

Table des matières

Table des matières	17
Liste des tableaux.....	19
Liste des figures.....	20
Glossaire	21
INTRODUCTION	22
PARTIE I : la chirurgie thoracique appliquée aux cancers pulmonaires primitifs.....	23
Contexte	23
1. Rappels anatomiques	23
1.1 Le thorax.....	23
1.2 Les poumons	24
1.3 La plèvre	25
2. Les cancers pulmonaires	26
2.1 Les types de cancers pulmonaires.....	26
2.2 La classification tumorale.....	27
3. Les facteurs prédictifs des risques péri-opératoires	29
3.1 Le score ASA	29
3.2 L'index IPAL	29
4. Les complications	30
5. Les voies d'abord de la chirurgie d'exérèse pulmonaire.....	31
5.1 La thoracotomie	32
5.2 Les VATS	32
5.3 La chirurgie robotique	33
6. Les techniques chirurgicales appliquées au CHU de Rouen.....	38
6.1 La VATS.....	38
6.2 La RATS	38
7. La courbe d'apprentissage	39
8. Les coûts médico-économiques	40
PARTIE II : Etude de l'impact de la robotique dans la prise en charge des lobectomies de cancers pulmonaires	42
Objectif	42
Matériel et Méthodes	42
1. Type d'étude	42
2. Recueil des données.....	43

3. Estimation des coûts de prise en charge.....	45
3.1 Méthodologie	45
3.2 Analyse statistique	47
Résultats.....	49
1. Patients inclus	49
2. Caractéristiques générales des patients et des interventions	50
2.1 Données démographiques	50
2.2 Interventions réalisées	52
3. Caractéristiques des exérèses	53
3.1 Indications des exérèses	53
3.2 Classification TNM des exérèses	54
4. Résultats péri-opératoires.....	55
5. Complications.....	56
6. Suivi post-opératoire.....	57
7. Coûts associés	59
7.1 GHM des patients de l'étude et GHS associés	59
7.2 Coûts associés à chaque GHM d'après l'ENC 2019	59
7.3 Coûts variables	61
7.4 Répartition des coûts moyens par technique chirurgicale	64
7.5 Le coût global pour l'établissement	66
Discussion.....	67
Conclusion	76
Bibliographie	77

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des stades de cancers bronchopulmonaires	28
Tableau 2 : Classification du score ASA.....	29
Tableau 3 : Index IPAL et risques de bullage associés.....	29
Tableau 4 : Classification selon Clavien-Dindo des complications chirurgicales.....	30
Tableau 5 : Données démographiques des patients inclus dans l'étude	50
Tableau 6 : Localisation des exérèses par technique chirurgicale	52
Tableau 7 : Opérateurs par technique	52
Tableau 8 : Indications des exérèses par technique chirurgicale.....	53
Tableau 9 : Classification pTNM des cancers en fonction des techniques chirurgicales	54
Tableau 10 : Résultats péri-opératoires.....	55
Tableau 11 : Complications per- et post-opératoires	56
Tableau 12 : Principaux motifs de réhospitalisations à 3 mois de l'intervention	57
Tableau 13 : Décès à 3 mois post-opératoires	58
Tableau 14 : GHM et GHS des patients inclus.....	59
Tableau 15 : Coûts moyens nationaux associés à chaque GHM d'après l'ENC 2019	60
Tableau 16 : Coûts médians des DM utilisés pour les lobectomies d'après Gondé <i>et al.</i>	61
Tableau 17 : Nombre de chargeurs utilisés lors des interventions et coûts associés.....	62
Tableau 18 : Coûts liés à l'amortissement.....	63
Tableau 19 : Détail des coûts par technique chirurgicale	65
Tableau 20 : Analyse principale des coûts totaux de prise en charge	66
Tableau 21 : Analyses de sensibilité des coûts totaux de prise en charge	66

Liste des figures

Figure 1 : Schéma d'une vue antérieure du thorax.....	23
Figure 2 : Schéma des lobes pulmonaires	25
Figure 3 : Exemple de reconstruction 3D	33
Figure 4 : Utilisation du robot da Vinci®	34
Figure 5 : Poignées de commande	35
Figure 6 : Chariot patient du robot da Vinci®	35
Figure 7 : Optiques et caméras	36
Figure 8 : Interventions réalisées entre 2016 et 2018 au CHU de Rouen	49
Figure 9 : Codage du GHM 04C02	59
Figure 10 : Répartition des coûts des RATS.....	64
Figure 11 : Répartition des coûts des VATS.....	64

