 39,1 (15,3 - 42,7) | 33,9 (7,9 - 41,4) | |
| Dose moyenne aux MCP - PTV (en Gy) | | | | 0,022 |
| Moyenne (Ecart-type) | 43,0 (8,6) | 44,6 (9,3) | 42,0 (8,1) | |
| Médiane (Min - Max) | 43,1 (9,1 - 57,8) | 46,3 (18,0 - 57,8) | 42,1 (9,1 - 57,2) | |
| Dose moyenne aux MCP (en Gy) | | | | 0,050 |
| Moyenne (Ecart-type) | 52,1 (9,7) | 54,1 (9,0) | 51,0 (9,9) | |
| Médiane (Min - Max) | 53,6 (10,7 - 70,4) | 55,3 (28,3 - 68,9) | 52,9 (10,7 - 70,4) | |
| Dose moyenne au larynx glottique (en Gy) | | | | 0,040 |
| Moyenne (Ecart-type) | 53,4 (14,2) | 56,6 (13,7) | 51,6 (14,2) | |
| Médiane (Min - Max) | 58,5 (15,1 - 69,9) | 62,2 (15,1 - 69,9) | 52,8 (23,4 - 69,9) | |
| Dose moyenne au larynx supra-glottique (en Gy) | | | | 0,044 |
| Moyenne (Ecart-type) | 55,6 (13,4) | 58,4 (12,8) | 54,0 (13,5) | |
| Médiane (Min - Max) | 60,2 (18,4 - 70,3) | 63,0 (18,4 - 70,3) | 58,1 (26,5 - 70,1) | |
| Dose moyenne à la cavité buccale (en Gy) | | | | 0,070 |
| Moyenne (Ecart-type) | 33,7 (15,6) | 31,1 (17,0) | 35,1 (14,6) | |
| Médiane (Min - Max) | 32,7 (0,5 - 66,4) | 27,0 (1,2 - 66,4) | 35,5 (0,5 - 64,5) | |
| Dose moyenne à la parotide droite (en Gy) | | | | 0,809 |
| Moyenne (Ecart-type) | 23,9 (10,0) | 23,3 (11,0) | 24,3 (9,4) | |
| Médiane (Min - Max) | 24,4 (0,5 - 65,7) | 24,3 (1,1 - 52,9) | 24,4 (0,5 - 65,7) | |
| Dose moyenne à la parotide gauche (en Gy) | | | | 0,787 |
| Moyenne (Ecart-type) | 24,1 (10,3) | 24,2 (12,2) | 24,0 (9,1) | |
| Médiane (Min - Max) | 24,2 (0,5 - 70,0) | 25,1 (1,1 - 70,0) | 24,1 (0,5 - 61,1) | |

¹Test de Kruskal-Wallis

Pour le PTV1, les D95% n'étaient pas significativement différentes entre les 3 groupes ($p = 0,381$). Pour le PTV2, les médianes étaient proches (différence $< 0,5$ Gy), mais l'écart-type était significativement plus important dans le groupe « planimétrie dans l'année suivant RapidPlan » par rapport aux deux autres groupes (6,6 *versus* 1,7 et 1,0 ; $p = 0,003$). Cette différence s'explique par la présence, au sein de ce groupe, de deux patient(e)s pour lequel(le)s le traitement par radiothérapie a été interrompu de manière prématurée.

La médiane des volumes de PTV1 semblait inférieure dans le groupe « planimétrie réalisée plus d'un an après RapidPlan ORL » (530,8 cc), par rapport aux 2 autres groupes (560 et 591,4 cc), mais cette différence n'était pas significative ($p = 0,181$). Pour les volumes de PTV2 (ou PTV3 si disponible), la médiane semblait inférieure dans le groupe « planimétrie réalisée avant RapidPlan ORL » (170,8 cc), par rapport aux 2 autres groupes (213,4 et 185,2 cc), mais cette différence n'était pas non plus significative ($p = 0,299$).

Concernant la dose moyenne reçue par les MCP, celle-ci n'était pas significativement différente entre les 3 groupes (Figure 8, $p = 0,116$). Néanmoins, celle-ci était à la limite de la significativité entre les patient(e)s traité(e)s sans et avec RapidPlan (Figure 9, $p = 0,05$). Le constat était le même pour la « dose moyenne reçue par les MCP moins PTV » entre les 3 groupes (Figure 10, $p = 0,073$), mais la différence était significative entre le groupe « sans RapidPlan » versus « avec RapidPlan » (Figure 11, $p = 0,022$). Une différence notable est que, pour les « MCP moins PTV », l'écart interquartile est plus petit et la différence entre les valeurs extrêmes est également moindre dans les deux groupes « avec RapidPlan » par rapport au groupe « sans RapidPlan », témoignant d'une meilleure homogénéité (Figure 11).

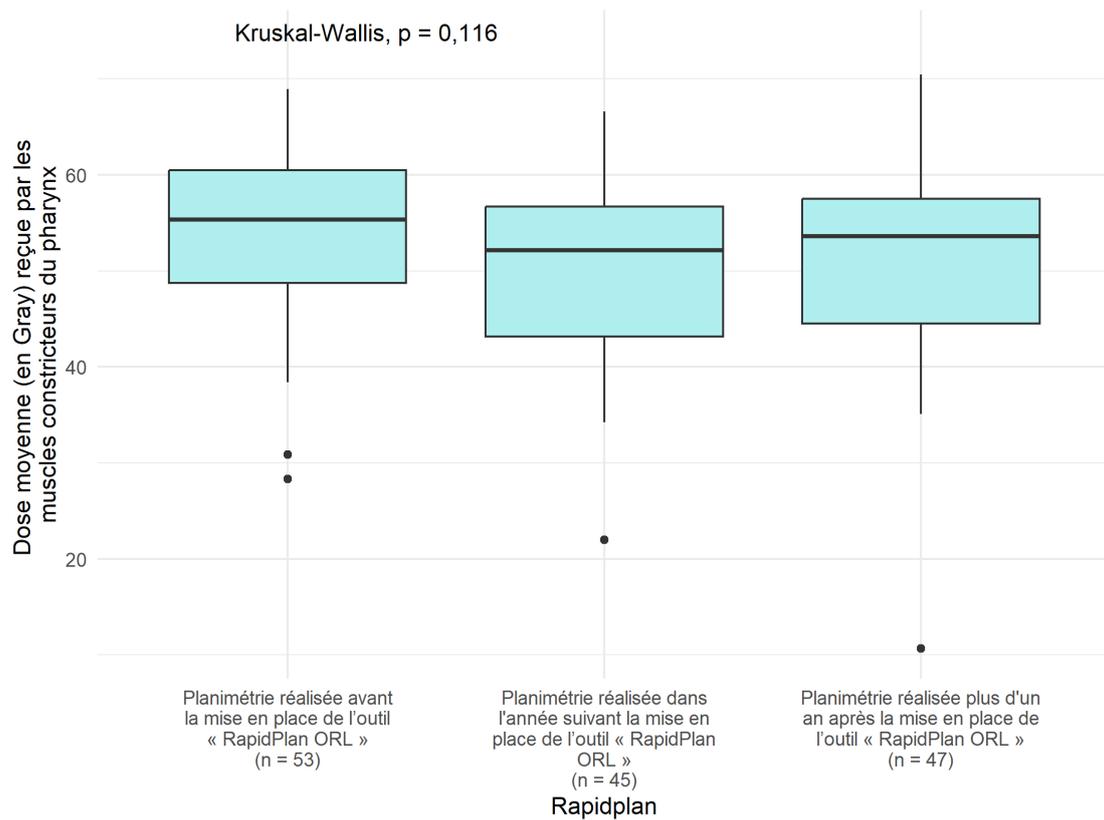


Figure 8 : Dose moyenne (en Gy) reçue par les MCP, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

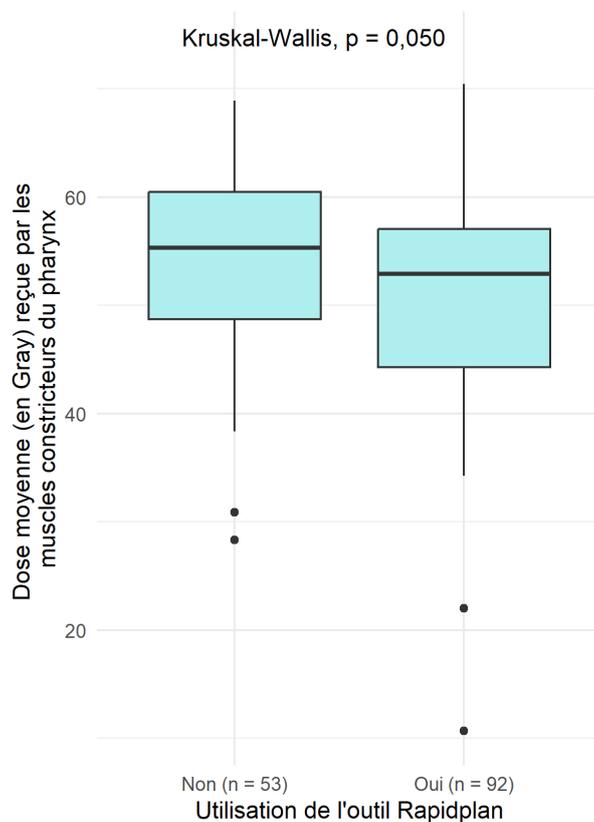


Figure 9 : Dose moyenne (en Gy) reçue par les MCP, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL »

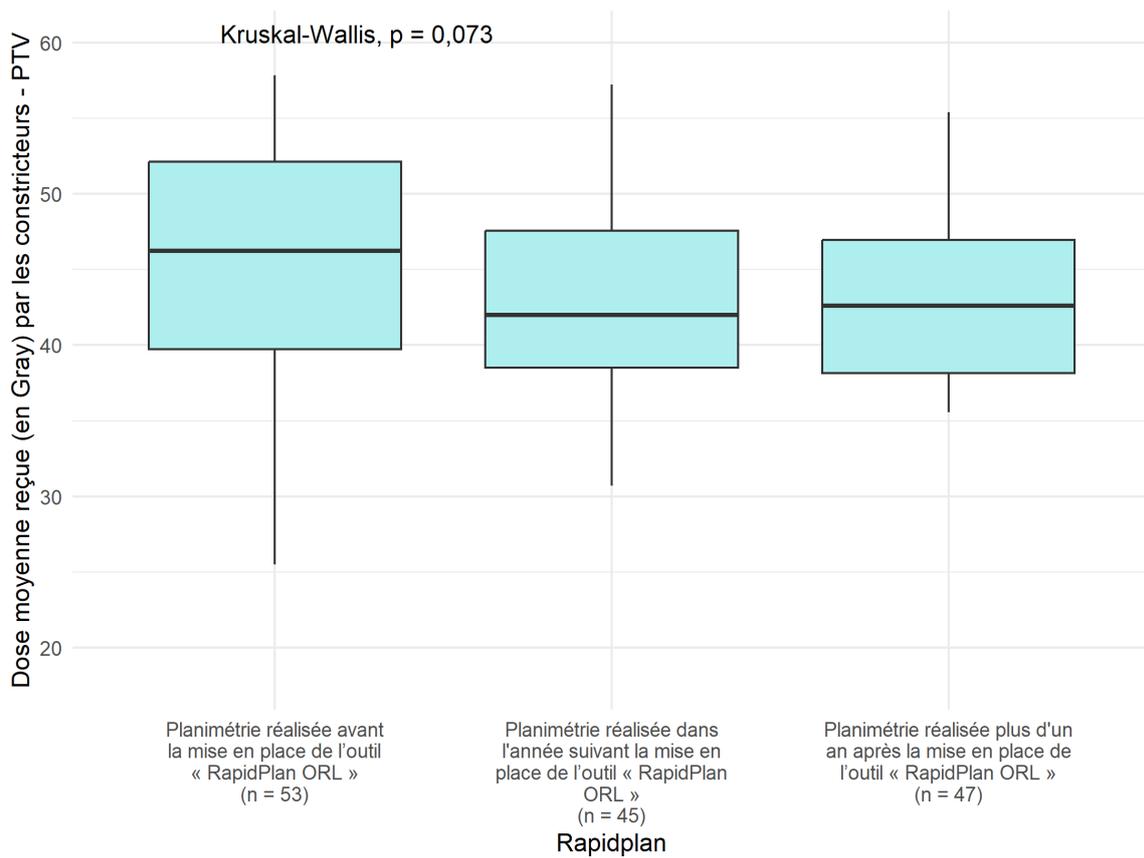


Figure 10 : Dose moyenne (en Gy) reçue par les « MCP moins PTV », en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

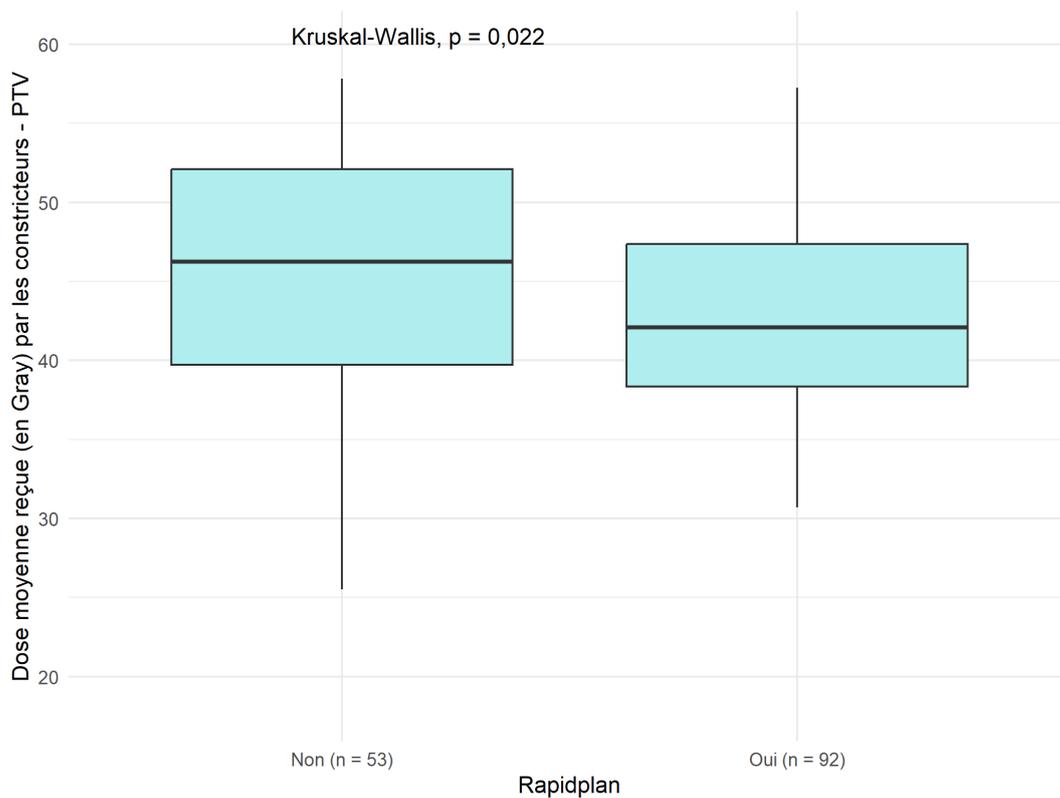


Figure 11 : Dose moyenne (en Gy) reçue par les MCP en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL »

Concernant la dose maximale reçue par la moelle épinière, celle-ci était significativement inférieure dans le groupe « planimétrie réalisée plus d'un an après RapidPlan ORL » (Figure 12, $p = 0,002$), par rapport aux deux autres groupes. Par ailleurs, il semblerait que les doses dans les deux groupes « avec RapidPlan » soient plus homogènes, par rapport au groupe « sans RapidPlan ».

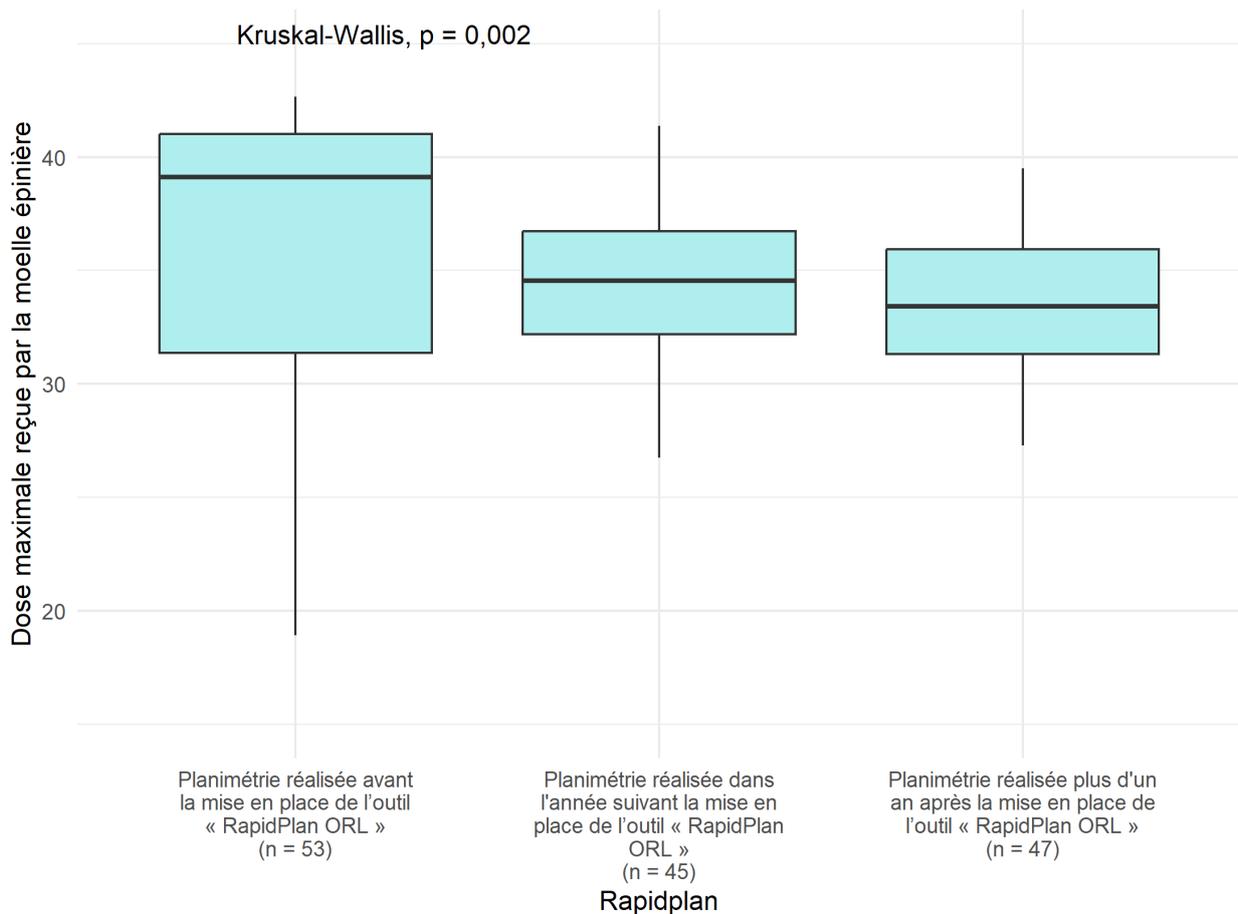


Figure 12 : Dose maximale (en Gy) reçue par la moelle épinière, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

En outre, les doses moyennes aux glandes parotides, au larynx glottique et supra-glottique, et à la cavité buccale n'étaient pas significativement différentes entre les trois groupes (Tableau III). Néanmoins, les doses moyennes au larynx glottique et supra-glottique étaient significativement inférieures dans les deux groupes « avec RapidPlan » par rapport au groupe « sans RapidPlan » (Tableau IV, respectivement $p = 0,040$ et $0,044$).

Le recours à un traitement d'induction était plus fréquent dans le groupe dont la planimétrie avait été réalisée avant RapidPlan (39,6%), par rapport aux deux autres groupes (28,9% dans l'année suivant la mise en place et 29,8% plus d'un an après), mais cette différence n'était pas statistiquement significative ($p = 0,447$). En revanche, le recours à un traitement concomitant était plus fréquent dans les groupes dont la planimétrie avait été réalisée dans l'année suivant RapidPlan (84,4%) et plus d'un an après RapidPlan (80,9%), par rapport au groupe avant RapidPlan (69,8%), mais cette différence n'était pas non plus significative (Tableau V).

Tableau V : Traitements d'induction et concomitant

| | Total N = 145 | Planimétrie avant RapidPlan ORL (n = 53) | Planimétrie dans l'année suivant RapidPlan ORL (n = 45) | Planimétrie plus d'un an après RapidPlan ORL (n = 47) | p^1 |
|------------------------|-------------------------|--|---|---|-------|
| Traitement d'induction | | | | | 0,447 |
| Non | 97 (66,9%) | 32 (60,4%) | 32 (71,1%) | 33 (70,2%) | |
| Oui | 48 (33,1%) | 21 (39,6%) | 13 (28,9%) | 14 (29,8%) | |
| Traitement concomitant | | | | | 0,185 |
| Non | 32 (22,1%) | 16 (30,2%) | 7 (15,6%) | 9 (19,1%) | |
| Oui | 113 (77,9%) | 37 (69,8%) | 38 (84,4%) | 38 (80,9%) | |

¹Test du Chi-2

2. Les effets secondaires post-radiques et leur évolution au cours du temps

Les tableaux VI à IX décrivent le poids, l'alimentation et les toxicités post-radiques des patient(e)s, en fin de traitement et lors des consultations de suivi à 3, 12 et 24 mois.

Tableau VI : Poids, alimentation et toxicités post-radiques en fin de traitement

| | Total N = 145 | Planimétrie avant RapidPlan ORL (n = 53) | Planimétrie dans l'année suivant RapidPlan ORL (n = 45) | Planimétrie plus d'un an après RapidPlan ORL (n = 47) | <i>p</i> ¹ |
|--|------------------|--|--|--|-----------------------|
| Perte de poids en % (cl) par rapport au poids de forme | | | | | 0,666 |
| 0 | 12 (8,4%) | 4 (7,7%) | 4 (8,9%) | 4 (8,7%) | |
| > 0 et < 10% | 76 (53,1%) | 31 (59,6%) | 20 (44,4%) | 25 (54,3%) | |
| > 10% | 55 (38,5%) | 17 (32,7%) | 21 (46,7%) | 17 (37,0%) | |
| Non connue | 2 | 1 | 0 | 1 | |
| Nutrition entérale | | | | | 0,021 |
| Non | 79 (54,5%) | 34 (64,2%) | 27 (60,0%) | 18 (38,3%) | |
| Non (mais oui antérieurement) | 1 (0,7%) | 1 (1,9%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Oui | 65 (44,8%) | 18 (34,0%) | 18 (40,0%) | 29 (61,7%) | |
| Si nutrition entérale, dispositif (n = 65) | | | | | 0,501 |
| Gastrostomie | 45 (69,2%) | 14 (77,8%) | 14 (77,8%) | 17 (58,6%) | |
| Jéjunostomie | 1 (1,5%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (3,4%) | |
| Sonde naso-gastrique | 19 (29,2%) | 4 (22,2%) | 4 (22,2%) | 11 (37,9%) | |
| Texture de l'alimentation | | | | | 0,063 |
| Normale | 29 (20,0%) | 16 (30,2%) | 7 (15,6%) | 6 (12,8%) | |
| Hachée ou Liquide ou Mixée | 116 (80,0%) | 37 (69,8%) | 38 (84,4%) | 41 (87,2%) | |
| Dysgueusie (grade) | | | | | 0,067 |
| 0 | 4 (2,8%) | 1 (1,9%) | 1 (2,2%) | 2 (4,3%) | |
| 1 | 36 (24,8%) | 9 (17,0%) | 9 (20,0%) | 18 (38,3%) | |
| ≥ 2 | 105 (72,4%) | 43 (81,1%) | 35 (77,8%) | 27 (57,4%) | |
| Xérostomie (grade) | | | | | 0,002 |
| 0 | 2 (1,4%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 2 (4,3%) | |
| 1 | 62 (42,8%) | 18 (34,0%) | 15 (33,3%) | 29 (61,7%) | |
| ≥ 2 | 81 (55,9%) | 35 (66,0%) | 30 (66,7%) | 16 (34,0%) | |
| Mucite (grade) | | | | | 0,291 |
| 0 | 1 (0,7%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,1%) | |
| 1 | 12 (8,3%) | 7 (13,2%) | 2 (4,4%) | 3 (6,4%) | |
| ≥ 2 | 132 (91,0%) | 46 (86,8%) | 43 (95,6%) | 43 (91,5%) | |

¹Test exact de Fisher ; Test du Chi-2

Tableau VII : Poids, alimentation et toxicités post-radiques, 3 mois après la fin de la radiothérapie

| | Total n = 137 | Planimétrie avant RapidPlan ORL (n = 48) | Planimétrie dans l'année suivant RapidPlan ORL (n = 44) | Planimétrie plus d'un an après RapidPlan ORL (n = 45) | p ¹ |
|--|------------------|--|--|--|-------------------|
| Perte de poids en % (cl) par rapport au poids de forme | | | | | |
| 0 | 15 (11,1%) | 4 (8,5%) | 5 (11,4%) | 6 (13,6%) | 0,779 |
| > 0 et < 10% | 48 (35,6%) | 20 (42,6%) | 14 (31,8%) | 14 (31,8%) | |
| > 10% | 72 (53,3%) | 23 (48,9%) | 25 (56,8%) | 24 (54,5%) | |
| Non connue | 2 | 1 | 0 | 1 | |
| Nutrition entérale | | | | | 0,018 |
| Non | 73 (53,3%) | 31 (64,6%) | 26 (59,1%) | 16 (35,6%) | |
| Non (mais oui antérieurement) | 31 (22,6%) | 8 (16,7%) | 6 (13,6%) | 17 (37,8%) | |
| Oui | 33 (24,1%) | 9 (18,8%) | 12 (27,3%) | 12 (26,7%) | |
| Si nutrition entérale, dispositif (n = 33) | | | | | 0,477 |
| Gastrostomie | 31 (93,9%) | 8 (88,9%) | 12 (100,0%) | 11 (91,7%) | |
| Jéjunostomie | 1 (3,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (8,3%) | |
| Sonde naso-gastrique | 1 (3,0%) | 1 (11,1%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Texture de l'alimentation | | | | | 0,768 |
| Normale | 107 (78,1%) | 39 (81,3%) | 33 (75,0%) | 35 (77,8%) | |
| Hachée ou Liquide ou Mixée | 30 (21,9%) | 9 (18,8%) | 11 (25,0%) | 10 (22,2%) | |
| Dysgueusie (grade) | | | | | < 0,001 |
| 0 | 101 (73,7%) | 46 (95,8%) | 24 (54,5%) | 31 (68,9%) | |
| 1 | 35 (25,5%) | 2 (4,2%) | 20 (45,5%) | 13 (28,9%) | |
| ≥ 2 | 1 (0,7%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,2%) | |
| Xérostomie (grade) | | | | | 0,141 |
| 0 | 28 (20,4%) | 8 (16,7%) | 6 (13,6%) | 14 (31,1%) | |
| 1 | 82 (59,9%) | 27 (56,3%) | 30 (68,2%) | 25 (55,6%) | |
| ≥ 2 | 27 (19,7%) | 13 (27,1%) | 8 (18,2%) | 6 (13,3%) | |
| Dysphagie (grade) | | | | | 0,177 |
| 0 | 121 (88,3%) | 38 (79,2%) | 40 (90,9%) | 43 (95,6%) | |
| 1 | 10 (7,3%) | 6 (12,5%) | 3 (6,8%) | 1 (2,2%) | |
| ≥ 2 | 6 (4,4%) | 4 (8,3%) | 1 (2,3%) | 1 (2,2%) | |
| Fausse routes | | | | | 0,061 |
| Non | 129 (94,2%) | 45 (93,8%) | 39 (88,6%) | 45 (100,0%) | |
| Oui | 8 (5,8%) | 3 (6,3%) | 5 (11,4%) | 0 (0,0%) | |
| Insuffisance vélaire | | | | | > 0,999 |
| Non | 132 (96,4%) | 46 (95,8%) | 43 (97,7%) | 43 (95,6%) | |
| Oui | 5 (3,6%) | 2 (4,2%) | 1 (2,3%) | 2 (4,4%) | |
| Nécrose | | | | | 0,163 |
| Non | 132 (96,4%) | 48 (100,0%) | 41 (93,2%) | 43 (95,6%) | |
| Oui | 5 (3,6%) | 0 (0,0%) | 3 (6,8%) | 2 (4,4%) | |

¹Test exact de Fisher ; Test du Chi-2

Tableau VIII : Poids, alimentation et toxicités post-radiques, 12 mois après la fin de la radiothérapie

| | Total n = 125 | Planimétrie avant RapidPlan ORL (n = 44) | Planimétrie dans l'année suivant RapidPlan ORL (n = 39) | Planimétrie plus d'un an après RapidPlan ORL (n = 42) | p ¹ |
|---|------------------|--|---|--|----------------|
| Perte de poids en % (cl) par rapport au poids de forme | | | | | 0,911 |
| 0 | 13 (10,7%) | 5 (11,6%) | 4 (10,3%) | 4 (10,0%) | |
| > 0 et < 10% | 49 (40,2%) | 19 (44,2%) | 16 (41,0%) | 14 (35,0%) | |
| > 10% | 60 (49,2%) | 19 (44,2%) | 19 (48,7%) | 22 (55,0%) | |
| Non connue | 3 | 1 | 0 | 2 | |
| Nutrition entérale | | | | | 0,036 |
| Non | 69 (55,2%) | 30 (68,2%) | 24 (61,5%) | 15 (35,7%) | |
| Non (mais oui antérieurement) | 43 (34,4%) | 11 (25,0%) | 11 (28,2%) | 21 (50,0%) | |
| Oui | 13 (10,4%) | 3 (6,8%) | 4 (10,3%) | 6 (14,3%) | |
| Si nutrition entérale, dispositif (n = 13) | | | | | > 0,999 |
| Gastrostomie | 13 (100,0%) | 3 (100,0%) | 4 (100,0%) | 6 (100,0%) | |
| Jéjunostomie | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Sonde naso- gastrique | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Texture de l'alimentation | | | | | 0,725 |
| Hachée ou Liquide ou Mixée | 22 (17,6%) | 7 (15,9%) | 6 (15,4%) | 9 (21,4%) | |
| Normale | 103 (82,4%) | 37 (84,1%) | 33 (84,6%) | 33 (78,6%) | |
| Dysgueusie (grade) | | | | | 0,009 |
| 0 | 107 (85,6%) | 42 (95,5%) | 28 (71,8%) | 37 (88,1%) | |
| 1 | 18 (14,4%) | 2 (4,5%) | 11 (28,2%) | 5 (11,9%) | |
| ≥ 2 | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Xérostomie (grade) | | | | | 0,020 |
| 0 | 46 (36,8%) | 16 (36,4%) | 8 (20,5%) | 22 (52,4%) | |
| 1 | 64 (51,2%) | 20 (45,5%) | 26 (66,7%) | 18 (42,9%) | |
| ≥ 2 | 15 (12,0%) | 8 (18,2%) | 5 (12,8%) | 2 (4,8%) | |
| Dysphagie (grade) | | | | | 0,864 |
| 0 | 114 (91,2%) | 39 (88,6%) | 37 (94,9%) | 38 (90,5%) | |
| 1 | 7 (5,6%) | 3 (6,8%) | 1 (2,6%) | 3 (7,1%) | |
| ≥ 2 | 4 (3,2%) | 2 (4,5%) | 1 (2,6%) | 1 (2,4%) | |
| Fausse route | | | | | 0,688 |
| Non | 121 (96,8%) | 43 (97,7%) | 37 (94,9%) | 41 (97,6%) | |
| Oui | 4 (3,2%) | 1 (2,3%) | 2 (5,1%) | 1 (2,4%) | |
| Insuffisance vélaire | | | | | 0,546 |
| Non | 121 (96,8%) | 42 (95,5%) | 39 (100,0%) | 40 (95,2%) | |
| Oui | 4 (3,2%) | 2 (4,5%) | 0 (0,0%) | 2 (4,8%) | |
| Nécrose | | | | | 0,894 |
| Non | 118 (94,4%) | 42 (95,5%) | 37 (94,9%) | 39 (92,9%) | |
| Oui | 7 (5,6%) | 2 (4,5%) | 2 (5,1%) | 3 (7,1%) | |

¹Test exact de Fisher ; Test du Chi-2

Tableau IX : Poids, alimentation et toxicités post-radiques, 24 mois après la fin de la radiothérapie

| | Total n = 108 | Planimétrie avant RapidPlan ORL (n = 39) | Planimétrie dans l'année suivant RapidPlan ORL (n = 36) | Planimétrie plus d'un an après RapidPlan ORL (n = 33) | <i>p</i> ¹ |
|---|-------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Perte de poids en % (cl) par rapport au poids de forme | | | | | 0,895 |
| 0 | 19 (17,6%) | 6 (15,4%) | 8 (22,2%) | 5 (15,2%) | |
| > 0 et < 10% | 44 (40,7%) | 16 (41,0%) | 15 (41,7%) | 13 (39,4%) | |
| > 10% | 45 (41,7%) | 17 (43,6%) | 13 (36,1%) | 15 (45,5%) | |
| Non connue | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Nutrition entérale | | | | | 0,091 |
| Non | 57 (52,8%) | 24 (61,5%) | 22 (61,1%) | 11 (33,3%) | |
| Non (mais oui antérieurement) | 41 (38,0%) | 11 (28,2%) | 12 (33,3%) | 18 (54,5%) | |
| Oui | 10 (9,3%) | 4 (10,3%) | 2 (5,6%) | 4 (12,1%) | |
| Si nutrition entérale, dispositif | | | | | > 0,999 |
| Gastrostomie | 9 (90,0%) | 3 (75,0%) | 2 (100,0%) | 4 (100,0%) | |
| Jéjunostomie | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Sonde naso- gastrique | 1 (10,0%) | 1 (25,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Texture de l'alimentation | | | | | 0,885 |
| Hachée ou Liquide ou Mixée | 17 (15,7%) | 7 (17,9%) | 5 (13,9%) | 5 (15,2%) | |
| Normal | 91 (84,3%) | 32 (82,1%) | 31 (86,1%) | 28 (84,8%) | |
| Dysgueusie (grade) | | | | | 0,104 |
| 0 | 94 (87,0%) | 37 (94,9%) | 28 (77,8%) | 29 (87,9%) | |
| 1 | 14 (13,0%) | 2 (5,1%) | 8 (22,2%) | 4 (12,1%) | |
| ≥ 2 | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Xérostomie (grade) | | | | | 0,653 |
| 0 | 49 (45,4%) | 18 (46,2%) | 13 (36,1%) | 18 (54,5%) | |
| 1 | 48 (44,4%) | 17 (43,6%) | 19 (52,8%) | 12 (36,4%) | |
| ≥ 2 | 11 (10,2%) | 4 (10,3%) | 4 (11,1%) | 3 (9,1%) | |
| Dysphagie (grade) | | | | | 0,559 |
| 0 | 99 (91,7%) | 34 (87,2%) | 35 (97,2%) | 30 (90,9%) | |
| 1 | 7 (6,5%) | 4 (10,3%) | 1 (2,8%) | 2 (6,1%) | |
| ≥ 2 | 2 (1,9%) | 1 (2,6%) | 0 (0,0%) | 1 (3,0%) | |
| Fausse route | | | | | 0,753 |
| Non | 105 (97,2%) | 38 (97,4%) | 35 (97,2%) | 32 (97,0%) | |
| Oui | 3 (2,8%) | 1 (2,6%) | 1 (2,8%) | 1 (3,0%) | |
| Insuffisance vélaire | | | | | 0,522 |
| Non | 105 (97,2%) | 37 (94,9%) | 36 (100,0%) | 32 (97,0%) | |
| Oui | 3 (2,8%) | 2 (5,1%) | 0 (0,0%) | 1 (3,0%) | |
| Nécrose | | | | | 0,291 |
| Non | 101 (93,5%) | 37 (94,9%) | 35 (97,2%) | 29 (87,9%) | |
| Oui | 7 (6,5%) | 2 (5,1%) | 1 (2,8%) | 4 (12,1%) | |

¹Test exact de Fisher ; Test du Chi-2

Les figures 13 à 18 illustrent l'évolution dans le temps des toxicités radio-induites.

La dysgueusie était quasi constante en fin de traitement (grade ≥ 2 chez la majorité des patient(e)s, quel que soit le groupe (Figure 13). La fréquence d'une dysgueusie de grade ≥ 2 en fin de traitement était plus élevée dans le groupe « avant RapidPlan », mais cette différence n'était pas significative par rapport aux deux autres groupes (Tableau VI, $p = 0,067$). Les dysgueusies de grade 1 étaient plus fréquentes dans les groupes « après RapidPlan » à 3 et 12 mois (Tableaux VII et VIII), mais cette disparité tendait à s'atténuer à 24 mois (Tableau IX et Figure 13).

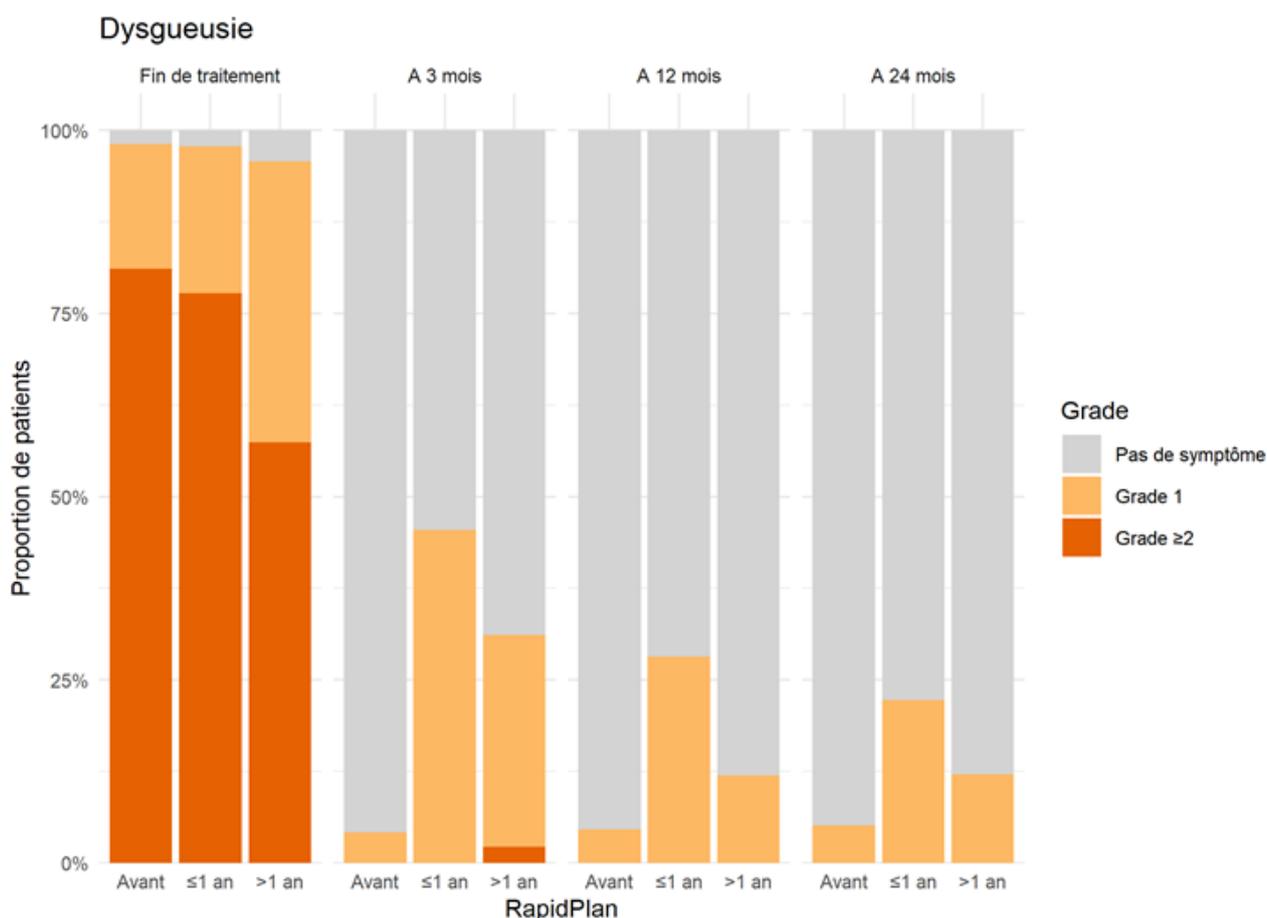


Figure 13 : Evolution de la dysgueusie au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

La proportion initiale de xérostomie de grade ≥ 2 en fin de traitement était également élevée (Figure 14), mais significativement plus faible dans le groupe « plus d'un an après RapidPlan » (Tableau VI, $p = 0,002$). On observait ensuite une diminution notable de la fréquence des xérostomies de grade ≥ 2 au fil du suivi, tandis que les grades 1 persistaient, à 24 mois, chez 36 à 52% des patient(e)s (Figure 14 et Tableau IX).