Glossaire

ASA :	American Society of Anesthesiologists
ATIH :	Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation
CA :	Courbe d'Apprentissage
CBNPC :	Cancers Bronchiques Non à Petites Cellules
CBP :	Cancer Bronchopulmonaire
CBPC :	Cancers Bronchiques à Petites Cellules
CD :	Charges Directes
CMD :	Catégories Majeures de Diagnostic
DC :	Dépenses Cliniques
DIM :	Département de l'Information Médicale
DLCO :	Capacité de Diffusion du Monoxyde de Carbone
DMR :	Dispositifs Médicaux Réutilisables
DMS :	Durée Moyenne de Séjour
DS :	Durée de Séjour
ENC :	Etude Nationale de Coûts
EPITHOR [®] :	Epidémiologie en Chirurgie Thoracique
FDA :	Food and Drug Administration
GHM :	Groupes Homogènes de Malades
GHS :	Groupes Homogènes de Séjours
IMC :	Indice de Masse Corporelle
IPAL :	Index of Prolonged Air Leak
LGG :	Logistique et Gestion Générale
LM :	Logistique Médicale
MT :	Médico-Techniques
ORL :	Otorhinolaryngologie
PUI :	Pharmacie à Usage Intérieur
RATS :	Robot-Assisted Thoracic Surgery
Réa :	Réanimation
S :	Structure
SC :	Soins Continus
SI :	Soins Intensifs
T2A :	Tarification A l'Activité
TNM :	Tumor Nodes Metastasis
VATS :	Video-Assisted Thoracic Surgery
VEMS :	Volume Expiratoire Maximal par Seconde

INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, la chirurgie mini-invasive n'a cessé de se développer et s'est peu à peu imposée dans différentes spécialités chirurgicales, notamment en chirurgie thoracique pour la prise en charge de patients atteints de cancers bronchopulmonaires.

Les avancées technologiques et techniques ont permis l'essor de la chirurgie vidéo-assistée dans les années 1990, puis celui de la chirurgie robot-assistée à partir des années 2000. Ces différentes techniques chirurgicales ont des buts communs comme la volonté de sécuriser la prise en charge du patient et de diminuer les risques liés à l'exérèse, qu'ils soient péri-opératoires ou post-opératoires.

La lobectomie demeure de nos jours le traitement chirurgical de référence dans la prise en charge des patients atteints de cancers bronchiques et est entièrement réalisable par voie robot-assistée.

Parallèlement aux avantages apportés par l'assistance robotique en chirurgie, la question de son coût en milieu hospitalier se pose dans la mesure où le prix d'achat du robot, des consommables associés ou encore le prix de maintenance représentent un obstacle à son développement.

Ce travail se propose d'évaluer l'impact médico-économique à trois mois des chirurgies vidéothoroscopique et robotique dans les lobectomies de cancers pulmonaires primitifs.

PARTIE I : La chirurgie thoracique appliquée aux cancers pulmonaires primitifs

Contexte

1. Rappels anatomiques

1.1 Le thorax

Le thorax est situé entre le cou et l'abdomen dont il est séparé par le diaphragme. Il constitue la partie supérieure du tronc et est délimité en arrière par 12 vertèbres thoraciques elles-mêmes rattachées latéralement à 12 paires de côtes. Ces dernières s'articulent autour du sternum qui constitue la partie antérieure de la cage thoracique. Le thorax est la zone abritant notamment le cœur, l'œsophage, la trachée, ainsi que les poumons (Figure 1).

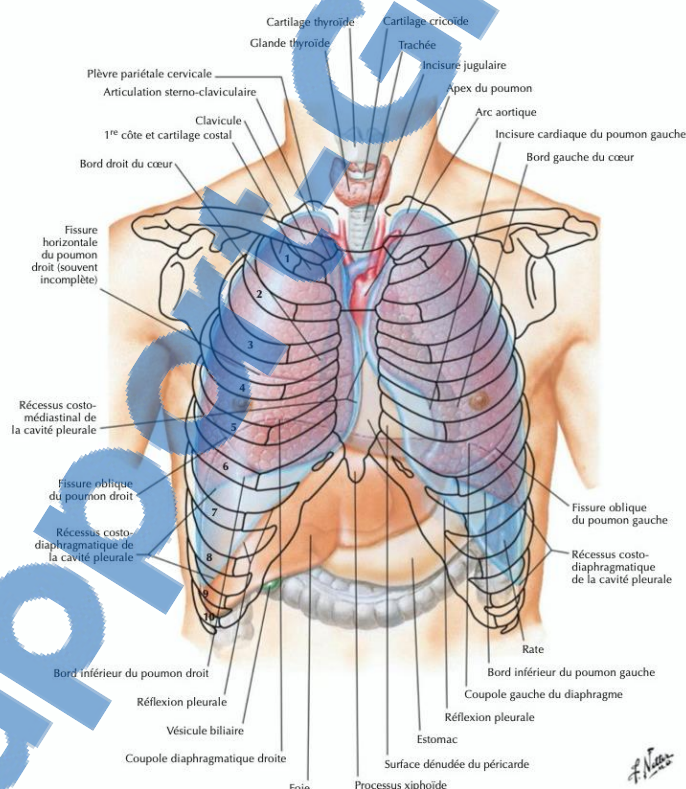


Figure 1 : Schéma d'une vue antérieure du thorax
(D'après le Netter, 7^{ème} Edition)