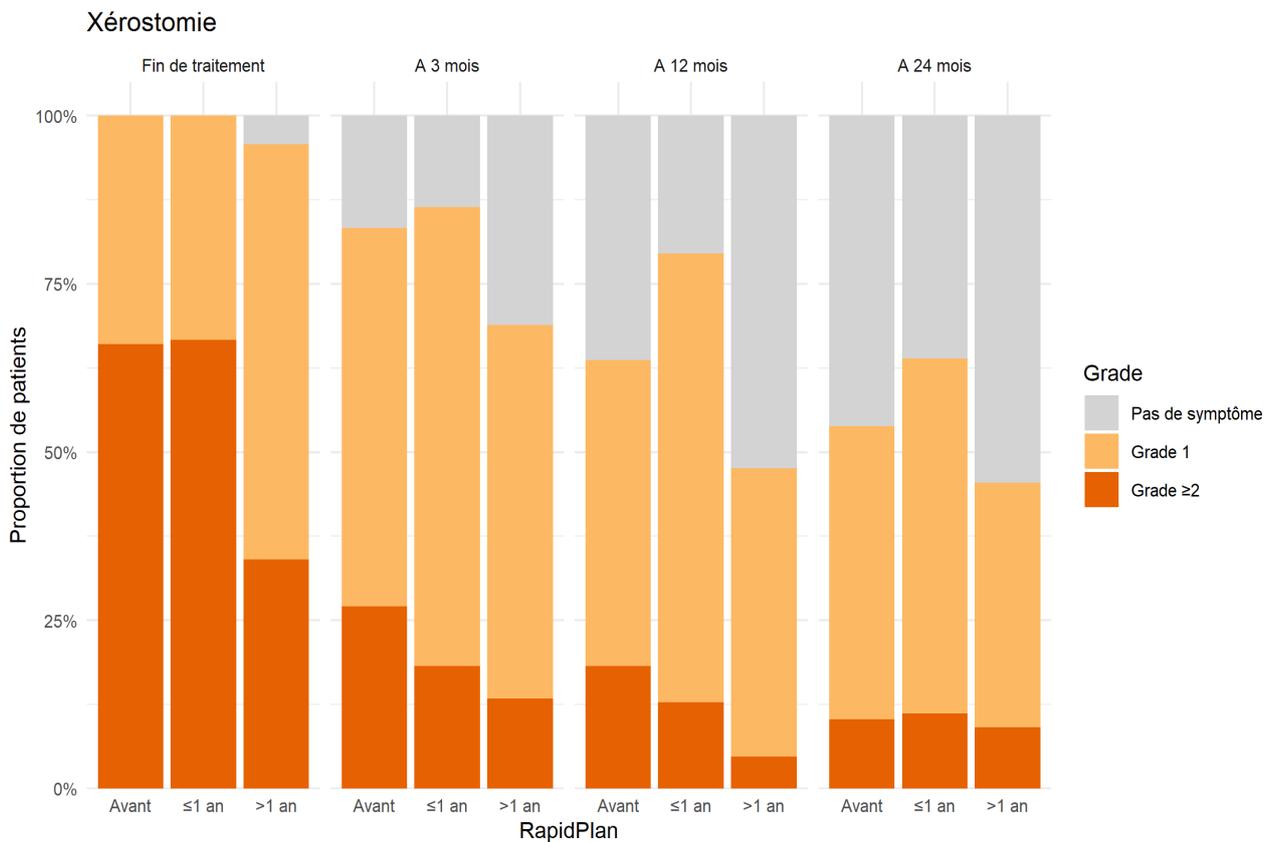


Figure 14 : Evolution de la xérostomie au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

Lors de la consultation initiale, environ un tiers des patient(e)s présentait une dysphagie secondaire à l'atteinte tumorale, quel que soit le groupe (Figure 15). A 3 mois, la proportion de dysphagie de grade ≥ 2 n'était pas négligeable dans le groupe « avant RapidPlan » (Tableau VII, 8,3%), tandis qu'elle restait exceptionnelle dans les groupes « après RapidPlan » (Tableau VII, 2,3% et 2,2%). A 12 et 24 mois, la dysphagie de grade ≥ 2 était rare, quel que soit le groupe (Figure 15).

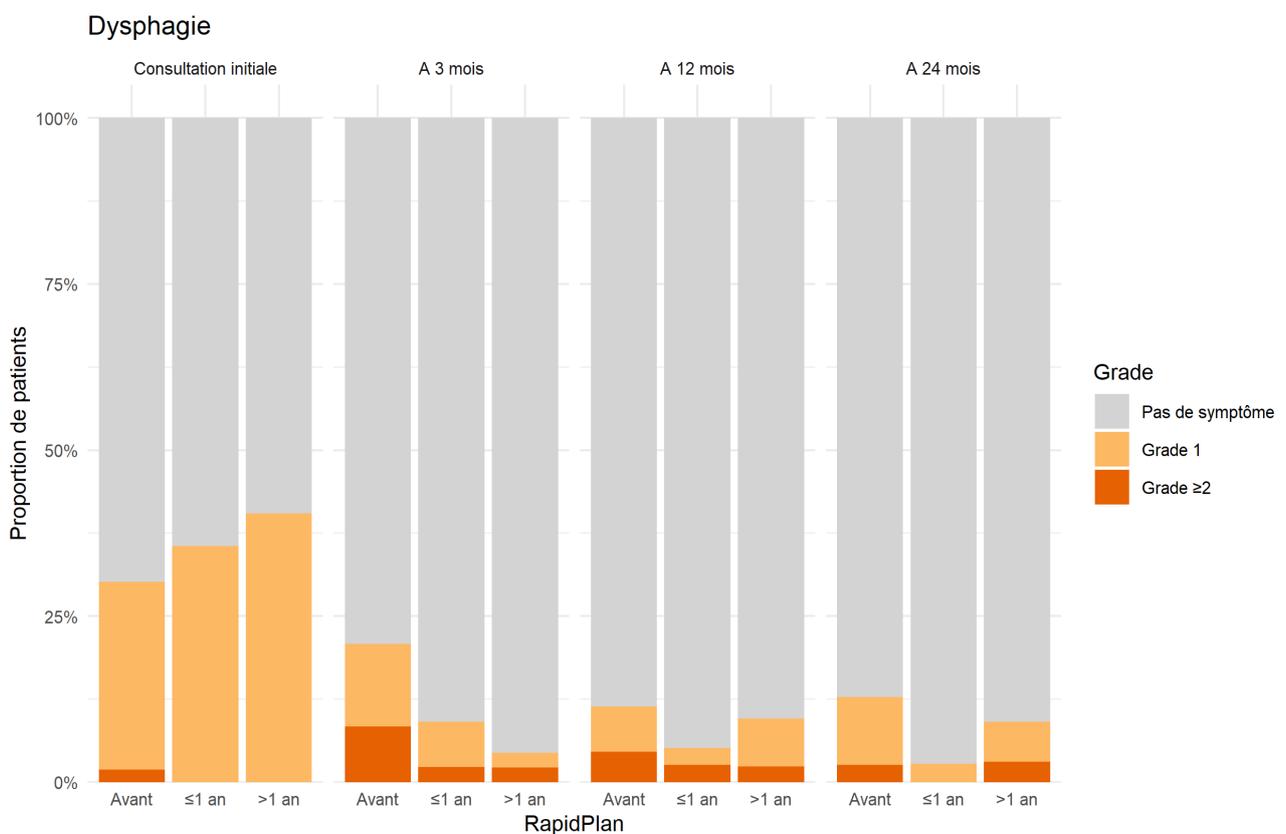


Figure 15 : Evolution de la dysphagie au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

A 3 mois, la fréquence des fausses routes était notable dans les groupes « avant RapidPlan » et « dans l'année suivant RapidPlan » (Tableau VII, 6,3% et 11,4%), par rapport au groupe « plus d'un an après RapidPlan », où aucune n'avait été observée. A distance du traitement, cette différence tendait à disparaître, et la persistance de fausses routes restait exceptionnelle (Figure 16).

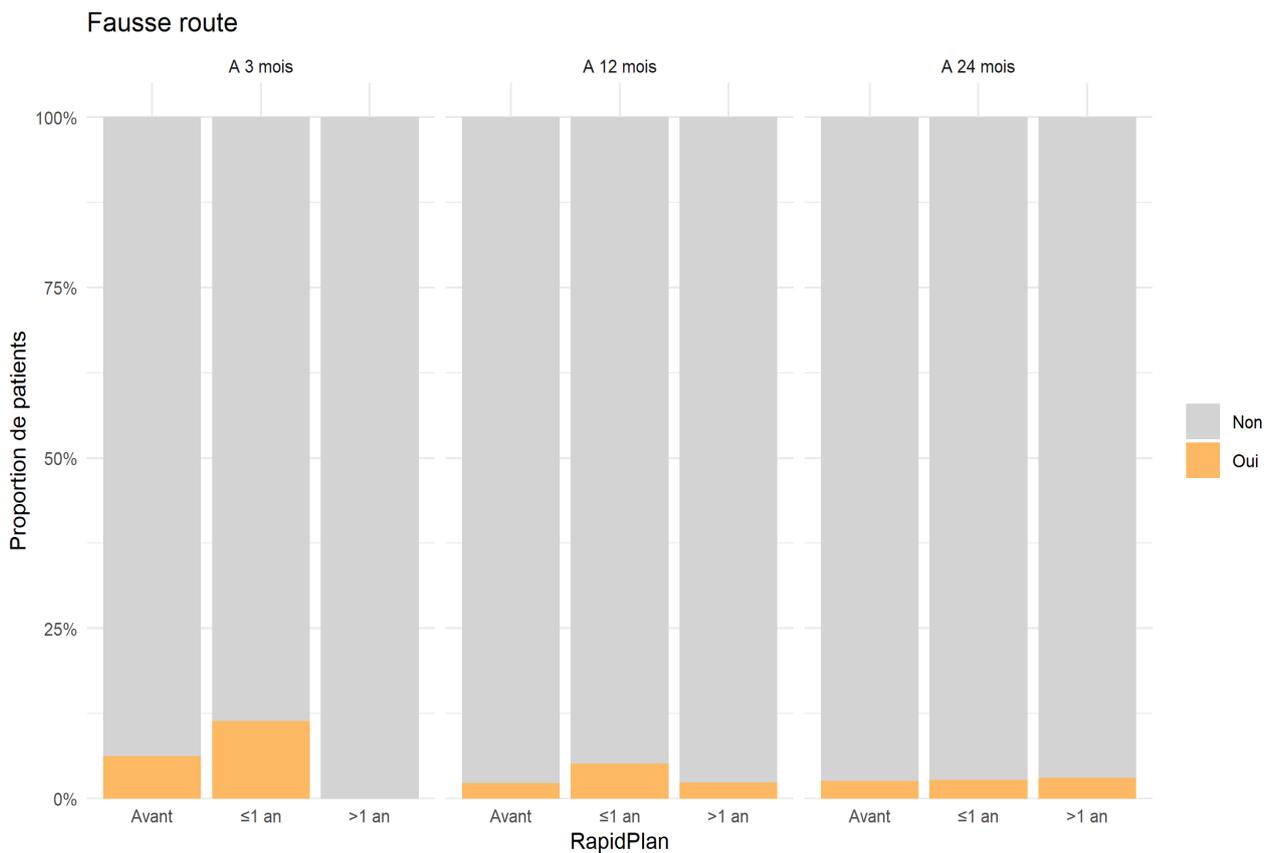


Figure 16 : Evolution des fausses routes au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

L'insuffisance vélaire était observée chez un petit nombre de patient(e)s, sans tendance claire selon le groupe (Figure 17).

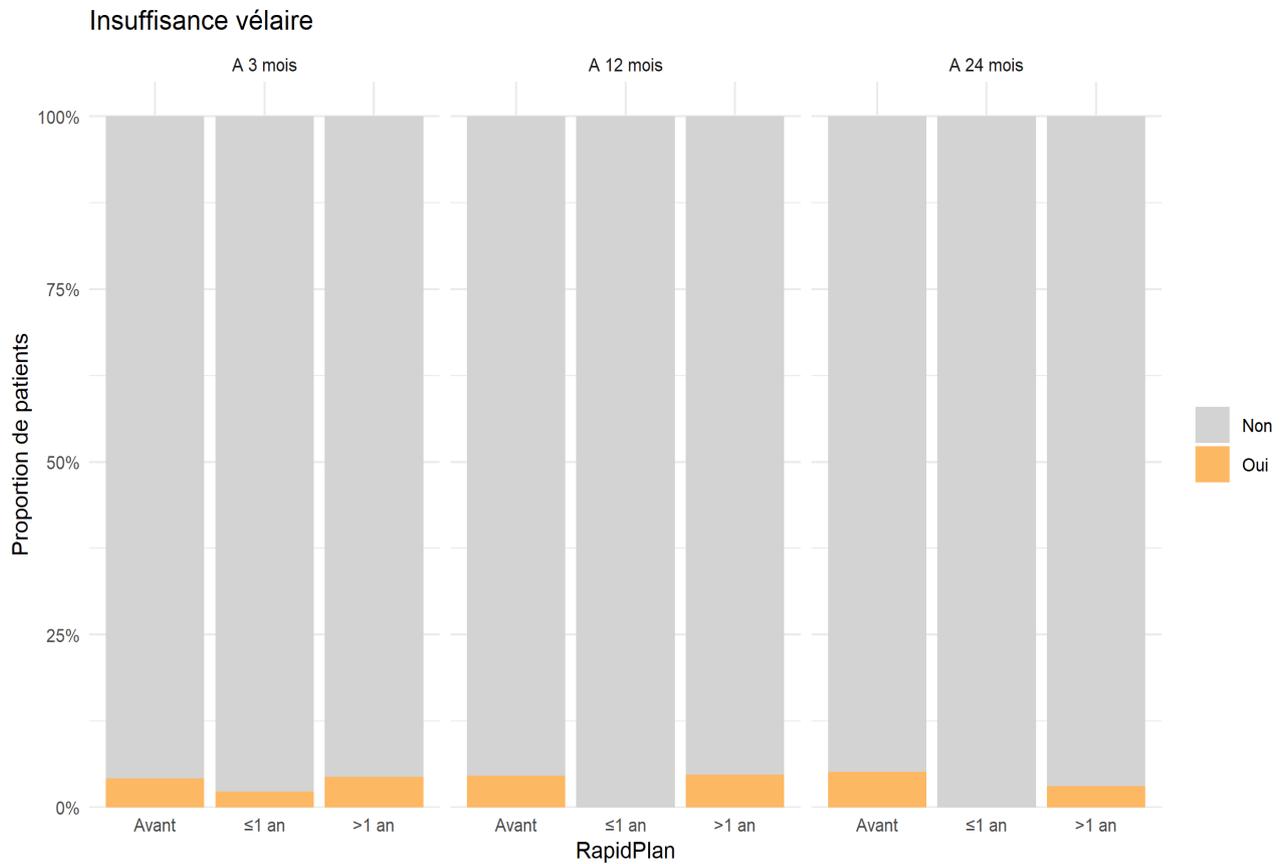


Figure 17 : Evolution de l'insuffisance vélaire au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

La majorité des nécroses post-radiques était observée à 12 mois ou au-delà, quel que soit le groupe (Figure 18). Même si elles restaient rares, on notait une prévalence à 24 mois deux fois plus élevée dans le groupe « plus d'un an après RapidPlan » (n = 4 ; 12,1%), par rapport au groupe « avant RapidPlan » (n = 2 ; 5,1%) (Tableau IX).

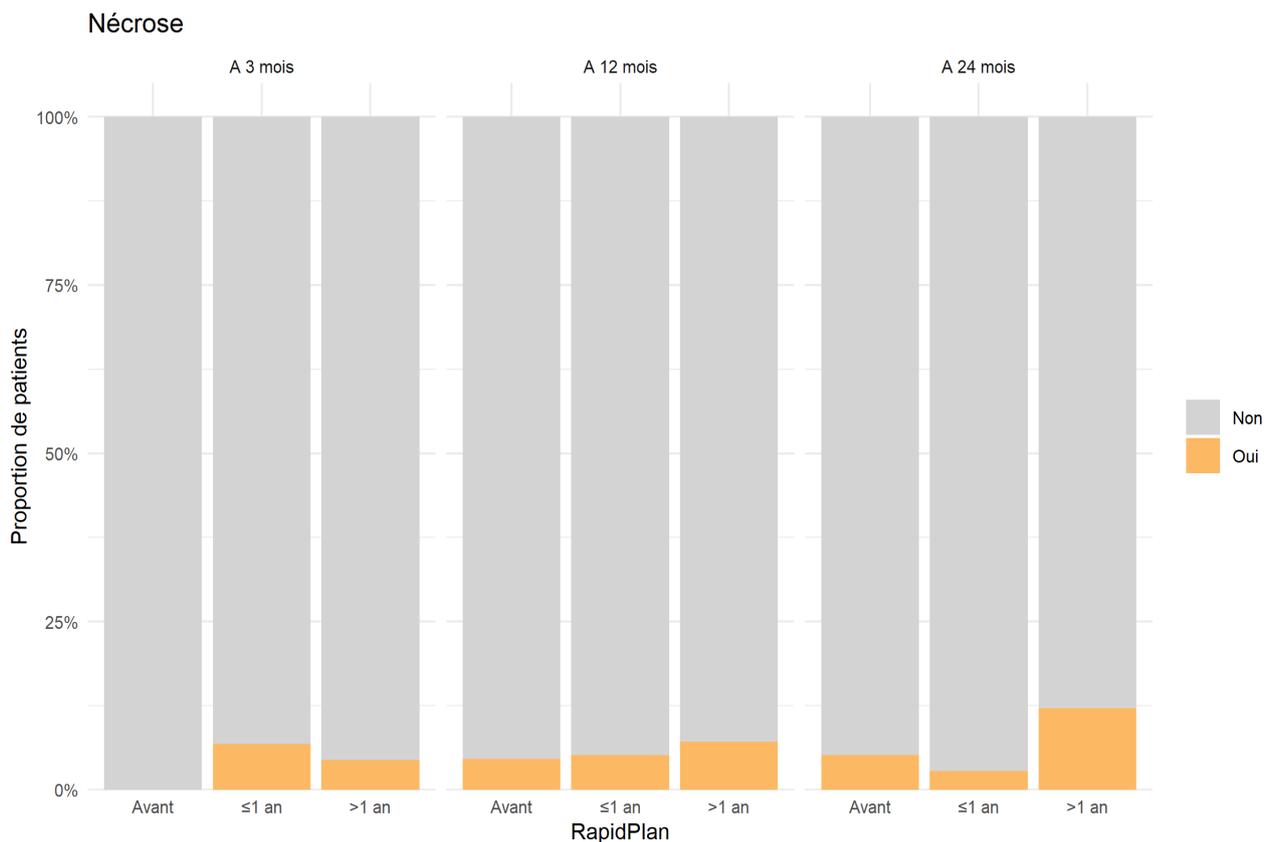


Figure 18 : Evolution des nécroses au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

3. Texture de l'alimentation, recours à une nutrition entérale et évolution pondérale au cours du suivi

L'évolution de la texture de l'alimentation, du recours à une nutrition entérale, et du poids, est présentée dans les figures 19 à 21.

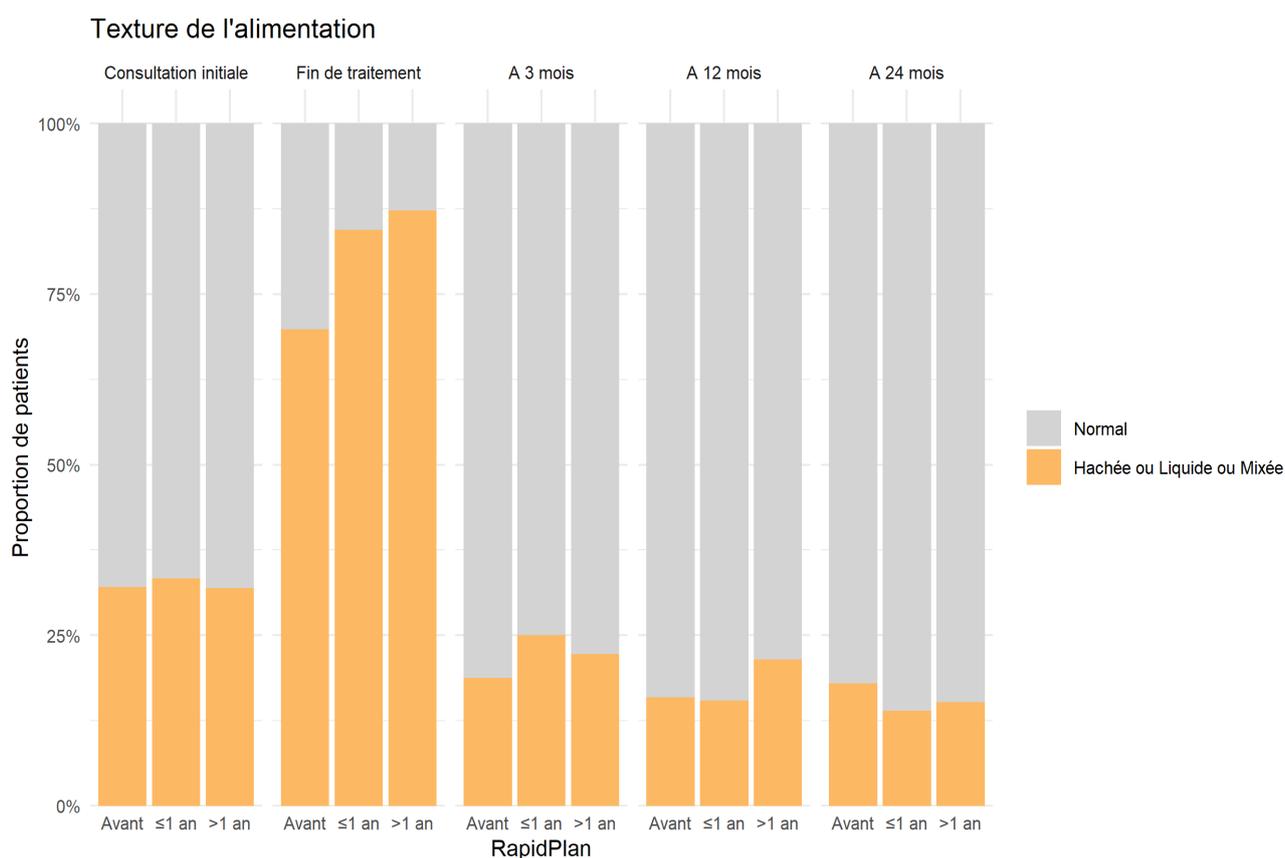


Figure 19 : Evolution de la texture de l'alimentation au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

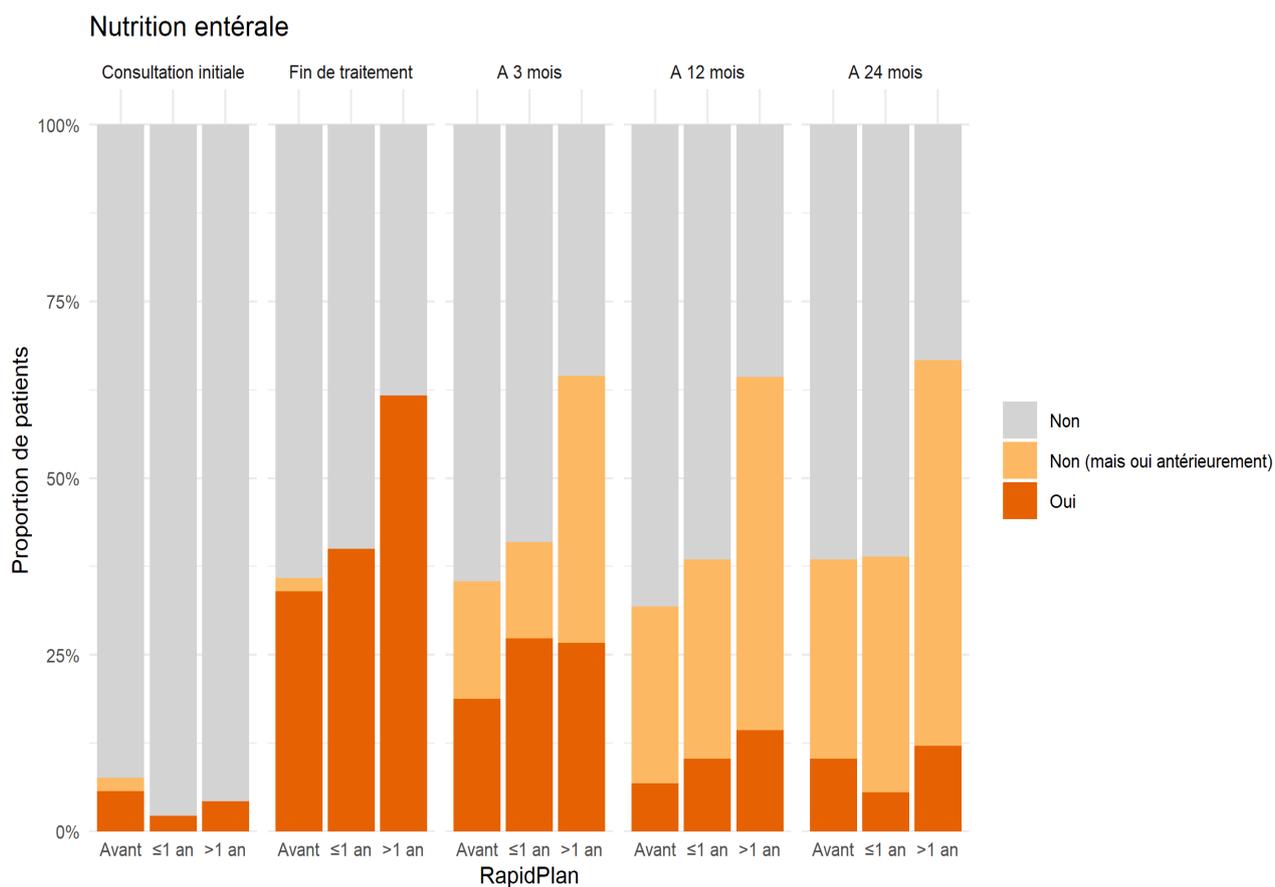


Figure 20 : Evolution du recours à la nutrition entérale au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée

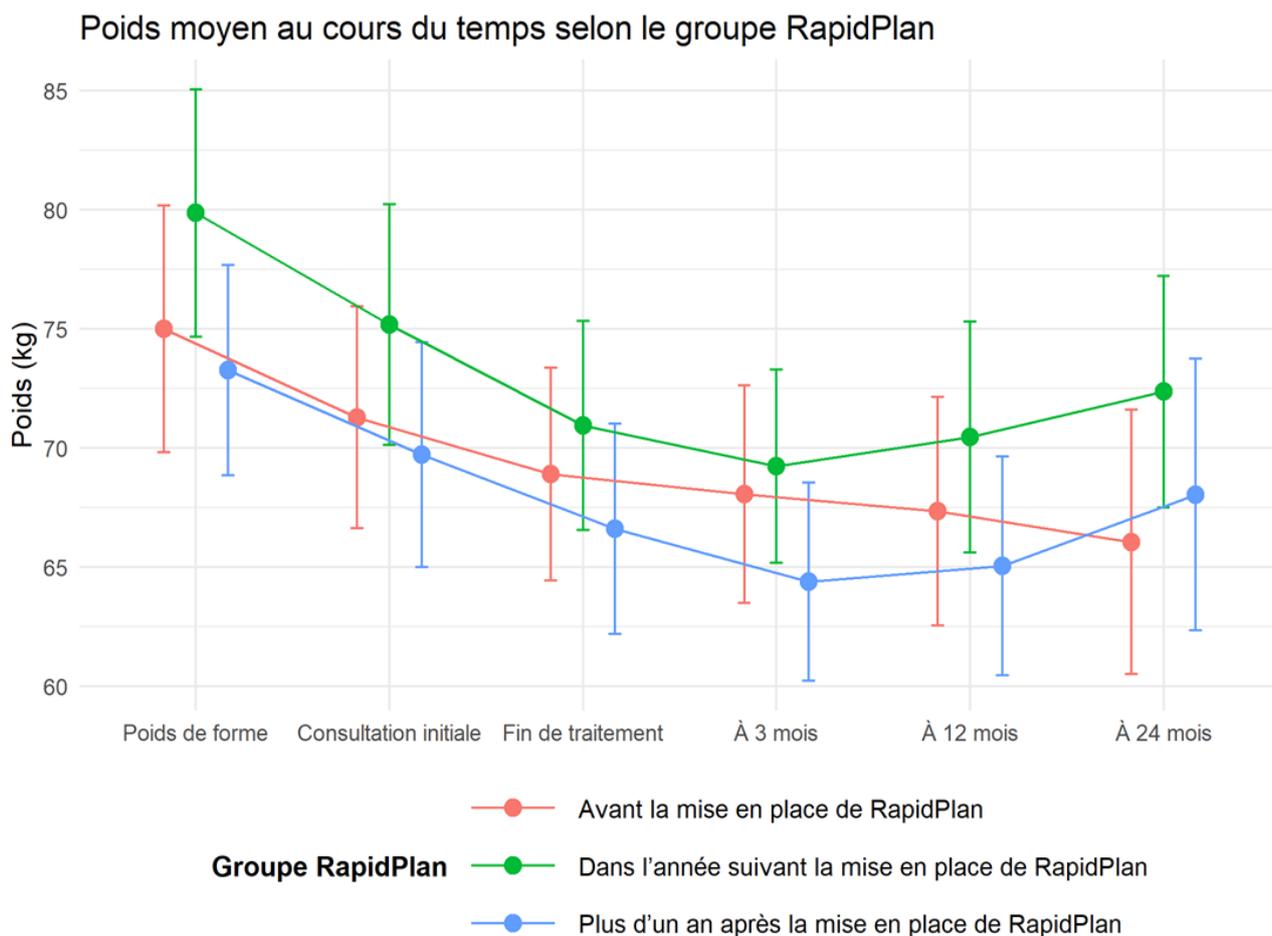


Figure 21 : Evolution du poids au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée (intervalles de confiance à 95%)

Lors de la consultation initiale, environ un tiers des patient(e)s avait une alimentation modifiée (hachée, liquide ou mixée) en raison de l'atteinte tumorale (Figure 19). La moitié de ces patient(e)s présentait une dénutrition au moins modérée (Tableau I). Néanmoins, lors de cette consultation, la proportion de patient(e)s avec une nutrition entérale était rare (4,1%) (Figure 20), car sa mise en place était souvent réalisée à la demande de l'oncologue-radiothérapeute, soit avant le début de la radiothérapie, soit en cours de traitement.

En fin de traitement, la proportion de patient(e)s pouvant s'alimenter normalement était minoritaire, quel que soit le groupe (Figure 19), avec une perte de poids conséquente (Figure 21). La proportion de nutrition entérale était importante, particulièrement dans le groupe « plus d'un an après RapidPlan », où l'on observait presque deux fois plus de dispositifs entéraux par rapport au groupe « avant RapidPlan » (61,7% *versus* 34,0%) (Tableau VI).

A 3 mois, la majorité des patient(e)s avait retrouvé une alimentation normale (Figure 19). Néanmoins, environ un cinquième conservait une alimentation modifiée (hachée ou liquide ou mixée) (Tableau VII), et le poids moyen continuait de chuter entre la fin de traitement et la consultation à 3 mois, quel que soit le groupe (Figure 21).

Entre 3 et 12 mois, la tendance s'inversait dans les deux groupes « après RapidPlan » : on observait une augmentation du poids moyen, alors qu'il continuait de décroître dans le groupe « avant RapidPlan » (Figure 21). Cette dynamique s'était poursuivie entre 12 et 24 mois. Toutefois, à 24 mois, ni la répartition entre alimentation normale et modifiée, ni le recours à la nutrition entérale, n'étaient significativement différents entre les groupes (Figures 19 et 20). Malgré cette tendance ascendante dans les groupes « après RapidPlan », le poids moyen ne retrouvait pas son niveau initial deux ans après la radiothérapie (Figure 21).

4. Survie globale et survie sans progression

Les figures 22 à 24 présentent les courbes de survie globale sur l'ensemble de l'échantillon, et dans les différents groupes. A 24 mois, le taux de survie globale était de 78 % (Figure 22). Par ailleurs, aucune différence significative n'a été observée entre les différents groupes ($p = 0,297$ et $0,824$).

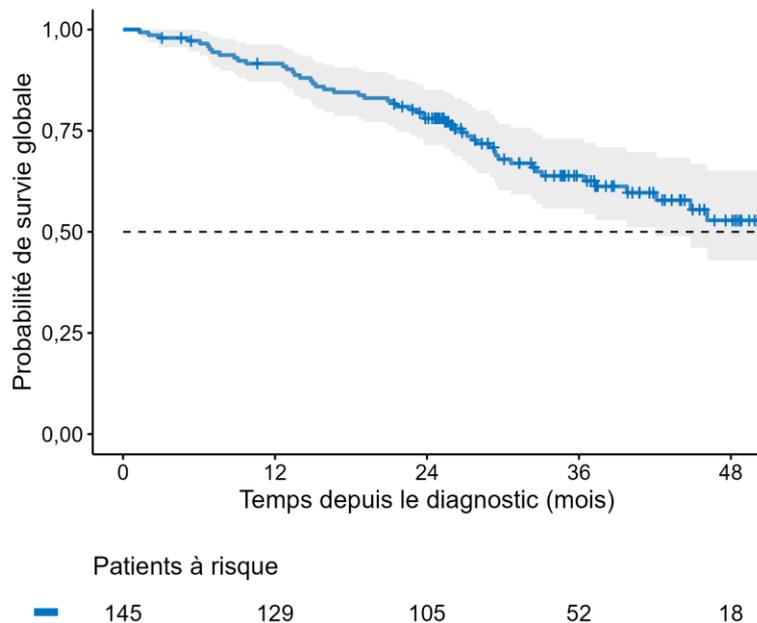


Figure 22 : Probabilité de survie globale (Kaplan-Meier) au cours du suivi

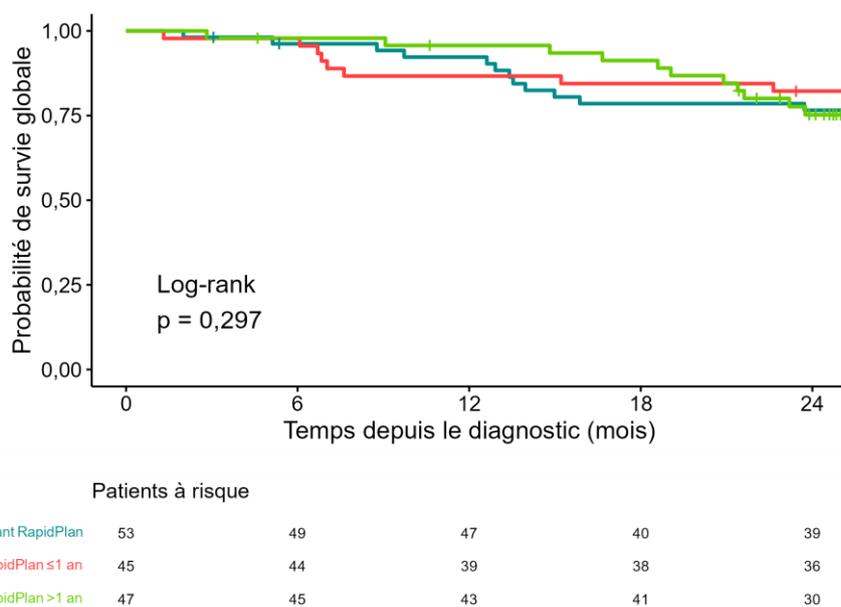
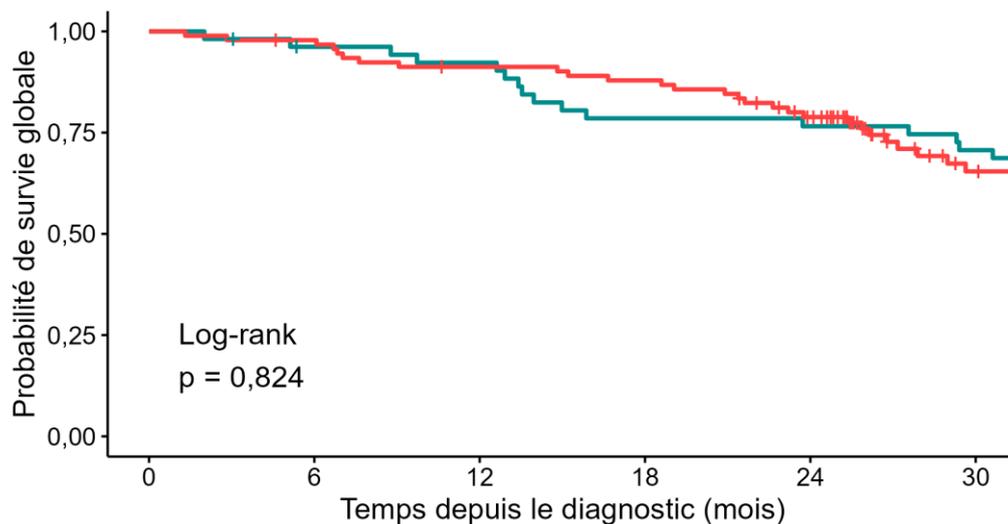


Figure 23 : Probabilité de survie globale au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée



| Patients à risque | | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Sans Rapidplan | 53 | 49 | 47 | 40 | 39 | 36 | |
| Avec Rapidplan | 92 | 89 | 82 | 79 | 66 | 34 | |

Figure 24 : Probabilité de survie globale au cours du suivi,
 en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL »

Les figures 25 à 27 illustrent la survie sans progression. A 24 mois, la médiane de survie sans progression était quasiment atteinte (Figure 25). La probabilité de survie sans progression était comparable entre les groupes, sans différence significative ($p = 0,283$ et $0,131$).