1.2 Les poumons

Les poumons sont les organes permettant la respiration en éliminant le gaz carbonique pour transmettre l'oxygène dans le sang. L'air inspiré pénètre par la trachée et s'introduit dans les 2 bronches souches droite et gauche (dites de 1^{ère} génération) qui se subdivisent en bronches lobaires (2^{ème} génération), puis en bronches segmentaires (3^{ème} génération) et sous-segmentaires (4^{ème} génération) toujours plus petites jusqu'aux bronchioles, débouchant dans les alvéoles (27^{ème} génération).

Cette structure trachéale permet de comprendre aisément la structure anatomique des poumons : ceux-ci sont divisés en lobes par des scissures, eux-mêmes à leurs tours subdivisés en segments.

Les deux poumons ne sont pas identiques : le poumon droit, plus large que le gauche du fait de la présence du cœur, présente trois lobes séparés par deux scissures tandis que le poumon gauche ne possède que deux lobes et une scissure (Figure 2).

On retrouve donc sur le poumon droit :

- Le lobe supérieur droit divisé en 3 segments : apical, ventral et dorsal.
- Le lobe moyen divisé en 2 segments : latéral et médial.
- Le lobe inférieur droit divisé en 5 segments : apical (aussi nommé segment de Fowler ou segment de Nelson), interne (ou segment paracardiaque), antérieur (ventrobasal), latérobasal, postérieur (terminobasal). Ces derniers constituent la pyramide basale.

Le poumon gauche quant à lui se sépare en 2 lobes :

- Le lobe supérieur gauche comprend 4 segments : le segment apico-postérieur et l'antérieur formant le culmen (segments supérieurs) ainsi que la lingula formée par les segments linguaires supérieur et inférieur.
- Le lobe inférieur gauche se divise en 5 segments identiques au poumon droit.

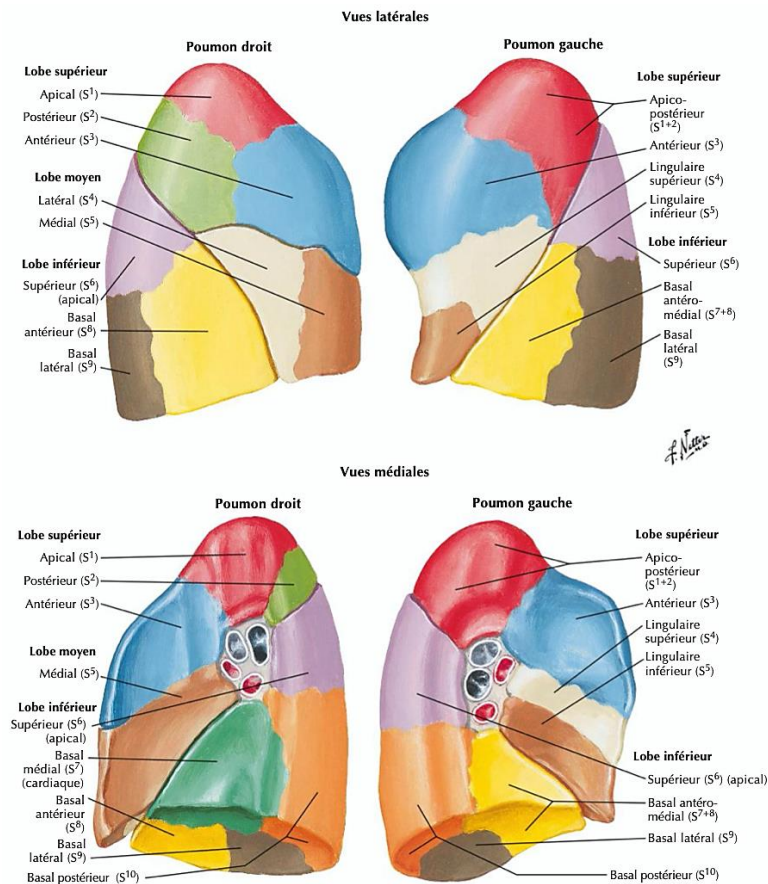


Figure 2 : Schéma des lobes pulmonaires
(D'après le Netter, 7^{ème} Edition)