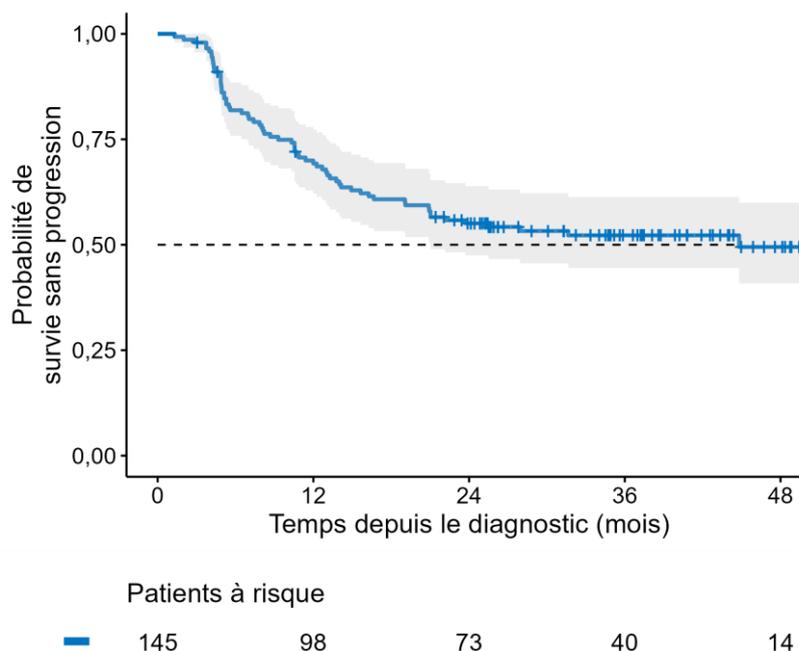
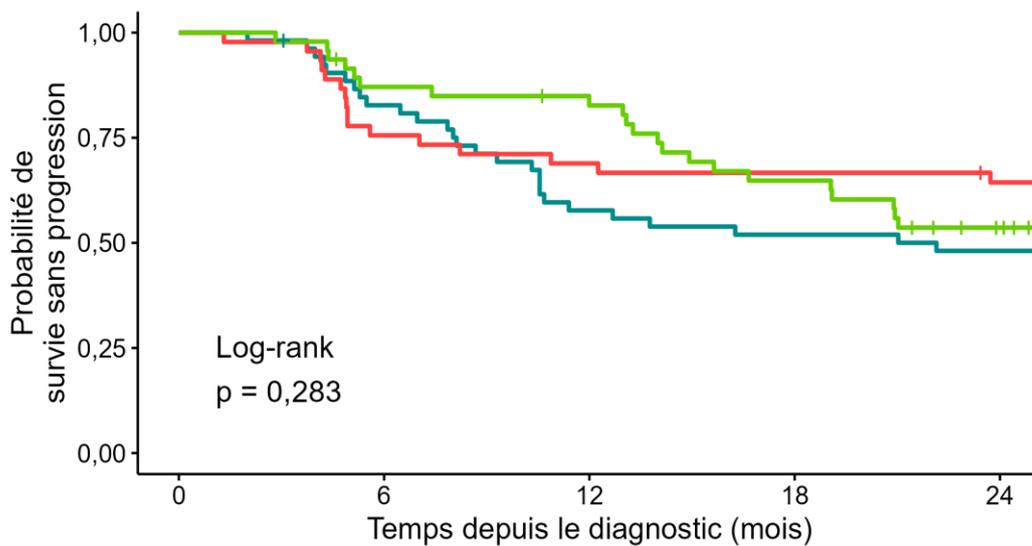


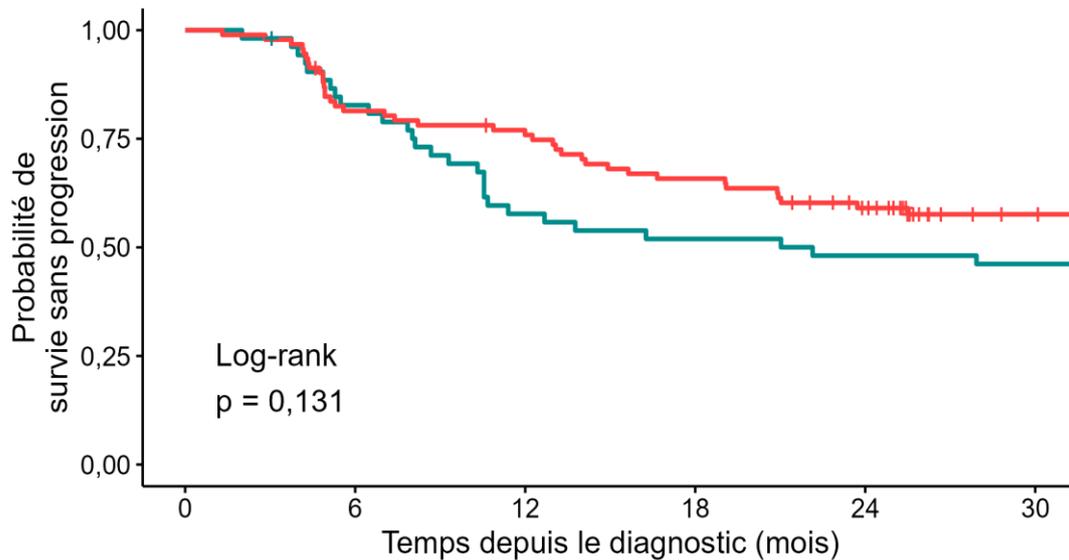
Figure 25 : Probabilité de survie sans progression (Kaplan-Meier) au cours du suivi



Patients à risque

| | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|
| Avant RapidPlan | 53 | 43 | 30 | 27 | 25 |
| RapidPlan ≤1 an | 45 | 34 | 31 | 30 | 28 |
| RapidPlan >1 an | 47 | 40 | 37 | 29 | 20 |

Figure 26 : Probabilité de survie sans progression au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée



Patients à risque

| | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|----|----|
| Sans Rapidplan | 53 | 43 | 30 | 27 | 25 | 24 |
| Avec Rapidplan | 92 | 74 | 68 | 59 | 48 | 30 |

Figure 27 : Probabilité de survie sans progression au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL »

5. Facteurs influençant la dose moyenne reçue par les MCP

L'analyse univariable (Tableau X) a montré que plusieurs paramètres étaient associés à une dose moyenne reçue par les MCP plus élevée : un stade tumoral avancé, la localisation hypopharyngée, et un volume tumoral cible important. En revanche, l'utilisation de RapidPlan n'était pas significativement associée à la dose moyenne.

Tableau X : Facteurs associés à la dose moyenne reçue par les MCP :
analyse univariable par régression linéaire

| | N | Beta | IC 95% | p |
|---|----------|-------------|---------------|-------------------|
| Rapidplan (cl) | 140 | | | |
| <i>Planimétrie avant « RapidPlan ORL »</i> | | — | — | |
| <i>Dans l'année suivant « RapidPlan ORL »</i> | | -3,6 | -7,6 ; 0,44 | 0,080 |
| <i>Plus d'un an après « RapidPlan ORL »</i> | | -2,4 | -6,3 ; 1,5 | 0,230 |
| RapidPlan | 140 | | | |
| <i>Non</i> | | — | — | |
| <i>Oui</i> | | -2,9 | -6,3 ; 0,41 | 0,085 |
| Stade | 140 | | | |
| <i>I</i> | | — | — | |
| <i>II</i> | | 10 | 3,4 ; 17 | 0,004 |
| <i>III</i> | | 11 | 4,2 ; 18 | 0,002 |
| <i>IV</i> | | 12 | 4,7 ; 19 | 0,001 |
| Localisation tumorale | 140 | | | |
| <i>Hypopharynx</i> | | — | — | |
| <i>Oropharynx</i> | | -3,9 | -7,6 ; -0,16 | 0,041 |
| <i>Larynx</i> | | -4,9 | -9,5 ; -0,37 | 0,034 |
| <i>Autre</i> | | -14 | -20 ; -9,0 | < 0,001 |
| PTV1 Volume /10 | 140 | 0,17 | 0,10 ; 0,25 | < 0,001 |
| PTV2 Volume /10 | 139 | 0,13 | 0,03 ; 0,24 | 0,014 |

Abréviation : IC = Intervalle de Confiance

Après ajustement sur l'ensemble des variables incluses dans le modèle (Tableau XI), deux facteurs étaient associés à une dose moyenne plus élevée : la localisation hypopharyngée et un volume tumoral cible élevé.

Tableau XI : Facteurs associés à la dose moyenne reçue par les MCP :
analyse multivariable par régression linéaire

| | N | Beta | IC 95% | p |
|---|----------|-------------|---------------|------------------|
| Outil Rapidplan | 140 | | | |
| <i>Planimétrie avant « RapidPlan ORL »</i> | | — | — | |
| <i>Dans l'année suivant « RapidPlan ORL »</i> | | -2,6 | -5,9 ; 0,78 | 0,131 |
| <i>Plus d'un an après « RapidPlan ORL »</i> | | -0,25 | -3,6 ; 3,1 | 0,885 |
| Localisation tumorale | 140 | | | |
| <i>Hypopharynx</i> | | — | — | |
| <i>Oropharynx</i> | | -4,6 | -9,2 ; -0,11 | 0,045 |
| <i>Larynx</i> | | -1,8 | -6,2 ; 2,6 | 0,413 |
| <i>Autre</i> | | -14 | -19 ; -9,4 | <0,001 |
| Stade | 140 | | | |
| <i>I</i> | | — | — | |
| <i>II</i> | | 5,6 | -0,44 ; 12 | 0,069 |
| <i>III</i> | | 6,6 | 0,41 ; 13 | 0,037 |
| <i>IV</i> | | 6,6 | -0,43 ; 14 | 0,066 |
| PTV1 Volume/10 | 140 | 0,19 | 0,10 ; 0,27 | <0,001 |

Abréviation : IC = Intervalle de Confiance

6. Facteurs influençant la dose moyenne reçue par les MCP moins PTV

L'analyse univariable (Tableau XII) a montré que deux paramètres étaient associés à une dose moyenne plus élevée reçue par les MCP moins PTV : un stade tumoral avancé et un volume tumoral cible important. En revanche, l'utilisation de RapidPlan n'était pas significativement associée à la dose moyenne.

Tableau XII : Facteurs associés à la dose moyenne reçue par les MCP moins PTV :
analyse univariable par régression linéaire

| | N | Beta | IC 95% | p |
|---|----------|-------------|---------------|------------------|
| Rapidplan (cl) | 138 | | | |
| <i>Planimétrie avant « RapidPlan ORL »</i> | | — | — | |
| <i>Dans l'année suivant « RapidPlan ORL »</i> | | -2,5 | -6,0, 1,1 | 0,176 |
| <i>Plus d'un an après « RapidPlan ORL »</i> | | -2,8 | -6,4, 0,67 | 0,112 |
| RapidPlan | 138 | | | |
| <i>Non</i> | | — | — | |
| <i>Oui</i> | | -2,7 | -5,7, 0,34 | 0,082 |
| Stade | 138 | | | |
| <i>I</i> | | — | — | |
| <i>II</i> | | 9,1 | 3,1, 15 | 0,003 |
| <i>III</i> | | 8,2 | 2,1, 14 | 0,009 |
| <i>IV</i> | | 11 | 4,8, 17 | <0,001 |
| Localisation tumorale | 138 | | | |
| <i>Hypopharynx</i> | | — | — | |
| <i>Oropharynx</i> | | -1,4 | -5,0, 2,2 | 0,435 |
| <i>Larynx</i> | | -3,3 | -7,7, 1,1 | 0,138 |
| <i>Autre</i> | | -6,2 | -11, -1,0 | 0,019 |
| PTV1 Volume /10 | 138 | 0,17 | 0,10, 0,24 | <0,001 |
| PTV2 Volume /10 | 137 | 0,12 | 0,02, 0,22 | 0,016 |

Abréviation : IC = Intervalle de Confiance

En analyse multivariable (Tableau XIII), deux facteurs étaient associés à une dose moyenne plus élevée : le stade IV et un volume tumoral cible élevé.

Tableau XIII : Facteurs associés à la dose moyenne reçue par les MCP moins PTV :
analyse multivariable par régression linéaire

| | N | Beta | IC 95% | p |
|---|----------|-------------|---------------|------------------|
| Rapidplan (cl) | 138 | | | |
| <i>Planimétrie avant « RapidPlan ORL »</i> | | — | — | |
| <i>Dans l'année suivant « RapidPlan ORL »</i> | | -2,0 | -5,2 ; 1,3 | 0,232 |
| <i>Plus d'un an après « RapidPlan ORL »</i> | | -1,0 | -4,3 ; 2,3 | 0,536 |
| Localisation tumorale | 138 | | | |
| <i>Hypopharynx</i> | | — | — | |
| <i>Oropharynx</i> | | -1,3 | -5,7 ; 3,2 | 0,570 |
| <i>Larynx</i> | | 0,22 | -4,0 ; 4,5 | 0,919 |
| <i>Autre</i> | | -5,9 | -11 ; -1,2 | 0,014 |
| Stade | 138 | | | |
| <i>I</i> | | — | — | |
| <i>II</i> | | 5,4 | -0,44 ; 11 | 0,070 |
| <i>III</i> | | 4,6 | -1,4 ; 11 | 0,132 |
| <i>IV</i> | | 7,3 | 0,52 ; 14 | 0,035 |
| PTV1 Volume/10 | 138 | 0,16 | 0,08 ; 0,24 | <0,001 |

Abréviation : IC = Intervalle de Confiance

7. Facteurs influençant l'utilisation d'une nutrition entérale en fin de traitement

En analyse univariable (Tableau XIV), les facteurs associés à l'utilisation d'une sonde d'alimentation en fin de traitement étaient l'utilisation de RapidPlan plus d'un an après sa mise en place, la localisation oropharyngée, une perte de poids importante pendant le traitement, une dysphagie lors de la consultation initiale, une xérostomie grade ≥ 2 en fin de traitement, un volume tumoral cible plus élevé, une dose moyenne aux MCP plus élevée, ainsi que l'administration d'un traitement concomitant. En revanche, le stade tumoral, l'âge, le statut tabagique, et la dose moyenne au larynx glottique et supra-glottique n'étaient pas significativement associés.

Tableau XIV : Facteurs associés à l'utilisation d'une sonde d'alimentation en fin de traitement :

régression logistique univariante

| | N | OR | IC 95% | p |
|---|----------|-----------|---------------|------------------|
| Rapidplan (cl) | 140 | | | |
| <i>Planimétrie avant « RapidPlan ORL »</i> | 53 | — | — | |
| <i>Dans l'année suivant « RapidPlan ORL »</i> | 41 | 1,52 | 0,66 ; 3,55 | 0,327 |
| <i>Plus d'un an après « RapidPlan ORL »</i> | 46 | 3,02 | 1,35 ; 7,00 | 0,008 |
| RapidPlan | 140 | | | |
| <i>Non</i> | 53 | — | — | |
| <i>Oui</i> | 87 | 2,18 | 1,09 ; 4,49 | 0,031 |
| Age au début de la radiothérapie | 140 | 0,99 | 0,95 ; 1,03 | 0,547 |
| Statut tabagique | 135 | | | |
| <i>Ancien fumeur</i> | 63 | — | — | |
| <i>Fumeur actif</i> | 55 | 1,29 | 0,62 ; 2,67 | 0,498 |
| <i>Non fumeur</i> | 17 | 1,19 | 0,40 ; 3,50 | 0,757 |
| Localisation tumorale | 140 | | | |
| <i>Hypopharynx</i> | 37 | — | — | |
| <i>Oropharynx</i> | 61 | 4,19 | 1,78 ; 10,4 | 0,001 |
| <i>Larynx</i> | 26 | 1,25 | 0,42 ; 3,67 | 0,682 |
| <i>Autre</i> | 16 | 1,07 | 0,28 ; 3,75 | 0,912 |
| Stade | 140 | | | |
| <i>I</i> | 9 | — | — | |
| <i>II</i> | 50 | 2,55 | 0,60 ; 13,2 | 0,220 |
| <i>III</i> | 46 | 1,54 | 0,36 ; 8,00 | 0,574 |
| <i>IV</i> | 35 | 1,18 | 0,26 ; 6,35 | 0,832 |
| Perte de poids en % entre poids de forme et poids en fin de traitement | 139 | 1,06 | 1,01 ; 1,12 | 0,030 |
| Dysphagie lors de la consultation initiale | 140 | | | |
| <i>Non</i> | 91 | — | — | |
| <i>Oui</i> | 49 | 3,99 | 1,94 ; 8,52 | <0,001 |
| Xérostomie en fin de traitement | 140 | | | |
| <i>0-1</i> | 63 | — | — | |
| <i>≥ 2</i> | 77 | 2,53 | 1,28 ; 5,11 | 0,008 |
| Dysgueusie en fin de traitement | 140 | | | |
| <i>0-1</i> | 39 | — | — | |
| <i>≥ 2</i> | 101 | 2,04 | 0,96 ; 4,52 | 0,070 |
| PTV1 Volume /10 | 140 | 1,02 | 1,00 ; 1,04 | 0,028 |
| PTV2 (ou PTV3 si disponible) Volume /10 | 139 | 1,04 | 1,01 ; 1,07 | 0,005 |
| Dose moyenne aux MCP - PTV | 138 | 1,03 | 0,99 ; 1,08 | 0,135 |
| Dose moyenne aux MCP | 140 | 1,05 | 1,01 ; 1,09 | 0,017 |
| Dose moyenne au larynx glottique | 138 | 1,00 | 0,97 ; 1,02 | 0,826 |
| Dose moyenne au larynx supra-glottique | 138 | 1,00 | 0,98 ; 1,03 | 0,742 |
| Traitement concomitant | 140 | | | |
| <i>Non</i> | 32 | — | — | |
| <i>Oui</i> | 108 | 6,50 | 2,51 ; 20,3 | <0,001 |

Abréviations : IC = Intervalle de Confiance, OR = Odds Ratio

En analyse multivariable (Tableau XV), trois facteurs restaient associés à l'utilisation d'une sonde d'alimentation en fin de traitement : l'utilisation de RapidPlan plus d'un an après sa mise en place, une xérostomie grade ≥ 2 en fin de traitement, et l'administration d'un traitement concomitant.

Tableau XV : Facteurs associés à l'utilisation d'une sonde d'alimentation en fin de traitement :
régression logistique multivariable

| | N | OR | IC 95% | p |
|---|----------|-----------|---------------|--------------|
| Rapidplan (cl) | 139 | | | |
| <i>Planimétrie avant « RapidPlan ORL »</i> | | — | — | |
| <i>Dans l'année suivant « RapidPlan ORL »</i> | | 1,63 | 0,59 ; 4,58 | 0,345 |
| <i>Plus d'un an après « RapidPlan ORL »</i> | | 5,06 | 1,75 ; 16,1 | 0,004 |
| Localisation tumorale | 139 | | | |
| <i>Hypopharynx</i> | | — | — | |
| <i>Oropharynx</i> | | 1,79 | 0,53 ; 6,30 | 0,352 |
| <i>Larynx</i> | | 1,70 | 0,45 ; 6,48 | 0,430 |
| <i>Autre</i> | | 1,40 | 0,25 ; 8,02 | 0,703 |
| Perte de poids en % entre poids de forme et poids en fin de traitement | 139 | 1,02 | 0,96 ; 1,09 | 0,526 |
| Sténose tumorale | 139 | | | |
| <i>Non</i> | | — | — | |
| <i>Oui</i> | | 2,01 | 0,77 ; 5,24 | 0,151 |
| Xérostomie en fin de traitement | 139 | | | |
| <i>0-1</i> | | — | — | |
| <i>≥ 2</i> | | 2,81 | 1,13 ; 7,48 | 0,031 |
| PTV1 Volume /10 | 139 | 1,01 | 0,98 ; 1,03 | 0,552 |
| Dose moyenne aux MCP | 139 | 1,05 | 0,99 ; 1,12 | 0,124 |
| Traitement concomitant | 139 | | | |
| <i>Non</i> | | — | — | |
| <i>Oui</i> | | 3,64 | 1,13 ; 13,4 | 0,037 |

Abréviations : IC = Intervalle de Confiance, OR = Odds Ratio

DISCUSSION ET CONCLUSION

1. Objectif principal : impact dosimétrique de l'outil RapidPlan

Notre étude montre que la dose moyenne reçue par les MCP est significativement plus basse dans les deux groupes « avec RapidPlan » par rapport au groupe « sans RapidPlan ». En outre, les valeurs médianes observées dans les groupes « avec RapidPlan » sont inférieures à celles recommandées par le consensus RECORAD (63 Gy pour les muscles constricteurs supérieur et moyen, et 54 Gy pour le constricteur inférieur (27)). Toutefois, en analyse multivariée, après ajustement sur la localisation tumorale, le stade et le volume du PTV1, l'utilisation de l'outil RapidPlan n'est pas associée de manière significative à une diminution de la dose moyenne reçue par les MCP.

Dans certaines localisations tumorales, notamment l'hypopharynx (Figure 28), le chevauchement entre PTV et MCP crée un dilemme dosimétrique : délivrer 70 Gy au PTV2 et 56 Gy au PTV1, tout en limitant la dose moyenne aux MCP à moins de 50 Gy. Ces injonctions contradictoires exposent à deux risques : soit une dose excessive aux MCP, soit une moins bonne couverture du PTV. Dans cette situation, le contrôle tumoral doit toujours être privilégié. Pour clarifier la consigne donnée au logiciel de planimétrie, la partie des MCP située en dehors du PTV1 est isolée en volume « MCP moins PTV », sur lequel une contrainte stricte (< 40 Gy) est appliquée. Ce compromis permet de préserver les MCP lorsqu'ils sont partiellement en dehors du PTV, tout en priorisant la couverture du volume cible sur le volume commun. Les marges de manœuvre d'épargne des MCP sont donc plus importantes pour des localisations tumorales éloignées, comme la cavité buccale (Figure 29).

De plus, le volume du PTV1, défini selon le caractère plus ou moins lymphophile de la tumeur primitive et l'envahissement ganglionnaire, tend à croître avec l'avancée du stade tumoral, exposant ainsi davantage les MCP à des doses élevées.

Enfin, la couverture des volumes cibles, notamment le PTV1 (D95%), n'était pas significativement différente selon l'utilisation de RapidPlan, suggérant que l'épargne obtenue ne s'est pas faite au détriment de la qualité du traitement oncologique. Ces résultats rejoignent la littérature, qui montre qu'une optimisation dosimétrique permet de réduire la dose aux structures impliquées dans la déglutition, sans compromettre la couverture tumorale (29).

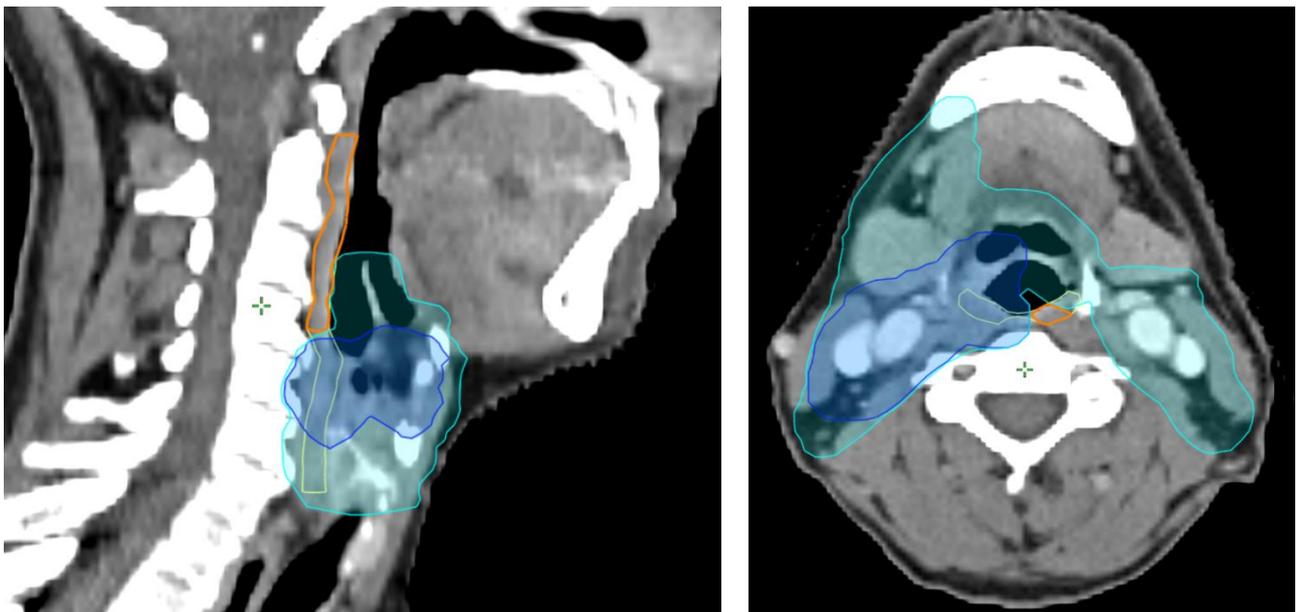


Figure 28 : Hypopharynx - Coupes sagittale (à gauche) et axiale (à droite)

En jaune : MCP.

En orange : MCP moins PTV.

En bleu foncé : PTV2.

En bleu clair : PTV1.

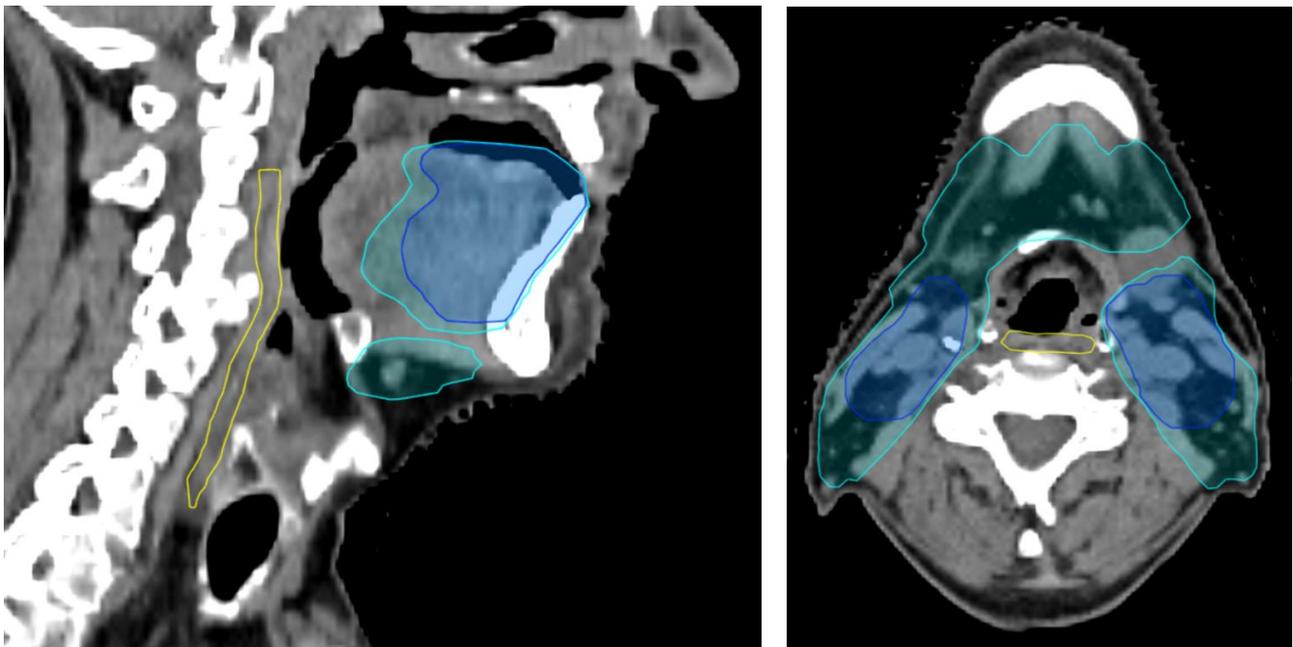


Figure 29 : Cavité buccale - Coupes sagittale (à gauche) et axiale (à droite)

En jaune : MCP.

En bleu foncé : PTV2.

En bleu clair : PTV1.

2. Objectifs secondaires : doses reçues par les autres OAR

En plus des MCP, d'autres structures anatomiques jouent un rôle notable dans les mécanismes de déglutition, notamment le larynx glottique et supra-glottique (26). La dose moyenne au larynx glottique et supra-glottique n'était pas significativement plus faible dans un groupe par rapport aux deux autres. Néanmoins, les analyses de sensibilité ont montré qu'elle était significativement plus faible dans les groupes « après RapidPlan », par rapport au groupe « avant RapidPlan ».

L'utilisation du logiciel RapidPlan, a également permis une diminution significative de la dose maximale reçue par la moëlle épinière. Par ailleurs, on observe un intervalle interquartile plus petit dans les groupes « après RapidPlan », témoignant d'une meilleure homogénéité. Cela n'a pas de conséquence sur les troubles de la déglutition, mais ce peut-être un paramètre important à prendre en compte en cas de ré-irradiation.

3. Retentissement clinique : toxicités et nutrition

3.1. Dysgueusie

Les données de notre cohorte montrent une prévalence importante de dysgueusie grade ≥ 2 en fin de traitement (72,4%), avec des proportions particulièrement élevées dans le groupe « avant RapidPlan » (81,1%) par rapport au groupe « plus d'un an après RapidPlan » (57,4%). Ce profil temporel — pic important en fin de traitement suivi d'une absence quasi totale de la dysgueusie de grade ≥ 2 à 3 mois (0,7%) — mérite une double lecture. D'une part, il concorde partiellement avec la littérature qui rapporte des taux très élevés de dysgueusie aiguë post-radique (plus de 90% des patient(e)s pour une dose totale de 60 Gy) (30) et une amélioration majoritaire au cours des 3 mois suivants (31). D'autre part, l'amplitude de la chute observée dans notre série (d'environ 72% à moins d'1% en 3 mois) est plus marquée que la plupart des séries, qui rapportent généralement des récupérations partielles mais des taux résiduels de dysgueusie de l'ordre de 10 à 30 % à 6–12 mois (32,33). Plusieurs explications sont possibles. Premièrement, les variations entre groupes pourraient être partiellement liées aux différences de volumes et de localisations irradiées (33). Néanmoins, la proportion de primitif de l'oropharynx était plus élevée dans le groupe « plus d'un an après RapidPlan » par rapport au groupe « avant RapidPlan », et celle de la cavité buccale était sensiblement la même. Par ailleurs, le volume des PTV1 et PTV2 semblait être plus important dans le groupe « avant RapidPlan » par rapport au groupe « plus d'un an après RapidPlan », mais cette différence n'était pas significative. Deuxièmement, la chute rapide à 3 mois soulève la possibilité d'une sous-évaluation : la gradation clinique utilisé en routine peut manquer de sensibilité et de reproductibilité pour les troubles gustatifs, comparé aux questionnaires centrés patient(e)s ou aux tests gustatifs objectifs (34).

3.2. Xérostomie

Dans notre cohorte, la xérostomie de grade ≥ 2 était significativement plus rare dans le groupe « plus d'un an après RapidPlan » par rapport au groupe « avant RapidPlan », en fin de traitement et à 12 mois. Pourtant, les doses moyennes aux glandes parotidiennes étaient sensiblement les mêmes entre les différents groupes, ce qui suggère que l'amélioration observée pourrait être liée à une meilleure préservation des autres glandes salivaires (submandibulaires, sublinguales, accessoires), qui contribuent de façon significative au débit salivaire global (35). A distance du traitement, la proportion de xérostomie grade ≥ 2 diminuait progressivement, pour atteindre environ 10% à 24 mois, tous groupes confondus.

Ces résultats s'inscrivent dans la continuité des données de la littérature. Plusieurs études ont montré que la xérostomie aiguë reste fréquente, touchant 50 à 70% des patient(e)s dans les premiers mois post-radiothérapie (36,37), mais que sa prévalence diminue avec le temps grâce aux techniques modernes d'irradiation. L'étude prospective de Sommat et al. rapporte par exemple des taux de xérostomie de 58 % (hétéro-évaluation médicale) et 70 % (auto-évaluation par les patient(e)s à 3 mois, chutant à 26 et 36 % à 2 ans (36). L'étude OraRad confirme également, à 6 mois post-radiothérapie, une réduction du flux salivaire à 37% par rapport aux niveaux pré-radiothérapie, suivie d'une récupération partielle à 59% des niveaux antérieurs à 18 mois (38). À plus long terme, environ 20 à 30% des patient(e)s présentent encore une xérostomie grade ≥ 2 au-delà de deux ans (39), ce qui est supérieur aux 10% observés dans notre série.

Ces différences peuvent refléter plusieurs facteurs : une meilleure épargne des glandes salivaires accessoires non systématiquement prises en compte dans les contraintes dosimétriques, et les limites du recueil basé sur l'évaluation clinique, qui tend à sous-estimer la symptomatologie rapportée par les patient(e)s. L'ensemble de ces données confirme que, même à l'ère de l'IMRT, la xérostomie aiguë demeure un effet secondaire fréquent, mais que

l'apport principal de cette technique réside dans la réduction progressive et significative des xérostomies chroniques par rapport à la RC3D (40-42).

3.3. Dysphagie

Dans notre série, la dysphagie post-radique grade ≥ 1 était de 11,6% à 3 mois, 8,8% à 1 an, puis 8,3% à 2 ans. Ces résultats apparaissent globalement inférieurs aux taux rapportés dans d'autres cohortes. En effet, dans l'étude de Dirix et al., en moyenne 20 mois après la fin de la radiothérapie, on relevait 28,3% de dysphagie grade 1, 18,9% de grade 2 et 7,5% de grade 3 (43). Par ailleurs, une étude transversale australienne retrouvait jusqu'à 59% de dysphagie persistante dans les 8 ans post-radiothérapie (25).

Le contraste entre nos données et celles de la littérature pourrait refléter plusieurs facteurs : l'utilisation systématique de l'IMRT, permettant une meilleure épargne des structures de déglutition, contrairement à l'étude de Dirix et al. qui mêlait RC3D et IMRT (43), et celle de Szczesniak et al. qui n'incluait pas d'IMRT (25) ; et la méthode d'évaluation clinique, connue pour sous-estimer les symptômes rapportés par les patient(e)s.

3.4. Fausses routes

Dans notre cohorte, la fréquence des fausses routes post-radiothérapie était globalement faible, et tendait à décroître au cours du suivi. Ce constat contraste avec plusieurs études qui rapportent des taux beaucoup plus élevés. Avant toute comparaison, il est nécessaire de préciser que, dans la littérature anglophone, le terme « *aspiration* » correspond à une fausse route « basse », c'est-à-dire le passage du bolus alimentaire ou liquide sous le plan glottique, alors que le terme « *penetration* » désigne une fausse route « haute », limitée au vestibule laryngé. Par exemple, Nguyen et al. ont observé des épisodes « *d'aspiration* » chez 59 % des patient(e)s évalués par vidéo-fluoroscopie environ deux mois après radio-chimiothérapie (44). De même, Langerman et al. rapportaient, dans une cohorte de 130 patient(e)s suivi(e)s

pendant un an, 69% de cas avec au moins une « *aspiration* » ou « *penetration* », et 25% avec une « *aspiration* » dite « franche », c'est-à-dire correspondant à plus de 5 % du bolus alimentaire (45). À plus long terme, Patterson et al. retrouvaient encore 20% « *d'aspiration* » chez des patient(e)s à six ans de la fin de la radiothérapie (46). Les écarts observés entre nos résultats et ces données peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs. D'abord, la méthode d'évaluation dans notre étude reposait sur la gradation clinique, qui tend à sous-estimer la fréquence des fausses routes par rapport aux explorations instrumentales. Ensuite, l'utilisation de techniques modernes d'irradiation (IMRT) a probablement contribué à une meilleure préservation des muscles impliqués dans la déglutition.

3.5. Insuffisance vélaire

Dans notre cohorte, l'insuffisance vélaire était observée chez 3,6% des patient(e)s à 3 mois, 3,2% à 1 an et 2,8% à 2 ans, sans différence notable entre les groupes. Ces taux apparaissent faibles en comparaison des effets secondaires sus-décrits, suggérant que l'insuffisance vélaire représente une complication post-radique relativement rare. La littérature scientifique sur ce sujet reste limitée. Une revue récente souligne que les dysfonctions vélo-pharyngées peuvent concerner environ 25 à 30% des patient(e)s traité(e)s par radiothérapie pour un cancer du nasopharynx (47). Le contraste entre nos chiffres et ceux rapportés dans la littérature pourrait s'expliquer par la minorité de patient(e)s présentant un primitif nasopharyngé dans notre cohorte. En outre, nos résultats reposaient sur une évaluation clinique, qui peut sous-estimer les anomalies perceptuelles subtiles détectées par nasométrie ou vidéonasopharyngoscopie.

3.6. Nécrose

Dans notre étude, le taux global de nécrose post-radique était de 3,6% à 3 mois avec une surreprésentation dans le groupe « après RapidPlan », puis de 6,5% à 12 et 24 mois sans différence significative entre les groupes. Les localisations concernées incluaient la mandibule,

la vallécule, la paroi pharyngée postérieure, le larynx et le cartilage cricoïde. La gravité variait selon l'organe atteinte : ainsi, les nécroses laryngée et cricoïdienne ont nécessité une trachéotomie en urgence.

Selon la littérature, l'ostéoradionécrose mandibulaire survient dans 5 à 22% des cas, en particulier lorsque la dose excède 65 Gy ou en présence de facteurs de risque tels qu'une mauvaise hygiène dentaire (48). La nécrose des tissus mous est également décrite comme une toxicité tardive et parfois sévère, avec une incidence variable selon la localisation irradiée et le volume exposé (49). Dans une étude rétrospective portant sur 290 patient(e)s, l'incidence globale de nécrose (os, cartilage ou tissus mous cervicaux) était de 4,1%, avec un délai médian d'apparition de 4,5 mois (50).

Ainsi, nos résultats s'inscrivent dans les ordres de grandeur décrits, mais soulignent que les nécroses peuvent apparaître précocement après la radiothérapie. Leur prise en charge reste complexe et impose une prévention renforcée (hygiène bucco-dentaire, suivi nutritionnel, dépistage précoce des symptômes) ainsi qu'une surveillance attentive dans les mois suivant l'irradiation.

3.7. Texture alimentaire, poids et nutrition entérale

Comme décrit précédemment, la gradation clinique des effets secondaires ne permet pas de saisir toute la complexité des troubles alimentaires post-radiques. C'est pourquoi nous avons également analysé des critères de substitution tels que la texture alimentaire, l'évolution pondérale, et le recours à la nutrition entérale.

La majorité des patient(e)s retrouvait une alimentation normale dès 3 mois (environ 80%) et cela évoluait peu à 2 ans (environ 85%), indépendamment du groupe. En revanche, en fin de radiothérapie, les patient(e)s des groupes « avec RapidPlan » semblaient plus souvent nécessiter une alimentation modifiée et un recours à la nutrition entérale. Cette observation paradoxale ne paraît pas directement liée à RapidPlan. En effet, le nombre de patient(e)s ayant

perdu plus de 10% de leur poids de forme n'était pas significativement différent entre les groupes « plus d'un an après RapidPlan » et « avant RapidPlan », et les patient(e)s du groupe « plus d'un an après RapidPlan » ne présentaient pas plus d'effets secondaires par rapport au groupe « avant RapidPlan ». Nos hypothèses pour expliquer ce paradoxe sont les suivantes : la proportion élevée de primitif oropharyngé dans le groupe « plus d'un an après RapidPlan » par rapport au groupe « avant RapidPlan ». En effet, l'oropharynx comprend des structures essentielles à la mastication et à la déglutition, telles que la base de langue et le palais mou. Par ailleurs, une étude a montré que les patient(e)s atteint(e)s d'un cancer de la base de langue étaient plus à risque de mise en place de nutrition entérale par rapport aux autres localisations (51). Cette localisation tumorale expose donc probablement les patient(e)s à un risque accru de difficultés alimentaires et de recours à la nutrition entérale, indépendamment de la technique de planimétrie utilisée. En outre, la dysphagie initiale liée à la sténose tumorale semblait être plus fréquente dans les groupes « après RapidPlan » par rapport au groupe « avant RapidPlan ». Pourtant, la prévalence des stades III et IV était plus importante dans le groupe « avant RapidPlan » par rapport aux groupes « après RapidPlan ». Enfin, le recours de plus en plus fréquent à la nutrition entérale pourrait également s'expliquer par une préoccupation croissante de la question de la dénutrition des patient(e)s atteints d'un cancer ORL traité par radiothérapie. En effet, des études ont montré que l'intervention nutritionnelle précoce améliore la tolérance au traitement et réduit le risque d'hospitalisation chez les patient(e)s atteints d'un cancer ORL traité par radio-chimiothérapie concomitante (52). Ainsi, les recommandations prônent actuellement une évaluation nutritionnelle systématique et précoce, ainsi qu'une intervention proactive pour prévenir la dénutrition sévère et ses conséquences cliniques (53).