1.3 La plèvre

La plèvre est une membrane séreuse à deux feuillets : on distingue la plèvre pariétale située contre la paroi thoracique, de la plèvre viscérale, accolée aux poumons. Ces deux feuillets délimitent la cavité pleurale qui est physiologiquement vide. A l'inverse, il peut arriver qu'on y retrouve dans certaines situations pathologiques de l'air (il s'agit d'un pneumothorax) ou du liquide (hémithorax par exemple dans le cadre d'un épanchement de sang). Cette perte partielle de vacuité au niveau de la cavité pleurale entraîne un collapsus des poumons qui ne peuvent plus s'étirer normalement, diminuant ainsi la capacité respiratoire.

2. Les cancers pulmonaires

2.1 Les types de cancers pulmonaires

Le cancer du poumon, aussi appelé cancer bronchopulmonaire (CBP) ou cancer bronchique, est dû à la multiplication anarchique des cellules de l'épithélium bronchique jusqu'à former un amas de cellules tumorales. Le CBP renvoie à un ensemble hétérogène de tumeurs en termes de localisation, de caractéristiques, d'histologie et d'évolution.

Il existe deux types de cancers pulmonaires primitifs classés en types et sous-types en fonction des caractéristiques histologiques de la tumeur :

- Les cancers bronchiques à petites cellules (CBPC) représentent environ 15% des cancers du poumon et constituent une urgence thérapeutique du fait de leur haut pouvoir métastatique et leur croissance extrêmement rapide.
- Les cancers bronchiques non à petites cellules (CBNPC) représentent quant à eux 85% des cancers bronchiques et regroupent, en fonction de différents critères anatomopathologiques, les adénocarcinomes, les carcinomes épidermoïdes et les carcinomes à grandes cellules. Les cancers épidermoïdes se développent dans les grosses bronches dans la partie centrale du poumon contrairement aux cancers non épidermoïdes qui se concentrent en périphérie du poumon (1,2).

Le cancer pulmonaire se place au 4^{ème} rang des cancers en France, tous sexes confondus. En France, environ 45 000 nouveaux cas de cancers pulmonaires sont découverts chaque année (67% d'hommes et 33% de femmes) avec un âge médian au moment du diagnostic de 67 ans chez l'homme et 65 ans chez la femme. Les décès en 2018 ont été estimés au nombre de 33 117 décès (22 761 hommes et 10 356 femmes). Alors qu'entre 1990 et 2018, le taux d'incidence de ce type de cancer a diminué de 0,3 % par an en moyenne chez l'homme, il a au contraire augmenté chez la femme de 5,3 % par an en moyenne.

Cette disparité se retrouve également dans l'évolution du taux de mortalité pour cette même période : - 1,2 % par an en moyenne chez l'homme et + 3,5 % par an en moyenne chez la femme. Ceci s'explique en grande partie par l'augmentation de la consommation de tabac par les femmes ; cette dernière étant en effet le premier facteur de risque du cancer du poumon (cause de 8 cancers bronchopulmonaires sur 10). La survie moyenne à 5 ans est d'environ 17% et de 10% au bout de 10 ans, quel que soit le sexe.

2.2 La classification tumorale

Le diagnostic de certitude du cancer bronchique repose sur l'examen anatomopathologique de la tumeur et/ou des adénopathies associées. Ce bilan évalue l'extension de la tumeur aux organes voisins ainsi que l'existence d'éventuelles métastases à distance. Il s'agit donc d'établir une classification du stade de la tumeur notée « TNM » de la tumeur (Tableau 1) :

- T (tumeur) représente la taille et l'extension loco-régionale de la tumeur,
- N (node = ganglion en anglais) représente l'extension ganglionnaire de la tumeur,
- M (métastase) représente l'extension à distance de la tumeur.

On distingue le cTNM (stade déterminé par l'examen clinique) correspondant à l'extension clinique pré-opératoire, du pTNM (stade déterminé par l'examen anatomo-pathologique) qui correspond à l'extension anatomopathologique établie en post-opératoire après que l'échantillon tumoral ait été analysé.

Ainsi, une tumeur est classée T1 quand sa taille est inférieure à 3 cm (allant de T1a à T1c), T2 lorsqu'elle est comprise entre 3 et 5 cm (de T2a à T2b), T3 quand la taille se situe entre 5 et 7 cm et enfin T4 quand la tumeur est supérieure à 7 cm.