Concernant l'évolution pondérale, une différence de dynamique est apparue entre les groupes. Dans les groupes « avec RapidPlan », le poids des patient(e)s diminuait jusqu'à 3 mois, puis

remontait progressivement à 12 et 24 mois, alors qu'il continuait de décroître dans le groupe « sans RapidPlan ». Toutefois, le poids de forme initial n'était jamais retrouvé. La durée de suivi étant limitée à 24 mois, nous ne pouvons pas conclure sur l'évolution ultérieure. Néanmoins, selon Vainshtein et al. (54), l'apparition de nouveaux effets secondaires tardifs est très peu probable au-delà de 24 mois.

4. Impact de l'édentation sur la reprise alimentaire

Un autre facteur sous-estimé, mais potentiellement déterminant dans la reprise alimentaire post-radiothérapie, est l'édentation. Avant le début du traitement, les patient(e)s sont systématiquement adressés à un dentiste pour extractions des dents en mauvais état, afin de prévenir les complications graves telles que l'ostéoradionécrose. Ces interventions peuvent conduire à une édentation partielle ou totale. Malheureusement, dans notre étude, les dossiers ne renseignaient pas toujours ce paramètre de manière fiable, ce qui rend son évaluation précise difficile.

L'édentation compromet fortement la mastication, notamment pour les aliments solides, et pose un frein à la reprise d'une alimentation normale. En effet, des données montrent que les patient(e)s perdant plus de 10 dents pendant le traitement ORL sont davantage contraints à une alimentation mixée ou liquide, et ceux qui ne s'adaptent pas bien à leurs prothèses perdent davantage de poids (55). Par ailleurs, les patient(e)s édenté(e)s ne peuvent parfois pas porter de prothèse dentaire avant 6 mois après la fin de la radiothérapie, en raison des mucites radio-induits, de l'œdème ou encore du temps nécessaire à la fabrication des prothèses (56). Cette période d'édentation non compensée peut aggraver la dénutrition.

Dans notre département du Maine-et-Loire, ces enjeux sont amplifiés par une pénurie de dentistes, les délais d'accès aux soins dentaires prolongés, ainsi que le coût élevé des prothèses combiné à un faible remboursement, limitant l'accès à une réhabilitation prothétique

rapide. Cette conjonction de facteurs cliniques, organisationnels et socio-économiques contribue probablement, au-delà des seules toxicités liées à la radiothérapie, aux difficultés alimentaires persistantes observées chez nos patient(e)s.

5. Objectif secondaire : survies (globale et sans progression)

Les courbes de survie globale et de survie sans progression ne mettaient pas en évidence de différence significative entre les trois groupes. Ces résultats suggèrent que l'utilisation de RapidPlan, permet d'améliorer l'épargne dosimétrique des organes à risque, mais ne compromet pas l'efficacité oncologique. Ces observations rejoignent la littérature, où les approches d'optimisation inverse, telles que l'IMRT ou RapidPlan, ont montré leur capacité à réduire la toxicité, sans impact négatif sur le contrôle tumoral local ou régional (8).

6. Forces

Notre étude présente plusieurs atouts méthodologiques et cliniques. Tout d'abord, elle repose sur un recueil exhaustif incluant 145 patient(e)s pris en charge dans un même centre, garantissant une homogénéité des pratiques, tant en matière de délinéation et de planification que de soins de support et de suivi clinique. Cette cohorte, de taille conséquente pour une étude monocentrique en pathologie ORL, confère une robustesse supplémentaire à nos analyses.

Ensuite, nous avons choisi d'aller au-delà de la simple gradation des toxicités selon les classifications usuelles, en intégrant des critères objectifs et cliniquement pertinents tels que la perte de poids, le recours à une nutrition entérale et la texture de l'alimentation. Cette approche multimodale permet une évaluation plus fine du retentissement fonctionnel des traitements, et reflète mieux l'expérience vécue par les patient(e)s.

Un autre point fort réside dans la structuration temporelle de notre échantillon en trois périodes distinctes : avant RapidPlan, dans l'année suivant RapidPlan et plus d'un an après RapidPlan.

Cette organisation rend possible l'analyse de l'effet immédiat de l'implémentation du logiciel, mais aussi celui de la courbe d'apprentissage des équipes, souvent négligée dans les évaluations technologiques (57).

Enfin, le suivi jusqu'à 24 mois, avec des données disponibles à plusieurs points de temps (fin de traitement, 3, 12 et 24 mois), offre une vision dynamique de l'évolution des toxicités et du retentissement nutritionnel, là où certaines études se limitent à une analyse ponctuelle ou à un suivi plus court (58). Ce caractère longitudinal constitue un apport important pour comprendre la cinétique des effets secondaires et leur impact sur la qualité de vie.

7. Limites

Cette étude comporte plusieurs limites qu'il convient de souligner. Tout d'abord, il s'agit d'une analyse rétrospective, exposée aux biais classiques de sélection, d'information et de confusion. Les pratiques cliniques, bien qu'homogènes au sein de notre centre, ont pu évoluer au fil du temps, ce qui pourrait introduire un effet de période difficile à dissocier de l'effet propre de RapidPlan.

Ensuite, l'évaluation des troubles de la déglutition repose principalement sur l'observation clinique et l'appréciation médicale, sans recours systématique à des outils standardisés et validés, tels que les questionnaires de qualité de vie spécifiques (MDADI, EORTC QLQ-H&N35) (59) ou les explorations fonctionnelles objectives (FEES, vidéofluoroscopie, manométrie) (60). Cette approche subjective peut avoir conduit à une sous-détection ou une variabilité inter-observateur dans l'évaluation des toxicités.

De plus, notre analyse dosimétrique s'est concentrée sur certaines structures clés (MCP, larynx glottique et supra-glottique, glandes parotides), mais n'a pas intégré d'autres organes impliqués dans le processus complexe de la déglutition et de la salivation, tels que la base de langue, les muscles élévateurs du larynx, les glandes submandibulaires et sublinguales.

L'absence de ces données limite l'interprétation des relations dose-effet observées. Le développement récent d'outils de délimitation automatique basés sur l'intelligence artificielle (61) pourrait, à l'avenir, faciliter la prise en compte de ces structures additionnelles et permettre une analyse plus fine.

Par ailleurs, le suivi médian reste limité à 24 mois, ce qui ne permet pas d'évaluer pleinement les toxicités très tardives, notamment la dysphagie chronique ou l'ostéoradionécrose, qui peuvent survenir plusieurs années après la radiothérapie (62). Des études avec un suivi prolongé seraient nécessaires pour confirmer la durabilité des résultats.

Enfin, bien que notre cohorte soit de taille importante pour une étude monocentrique, elle reste limitée en termes de puissance statistique pour détecter des différences fines entre les groupes, en particulier pour les toxicités rares. Des analyses multicentriques ou des bases de données populationnelles permettraient de renforcer la généralisabilité de nos conclusions.

8. Ouverture et perspectives

L'évaluation de la déglutition dans les essais cliniques futurs devrait systématiquement intégrer des Patient-Reported Outcomes (PROMs) afin de mieux refléter l'expérience vécue par les patient(e)s. Par ailleurs, l'utilisation de scores fonctionnels validés, tels que le MDADI, l'EORTC QLQ-H&N35 (63) ou encore le SWAL-QOL (64), permettrait une appréciation plus fine des altérations fonctionnelles et de la qualité de vie.

L'intégration de RapidPlan dans des stratégies de radiothérapie adaptative offre une voie prometteuse pour ajuster les plans en temps réel selon les changements anatomiques (perte de poids, réduction tumorale), optimisant ainsi la préservation des organes à risque. Une revue récente souligne une baisse de la dose moyenne aux parotides (jusqu'à moins 6 Gy), une meilleure couverture tumorale et un possible bénéfice clinique sur la xérostomie et le contrôle

local (65,66). Des essais prospectifs montrent aussi une préservation du contrôle tumoral à 1 an tout en permettant un retour fonctionnel favorable (67).

Avec l'amélioration constante des thérapeutiques, et l'allongement de l'espérance de vie, la question de la ré-irradiation se pose de plus en plus. Dans ce contexte, la capacité de RapidPlan à délivrer une planification dosimétrique précise, tout en respectant les contraintes cumulatives des tissus déjà irradiés, représente une piste d'étude intéressante.

Il serait également pertinent de mener une analyse coût-bénéfice de RapidPlan, en évaluant son impact organisationnel (gain de temps pour les physiciens, standardisation inter-centres). Enfin, le développement de l'intelligence artificielle en radiothérapie ouvre des perspectives majeures. Des modèles de délinéation automatique basés sur le *deep learning* permettent de segmenter rapidement et de manière fiable de nombreux organes à risque de la région ORL, avec une réduction importante du temps de contouring par rapport à la modélisation manuelle (68,69). L'adoption de ces outils, combinés à RapidPlan, pourrait renforcer l'individualisation, la précision et la reproductibilité des plans de traitement.

BIBLIOGRAPHIE

1. Cancers ORL : « Prenons-les à la gorge ! » [Internet]. [cité 13 mai 2025]. Disponible sur: <https://www.gustaveroussy.fr/fr/cancers-ori-prenons-les-la-gorge>
2. Billa O. Amélioration de la prise en charge des patients atteints de cancer de la tête et du cou. 2022.
3. calameo.com [Internet]. [cité 13 mai 2025]. Panorama des cancers en France - édition 2024. Disponible sur: <https://www.calameo.com/institut-national-du-cancer/read/00775960820cf9418d7c3>
4. Hartwig S, St Guily JL, Dominiak-Felden G, Alemany L, de Sanjosé S. Estimation of the overall burden of cancers, precancerous lesions, and genital warts attributable to 9-valent HPV vaccine types in women and men in Europe. *Infect Agent Cancer*. 11 avr 2017;12:19.
5. Upadhyay PS, Kumar P, Chauhan AK, Kumar P, Nigam J, S N. Comparison of Dosimetric Parameters in Dysphagia Aspiration-Related Structures and Clinical Correlation in Head and Neck Cancer Patients Treated With Radiotherapy. *Cureus*. juill 2022;14(7):e26765.
6. Hutchison AR, Wishart LR, Brown B, Ward EC, Hargrave C, Brown E, et al. Exploring the Interplay Between Radiotherapy Dose and Physiological Changes in the Swallowing Mechanism in Patients Undergoing (Chemo)radiotherapy for Oropharynx Cancer. *Dysphagia*. juin 2022;37(3):567-77.
7. Waldron J, Tin MM, Keller A, Lum C, Japp B, Sellmann S, et al. Limitation of conventional two dimensional radiation therapy planning in nasopharyngeal carcinoma. *Radiother Oncol J Eur Soc Ther Radiol Oncol*. août 2003;68(2):153-61.
8. van der Veen J, Nuyts S. Can Intensity-Modulated-Radiotherapy Reduce Toxicity in Head and Neck Squamous Cell Carcinoma? *Cancers*. 6 oct 2017;9(10):135.
9. Pow EHN, Kwong DLW, McMillan AS, Wong MCM, Sham JST, Leung LHT, et al. Xerostomia and quality of life after intensity-modulated radiotherapy vs. conventional radiotherapy for early-stage nasopharyngeal carcinoma: Initial report on a randomized controlled clinical trial. *Int J Radiat Oncol*. 15 nov 2006;66(4):981-91.
10. Tai DT, Oanh LT, Phuong PH, Sulieman A, Abolaban FA, Omer H, et al. Dosimetric and radiobiological comparison in head-and-neck radiotherapy using JO-IMRT and 3D-CRT. *Saudi J Biol Sci*. 1 août 2022;29(8):103336.
11. Boda-Heggemann J, Lohr F, Wenz F, Flentje M, Guckenberger M. kV cone-beam CT-based IGRT: a clinical review. *Strahlenther Onkol Organ Dtsch Rontgengesellschaft Al*. mai 2011;187(5):284-91.
12. Pütz M, Wenz F. Current strategies in radiotherapy of head and neck cancer. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. 20 déc 2012;11:Doc02.
13. Logemann JA, Larsen K. Oropharyngeal dysphagia: pathophysiology and diagnosis for the anniversary issue of Diseases of the Esophagus. *Dis Esophagus*. 1 mai 2012;25(4):299-304.

14. Denaro N, Merlano MC, Russi EG. Dysphagia in Head and Neck Cancer Patients: Pretreatment Evaluation, Predictive Factors, and Assessment during Radio-Chemotherapy, Recommendations. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. sept 2013;6(3):117-26.
15. Common Terminology Criteria for Adverse Events (CTCAE).
16. Roe JWG, Drinnan MJ, Carding PN, Harrington KJ, Nutting CM. Patient-reported outcomes following parotid-sparing intensity-modulated radiotherapy for head and neck cancer. How important is dysphagia? *Oral Oncol*. 1 déc 2014;50(12):1182-7.
17. Logemann JA, Pauloski BR, Rademaker AW, Lazarus CL, Gaziano J, Stachowiak L, et al. Swallowing disorders in the first year after radiation and chemoradiation. *Head Neck*. févr 2008;30(2):148-58.
18. Pauloski BR, Rademaker AW, Logemann JA, Lundy D, Bernstein M, McBreen C, et al. RELATION OF MUCOUS MEMBRANE ALTERATIONS TO ORAL INTAKE DURING THE FIRST YEAR AFTER TREATMENT FOR HEAD AND NECK CANCER. *Head Neck*. juin 2011;33(6):774-9.
19. Rademaker AW, Vonesh EF, Logemann JA, Pauloski BR, Liu D, Lazarus CL, et al. Eating ability in head and neck cancer patients after treatment with chemoradiation: a 12-month follow-up study accounting for dropout. *Head Neck*. déc 2003;25(12):1034-41.
20. Wall LR, Ward EC, Cartmill B, Hill AJ. Physiological Changes to the Swallowing Mechanism Following (Chemo)radiotherapy for Head and Neck Cancer: A Systematic Review. *Dysphagia*. 1 déc 2013;28(4):481-93.
21. A. H. Late Radiation-Associated Dysphagia (RAD) in Head and Neck Cancer Survivors. *Perspect Swallowing Swallowing Disord Dysphagia*. 1 juin 2013;22:61.
22. Jensen K, Lambertsen K, Grau C. Late swallowing dysfunction and dysphagia after radiotherapy for pharynx cancer: Frequency, intensity and correlation with dose and volume parameters. *Radiother Oncol*. 1 oct 2007;85(1):74-82.
23. Schwartz DL, Hutcheson K, Barringer D, Tucker SL, Kies M, Holsinger FC, et al. Candidate dosimetric predictors of long-term swallowing dysfunction after oropharyngeal intensity-modulated radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1 déc 2010;78(5):1356-65.
24. Langendijk JA, Doornaert P, Verdonck-de Leeuw IM, Leemans CR, Aaronson NK, Slotman BJ. Impact of late treatment-related toxicity on quality of life among patients with head and neck cancer treated with radiotherapy. *J Clin Oncol Off J Am Soc Clin Oncol*. 1 août 2008;26(22):3770-6.
25. Szczesniak MM, Maclean J, Zhang T, Graham PH, Cook IJ. Persistent Dysphagia after Head and Neck Radiotherapy: A Common and Under-reported Complication with Significant Effect on Non-cancer-related Mortality. *Clin Oncol*. 1 nov 2014;26(11):697-703.
26. Eisbruch A, Schwartz M, Rasch C, Vineberg K, Damen E, Van As CJ, et al. Dysphagia and aspiration after chemoradiotherapy for head-and-neck cancer: which anatomic structures are affected and can they be spared by IMRT? *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1 déc 2004;60(5):1425-39.

27. Noël G, Antoni D. Organs at risk radiation dose constraints. *Cancer/Radiothérapie*. 1 févr 2022;26(1):59-75.
28. Haute Autorité de Santé [Internet]. [cité 3 juin 2025]. Diagnostic de la dénutrition de l'enfant et de l'adulte. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/p_3118872/fr/diagnostic-de-la-denuitrition-de-l-enfant-et-de-l-adulte
29. Nutting C, Finneran L, Roe J, Sydenham MA, Beasley M, Bhide S, et al. Dysphagia-optimised intensity-modulated radiotherapy versus standard intensity-modulated radiotherapy in patients with head and neck cancer (DARS): a phase 3, multicentre, randomised, controlled trial. *Lancet Oncol*. août 2023;24(8):868-80.
30. Ripamonti C, Zecca E, Brunelli C, Fulfaro F, Villa S, Balzarini A, et al. A randomized, controlled clinical trial to evaluate the effects of zinc sulfate on cancer patients with taste alterations caused by head and neck irradiation. *Cancer*. 1998;82(10):1938-45.
31. Negi P, Kingsley PA, Thomas M, Sachdeva J, Srivastava H, Kalra B. Pattern of Gustatory Impairment and its Recovery after Head and Neck Irradiation. *Iran J Otorhinolaryngol*. nov 2017;29(95):319-27.
32. Maes A, Huygh I, Weltens C, Vandeveld G, Delaere P, Evers G, et al. De Gustibus: time scale of loss and recovery of tastes caused by radiotherapy. *Radiother Oncol*. 1 mai 2002;63(2):195-201.
33. Chen WC, Hsu CM, Tsai YT, Lin MH, Tsai MS, Chang GH, et al. Prospective Evaluation of Taste Function in Patients With Head and Neck Cancer Receiving Intensity-Modulated Radiotherapy. *JAMA Otolaryngol-- Head Neck Surg*. 1 juill 2022;148(7):604-11.
34. Epstein JB, Barasch A. Taste disorders in cancer patients: Pathogenesis, and approach to assessment and management. *Oral Oncol*. 1 févr 2010;46(2):77-81.
35. Proctor GB. The physiology of salivary secretion. *Periodontol* 2000. févr 2016;70(1):11-25.
36. Sommat K, Hussain A, Ong WS, Yit NLF, Khoo JBK, Soong YL, et al. Clinical and dosimetric predictors of physician and patient reported xerostomia following intensity modulated radiotherapy for nasopharyngeal cancer - A prospective cohort analysis. *Radiother Oncol J Eur Soc Ther Radiol Oncol*. sept 2019;138:149-57.
37. Tzikas A, Lavdas E, Kehagias D, Amdur R, Mendenhall W, Sheets N, et al. NTCP modelling of xerostomia after radiotherapy for oropharyngeal cancer using the PRO-CTCAE and CTCAE scoring systems at different time-points post-RT. *Phys Medica PM Int J Devoted Appl Phys Med Biol Off J Ital Assoc Biomed Phys AIFB*. déc 2023;116:103169.
38. Lin A, Helgeson ES, Treister NS, Schmidt BL, Patton LL, Elting LS, et al. The impact of head and neck radiotherapy on salivary flow and quality of life: Results of the ORARAD study. *Oral Oncol*. avr 2022;127:105783.
39. Baudelet M, Van den Steen L, Tomassen P, Bonte K, Deron P, Huvenne W, et al. Very late xerostomia, dysphagia, and neck fibrosis after head and neck radiotherapy. *Head Neck*. 2019;41(10):3594-603.

40. Kraus-Tiefenbacher U, Bauer L, Scheda A, Fleckenstein K, Keller A, Herskind C, et al. Long-term toxicity of an intraoperative radiotherapy boost using low energy X-rays during breast-conserving surgery. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1 oct 2006;66(2):377-81.
41. Gupta T, Agarwal J, Jain S, Phurailatpam R, Kannan S, Ghosh-Laskar S, et al. Three-dimensional conformal radiotherapy (3D-CRT) versus intensity modulated radiation therapy (IMRT) in squamous cell carcinoma of the head and neck: a randomized controlled trial. *Radiother Oncol J Eur Soc Ther Radiol Oncol.* sept 2012;104(3):343-8.
42. Nutting CM, Morden JP, Harrington KJ, Urbano TG, Bhide SA, Clark C, et al. Parotid-sparing intensity modulated versus conventional radiotherapy in head and neck cancer (PARSPORT): a phase 3 multicentre randomised controlled trial. *Lancet Oncol.* févr 2011;12(2):127-36.
43. Dirix P, Abbeel S, Vanstraelen B, Hermans R, Nuyts S. Dysphagia After Chemoradiotherapy for Head-and-Neck Squamous Cell Carcinoma: Dose-Effect Relationships for the Swallowing Structures. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1 oct 2009;75(2):385-92.
44. Nguyen NP, Frank C, Moltz CC, Vos P, Smith HJ, Bhamidipati PV, et al. Aspiration rate following chemoradiation for head and neck cancer: An underreported occurrence. *Radiother Oncol.* 1 sept 2006;80(3):302-6.
45. Langerman A, Maccracken E, Kasza K, Haraf DJ, Vokes EE, Stenson KM. Aspiration in chemoradiated patients with head and neck cancer. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* déc 2007;133(12):1289-95.
46. Patterson JM, McColl E, Carding PN, Wilson JA. Swallowing beyond six years post (chemo)radiotherapy for head and neck cancer; a cohort study. *Oral Oncol.* août 2018;83:53-8.
47. Kallambettu V, Bae Y, Carrau R. Velopharyngeal Function Post Head and Neck Cancer: A Review. *Ear Nose Throat J.* 1 sept 2024;103(9):NP567-77.
48. Debnam JM. Imaging of the Head and Neck following Radiation Treatment. *Pathol Res Int.* 11 mai 2011;2011:607820.
49. Jham BC, da Silva Freire AR. Oral complications of radiotherapy in the head and neck. *Braz J Otorhinolaryngol.* 19 oct 2015;72(5):704-8.
50. Gupta T, Maheshwari G, Gudi S, Chatterjee A, Phurailatpam R, Prabhash K, et al. Radiation necrosis of the bone, cartilage or cervical soft-tissues following definitive high-precision radio(chemo)therapy for head-neck cancer: an uncommon and under-reported phenomenon. *J Laryngol Otol.* mai 2022;136(5):447-53.
51. Culié D, Schiappa R, Pace-Loscos T, Guelfucci B, Vergez S, Garrel R, et al. Enteral Nutrition during Radiotherapy for Oropharyngeal Cancers: Prevalence and Prognostic Factors Based on HPV Status (A GETTEC Study). *J Clin Med.* 28 avr 2023;12(9):3169.
52. Paccagnella A, Morello M, Da Mosto MC, Baruffi C, Marcon ML, Gava A, et al. Early nutritional intervention improves treatment tolerance and outcomes in head and neck cancer

- patients undergoing concurrent chemoradiotherapy. *Support Care Cancer Off J Multinatl Assoc Support Care Cancer*. juill 2010;18(7):837-45.
53. Talwar B, Donnelly R, Skelly R, Donaldson M. Nutritional management in head and neck cancer: United Kingdom National Multidisciplinary Guidelines. *J Laryngol Otol*. mai 2016;130(S2):S32-40.
 54. Vainshtein JM, Moon DH, Feng FY, Chepeha DB, Eisbruch A, Stenmark MH. Long-Term Quality of Life After Swallowing and Salivary sparing Chemo-IMRT in survivors of HPV-related Oropharyngeal Cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1 avr 2015;91(5):925-33.
 55. Gellrich NC, Handschel J, Holtmann H, Krüskemper G. Oral Cancer Malnutrition Impacts Weight and Quality of Life. *Nutrients*. avr 2015;7(4):2145-60.
 56. Jager-Wittenaar H, Dijkstra PU, Vissink A, van Oort RP, van der Laan BFAM, Roodenburg JLN. Malnutrition in patients treated for oral or oropharyngeal cancer—prevalence and relationship with oral symptoms: an explorative study. *Support Care Cancer*. 2011;19(10):1675-83.
 57. Ramsay CR, Wallace SA, Garthwaite PH, Monk AF, Russell IT, Grant AM. Assessing the learning curve effect in health technologies. Lessons from the nonclinical literature. *Int J Technol Assess Health Care*. 2002;18(1):1-10.
 58. Löser A, Grohmann M, Finger A, Greinert F, Krause L, Molwitz I, et al. Impact of dosimetric factors on long-term percutaneous enteral gastrostomy (PEG) tube dependence in head and neck cancer patients after (chemo)radiotherapy—results from a prospective randomized trial. *Strahlenther Onkol*. 2022;198(11):1016-24.
 59. Yee K, Wong SM, Teo I, Loy J, Roche E, Tan YP, et al. Validity and reliability of the MD Anderson dysphagia inventory in English and Chinese in head and neck cancer patients. *Asia Pac J Clin Oncol*. déc 2020;16(6):372-9.
 60. Florie M, Baijens L, Kremer B, Kross K, Lacko M, Verhees F, et al. Relationship between swallow-specific quality of life and fiber-optic endoscopic evaluation of swallowing findings in patients with head and neck cancer. *Head Neck*. avr 2016;38 Suppl 1:E1848-1856.
 61. Soomro MH, Nourzadeh H, Alves VGL, Choi W, Siebers JV. OARnet: Automated organs-at-risk delineation in Head and Neck CT images [Internet]. arXiv; 2021 [cité 19 août 2025]. Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/2108.13987>
 62. Dong Y, Ridge JA, Li T, Lango MN, Churilla TM, Bauman JR, et al. Long-term toxicities in 10-year survivors of radiation treatment for head and neck cancer. *Oral Oncol*. août 2017;71:122-8.
 63. Bjordal K, Hammerlid E, Ahlner-Elmqvist M, de Graeff A, Boysen M, Evensen JF, et al. Quality of life in head and neck cancer patients: validation of the European Organization for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire-H&N35. *J Clin Oncol Off J Am Soc Clin Oncol*. mars 1999;17(3):1008-19.
 64. Rinkel RN, Verdonck-de Leeuw IM, Langendijk JA, van Reij EJ, Aaronson NK, Leemans CR. The psychometric and clinical validity of the SWAL-QOL questionnaire in evaluating

swallowing problems experienced by patients with oral and oropharyngeal cancer. *Oral Oncol.* août 2009;45(8):e67-71.

65. Surucu M, Shah KK, Roeske JC, Choi M, Small W, Emami B. Adaptive Radiotherapy for Head and Neck Cancer. *Technol Cancer Res Treat.* avr 2017;16(2):218-23.
66. Castelli J, Simon A, Lafond C, Perichon N, Rigaud B, Chajon E, et al. Adaptive radiotherapy for head and neck cancer. *Acta Oncol Stockh Swed.* oct 2018;57(10):1284-92.
67. Schwartz DL, Garden AS, Thomas J, Chen Y, Zhang Y, Lewin J, et al. Adaptive radiotherapy for head-and-neck cancer: initial clinical outcomes from a prospective trial. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1 juill 2012;83(3):986-93.
68. Urago Y, Okamoto H, Kaneda T, Murakami N, Kashihara T, Takemori M, et al. Evaluation of auto-segmentation accuracy of cloud-based artificial intelligence and atlas-based models. *Radiat Oncol.* 9 sept 2021;16(1):175.
69. D'Aviero A, Re A, Catucci F, Piccari D, Votta C, Piro D, et al. Clinical Validation of a Deep-Learning Segmentation Software in Head and Neck: An Early Analysis in a Developing Radiation Oncology Center. *Int J Environ Res Public Health.* 25 juill 2022;19(15):9057.

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Sites anatomiques des cancers de la tête et du cou (2)..... | 7 |
| Figure 2 : Repères anatomiques identifiés sur le film du simulateur latéral (A) pour produire des modèles anatomiques sans (B) et avec (C) les paramètres du champ de traitement (7) . | 8 |
| Figure 3 : Comparatif des distributions de doses entre radiothérapie conformationnelle en trois dimensions (RC3D) à gauche, et radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI) à droite (10)..... | 9 |
| Figure 4 : Assemblage type d'un accélérateur linéaire avec tomodynamométrie à faisceau conique. a-b – unité fonctionnant avec un rayonnement MV (Mégavolt, unité de traitement). C-D – unité fonctionnant avec un rayonnement kV (Kilovolt, pour obtenir une image scanner). P – table mobile pour le positionnement du patient avec outil de fixation de la tête. a – source de rayonnement MV, b – convertisseur d'image MV numérique pour vérifier la position du patient par rapport au faisceau de traitement, C – générateur de rayons X kV, D – convertisseur d'image kV pour acquérir les données scanner (12) | 10 |
| Figure 5 : Exemple d'un système type pour l'IGRT). Le faisceau conique de couleur verte (position actuelle, immédiatement avant l'irradiation) est aligné manuellement ou automatiquement avec le faisceau de planification de couleur violette (position cible). Le mouvement nécessaire du patient est indiqué en centimètres en bas à droite (12) | 11 |
| Figure 6 : Diagramme de flux de la sélection des patient(e)s..... | 14 |
| Figure 7 : Cavité buccale - Coupe axiale..... | 16 |
| Figure 8 : Dose moyenne (en Gy) reçue par les MCP, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 26 |
| Figure 9 : Dose moyenne (en Gy) reçue par les MCP, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » | 26 |

| | |
|--|----|
| Figure 10 : Dose moyenne (en Gy) reçue par les « MCP moins PTV », en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 27 |
| Figure 11 : Dose moyenne (en Gy) reçue par les MCP, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » | 27 |
| Figure 12 : Dose maximale (en Gy) reçue par la moelle épinière, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée..... | 28 |
| Figure 13 : Evolution de la dysgueusie au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 34 |
| Figure 14 : Evolution de la xérostomie au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 35 |
| Figure 15 : Evolution de la dysphagie au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 36 |
| Figure 16 : Evolution des fausses routes au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 37 |
| Figure 17 : Evolution de l'insuffisance vélaire au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée..... | 38 |
| Figure 18 : Evolution des nécroses au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 39 |
| Figure 19 : Evolution de la texture de l'alimentation au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 40 |
| Figure 20 : Evolution du recours à la nutrition entérale au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 41 |
| Figure 21 : Evolution du poids au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée (intervalles de confiance à 95%)..... | 42 |
| Figure 22 : Probabilité de survie globale (Kaplan-Meier) au cours du suivi | 44 |

| | |
|--|----|
| Figure 23 : Probabilité de survie globale au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 44 |
| Figure 24 : Probabilité de survie globale au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » | 45 |
| Figure 25 : Probabilité de survie sans progression (Kaplan-Meier) au cours du suivi..... | 45 |
| Figure 26 : Probabilité de survie sans progression au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 46 |
| Figure 27 : Probabilité de survie sans progression au cours du suivi, en fonction de l'utilisation de « RapidPlan ORL » | 46 |
| Figure 28 : Hypopharynx - Coupes sagittale (à gauche) et axiale (à droite) | 55 |
| Figure 29 : Cavité buccale - Coupes sagittale (à gauche) et axiale (à droite)..... | 56 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau I : Caractéristiques des patient(e)s lors de la consultation initiale | 20 |
| Tableau II : Caractéristiques des lésions cancéreuses lors de la consultation initiale | 21 |
| Tableau III : Description des doses et volumes relatifs au traitement par radiothérapie, en fonction de l'utilisation de l'outil « RapidPlan ORL » et de la période concernée | 22 |
| Tableau IV : Description des doses et volumes relatifs au traitement par radiothérapie, en fonction de l'utilisation de l'outil « RapidPlan ORL » | 24 |
| Tableau V : Traitements d'induction et concomitant..... | 29 |
| Tableau VI : Poids, alimentation et toxicités post-radiques en fin de traitement..... | 30 |
| Tableau VII : Poids, alimentation et toxicités post-radiques, 3 mois après la fin de la radiothérapie..... | 31 |
| Tableau VIII : Poids, alimentation et toxicités post-radiques, 12 mois après la fin de la radiothérapie..... | 32 |
| Tableau IX : Poids, alimentation et toxicités post-radiques, 24 mois après la fin de la radiothérapie..... | 33 |
| Tableau X : Facteurs associés à la dose moyenne reçue par les MCP : analyse univariante par régression linéaire..... | 47 |
| Tableau XI : Facteurs associés à la dose moyenne reçue par les MCP : analyse multivariante par régression linéaire | 48 |
| Tableau XII : Facteurs associés à la dose moyenne reçue par les MCP moins PTV : analyse univariante par régression linéaire | 49 |
| Tableau XIII : Facteurs associés à la dose moyenne reçue par les MCP moins PTV : analyse multivariante par régression linéaire | 50 |
| Tableau XIV : Facteurs associés à l'utilisation d'une sonde d'alimentation en fin de traitement : régression logistique univariante | 52 |

| | |
|--|----|
| Tableau XV : Facteurs associés à l'utilisation d'une sonde d'alimentation en fin de traitement : | |
| régression logistique multivariable | 53 |

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| SERMENT D'HIPPOCRATE..... | D |
| RESUME..... | 6 |
| INTRODUCTION | 7 |
| 1. Epidémiologie et facteurs de risque..... | 7 |
| 2. Traitements..... | 8 |
| 3. Evolution des techniques de radiothérapie et enjeux dosimétriques | 8 |
| 4. Physiologie de la déglutition..... | 11 |
| 5. Troubles de la déglutition post-radiques | 12 |
| 6. Problématique et hypothèses | 13 |
| MÉTHODES | 14 |
| 1. Design | 14 |
| 2. Sélection des patient(e)s (Figure 6)..... | 14 |
| 3. Volumes traités et doses reçues (Figure 7)..... | 16 |
| 4. Critères d'évaluation | 17 |
| 5. Analyses statistiques | 18 |
| RÉSULTATS | 19 |
| 1. Analyses descriptives..... | 19 |
| 2. Les effets secondaires post-radiques et leur évolution au cours du temps . | 30 |
| 3. Texture de l'alimentation, recours à une nutrition entérale et évolution pondérale au cours du suivi..... | 40 |
| 4. Survie globale et survie sans progression | 44 |
| 5. Facteurs influençant la dose moyenne reçue par les MCP | 47 |
| 6. Facteurs influençant la dose moyenne reçue par les MCP moins PTV..... | 49 |
| 7. Facteurs influençant l'utilisation d'une nutrition entérale en fin de traitement | 51 |
| DISCUSSION ET CONCLUSION | 54 |
| 1. Objectif principal : impact dosimétrique de l'outil RapidPlan | 54 |
| 2. Objectifs secondaires : doses reçues par les autres OAR | 56 |
| 3. Retentissement clinique : toxicités et nutrition | 57 |
| 3.1. Dysgueusie..... | 57 |
| 3.2. Xérostomie | 58 |
| 3.3. Dysphagie | 59 |
| 3.4. Fausses routes..... | 59 |
| 3.5. Insuffisance vélaire | 60 |
| 3.6. Nécrose..... | 60 |
| 3.7. Texture alimentaire, poids et nutrition entérale | 61 |
| 4. Impact de l'édentation sur la reprise alimentaire..... | 63 |
| 5. Objectif secondaire : survies (globale et sans progression)..... | 64 |
| 6. Forces..... | 64 |

| | | |
|----|---------------------------------|-----------|
| 7. | Limites | 65 |
| 8. | Ouverture et perspectives..... | 66 |
| | BIBLIOGRAPHIE..... | 68 |
| | LISTE DES FIGURES | 74 |
| | LISTE DES TABLEAUX..... | 77 |
| | TABLE DES MATIERES | 79 |

Evaluation de l'impact d'un logiciel de planimétrie basée sur l'expérience, sur la dose aux constricteurs du pharynx et sur les troubles de la déglutition chez les patients atteints d'un cancer ORL traité par radiothérapie

RÉSUMÉ

Introduction

Les cancers des voies aérodigestives supérieures (VADS) représentent un enjeu majeur de santé publique, et leur traitement repose souvent sur la radiothérapie. Malgré les progrès techniques, les troubles de la déglutition radio-induits demeurent fréquents, liés notamment à l'irradiation des muscles constricteurs du pharynx (MCP). En avril 2021, l'Institut de Cancérologie de l'Ouest a mis en place l'outil de planimétrie automatisée « RapidPlan ORL ». L'objectif de cette étude était d'évaluer son impact sur la dose reçue par les MCP et sur les troubles alimentaires post-radiques.

Méthodes

L'étude ASPIRATION est une cohorte rétrospective monocentrique incluant 145 patient(e)s traité(e)s par radiothérapie avec ou sans traitement systémique concomitant. Trois périodes ont été définies : avant RapidPlan, dans l'année suivant son implémentation, et plus d'un an après. Le critère d'évaluation principal était la dose moyenne reçue par les MCP. Les critères secondaires incluaient les troubles de la déglutition post-radiques, le recours à la nutrition entérale, l'évolution du poids, la couverture tumorale, les doses aux autres organes à risque, et les survies globale et sans progression.

Résultats

La dose moyenne aux MCP était inférieure dans les groupes « avec RapidPlan » par rapport au groupe « sans RapidPlan », avec des valeurs médianes inférieures aux recommandations RECORAD. Toutefois, après ajustement sur la localisation, le stade et le volume tumoral, l'association n'était pas significative. Les volumes cibles restaient correctement couverts (D95% comparable entre groupes). Sur le plan clinique, le poids moyen continuait de chuter au-delà de 3 mois dans le groupe « sans RapidPlan », tandis qu'il remontait dans les groupes « avec RapidPlan ». La survie globale à 24 mois était de 78 %, sans différence entre groupes.

Conclusion

RapidPlan semble contribuer à une meilleure épargne dosimétrique des MCP, sans compromettre la couverture tumorale ni la survie. L'impact fonctionnel reste cependant limité, probablement en raison de facteurs cliniques et organisationnels concomitants. Ces résultats soulignent l'importance d'associer optimisation technique, suivi nutritionnel et réhabilitation précoce afin de limiter les séquelles post-radiques.

Mots-clés : radiothérapie, cancer ORL, RapidPlan, muscles constricteurs du pharynx, dysphagie.

Assessing the impact of Pharyngeal constrictor dose in knowledge-based planning Radiotherapy for dysphagia management in head and neck cancer patients (ASPIRATION)

ABSTRACT

Introduction

Head and neck cancers (HNC) represent a major public health issue, and radiotherapy remains a cornerstone of their management. Despite technical advances, radiation-induced swallowing disorders are frequent, mainly related to pharyngeal constrictor muscle (PCM) irradiation. In April 2021, the West Oncology Institute implemented the automated planning tool "RapidPlan HNC". The aim of this study was to assess its impact on PCM dose and swallowing-related outcomes.

Methods

ASPIRATION is a retrospective monocentric cohort including 145 patients treated with radiotherapy, with or without concomitant systemic therapy. Three periods were defined: before RapidPlan, within the first year after its implementation, and more than one year later. The primary endpoint was mean PCM dose. Secondary endpoints included swallowing disorders, enteral feeding, weight loss, target coverage, dose to other organs at risk, overall survival (OS) and progression-free survival (PFS).

Results

Mean PCM dose was lower in the "with RapidPlan" groups compared with the "without RapidPlan" group, with median values below RECORAD recommendations. However, after adjustment for tumor site, stage, and volume, the association was not statistically significant. Target coverage remained adequate (similar D95% across groups). Clinically, mean weight continued to decline beyond 3 months in the "without RapidPlan" group, whereas it improved in the "with RapidPlan" groups. At 24 months, OS was 78%, with no difference between groups.

Conclusion

RapidPlan appears to contribute to improved dosimetric sparing of the PCM, without compromising target coverage or survival. However, the functional impact remains limited, likely due to concomitant clinical and organizational factors. These findings highlight the importance of combining technical optimization with systematic nutritional support and early rehabilitation to minimize long-term sequelae.

Keywords: radiotherapy, head and neck cancer, RapidPlan, pharyngeal constrictor muscles, dysphagia.