L'envahissement ganglionnaire est évalué quant à lui de la façon suivante : N0 correspond à l'absence d'atteinte ganglionnaire, N1 signifie que les ganglions péribronchiques et/ou hilaires homolatéraux sont atteints, une lésion N2 indique que les ganglions médiastinaux homolatéraux et/ou aux ganglions sous-carénaires sont touchés par la tumeur. Enfin le stade N3 correspond à l'atteinte des ganglions médiastinaux controlatéraux et/ou aux ganglions sus-claviculaires, homo et controlatéraux. Pour finir, une tumeur est dite M0 quand aucune métastase n'est retrouvée à distance de la lésion primitive. M1a signifie que des métastases ont été retrouvées au niveau de la plèvre, du péricarde ou dans un lobe controlatéral, M1b indique la présence d'une métastase unique extra-thoracique à l'inverse du stade M1c impliquant la présence de métastases multiples extra-thoraciques. Cette classification de la tumeur, permettant de répertorier les cancers bronchiques en 4 stades différents allant de I à IV, fournit ainsi des renseignements sur le pronostic vital de la maladie mais également sur les thérapeutiques qui en découlent (3)

Tableau 1 : Classification des stades de cancers bronchopulmonaires
(D'après le Collège des Enseignants de Pneumologie – 2017 (3))

Stade	T	N	M
0	Tis (<i>in situ</i>)	N0	M0
IA1	T1a		
IA2	T1b		
IA3	T1c		
IB	T2a		
IIA	T2b		
IIB	T1a-c	N1	
	T2a-b		
	T3	N0	
IIIA	T1a-c	N2	
	T2a-b		
	T3	N1	
	T4	N0-1	
IIIB	T1a-c	N3	
	T2a-b		
	T3-T4	N2	
IIIC	T3-T4	N3	
IVA	Tout T	Tout N	M1a-b
IVB			M1c

3. Les facteurs prédictifs des risques péri-opératoires

3.1 Le score ASA

Le score ASA a été mis en place par la société américaine des anesthésistes (ASA : *American Society of Anesthesiologists*) afin de qualifier l'état de santé pré-opératoire d'un patient et d'en évaluer le risque anesthésique (Tableau 2).

Tableau 2 : Classification du score ASA

Classification ASA	Définition
ASA 1	Patient normal en bonne santé
ASA 2	Patient avec une anomalie systémique modérée
ASA 3	Patient avec une anomalie systémique sévère
ASA 4	Patient avec une anomalie systémique sévère représentant une menace vitale constante
ASA 5	Patient moribond dont la survie est improbable sans l'intervention
ASA 6	Patient déclaré en état de mort cérébrale dont on prélève les organes pour greffe

3.2 L'index IPAL

L'index IPAL (*Index of Prolonged Air Leak*) a été décrit en 2010 à partir de plus de 30 000 exérèses pulmonaires partielles issues de la base de données EPITHOR® de la Société Française de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire (SFCTCV). Il permet de prédire le risque de bullage prolongé en post-opératoire à partir du sexe, l'IMC, la présence ou non d'une dyspnée ainsi que le type et la localisation de l'exérèse pulmonaire (Tableau 3)

Tableau 3 : Index IPAL et risques de bullage associés

IPAL	Niveau de risque de bullage prolongé
< 3 %	Risque très faible
3 – 4,9 %	Risque faible
5 – 6,9 %	Risque modéré
7 – 10 %	Haut risque
> 10 %	Très haut risque

4. Les complications

Plusieurs complications peuvent survenir pendant ou après la chirurgie. D'une façon générale, les complications post-opératoires sont classiquement classées selon Clavien-Dindo (Tableau 4) (4).

Les conversions correspondent au passage d'une voie d'abord à une autre en cours de procédure chirurgicale, en urgence ou non. Il s'agit notamment du passage d'une voie d'abord mini-invasive à une chirurgie ouverte (thoracotomie). Il ne s'agit cependant pas toujours d'une complication, le chirurgien pouvant choisir en cours d'intervention d'adapter la technique opératoire.

Les reprises chirurgicales (Complication de grade III) correspondent à un nouveau passage au bloc opératoire pour diverses raisons (bullage prolongé, atélectasie, hernie pulmonaire, etc.) lors de l'hospitalisation qui suit l'intervention chirurgicale.

Tableau 4 : Classification selon Clavien-Dindo des complications chirurgicales

Grade	Définition
Complications mineures	
Grade I	Tout évènement post-opératoire indésirable ne nécessitant pas de traitement médical, chirurgical, endoscopique ou radiologique
Grade II	Complication nécessitant un traitement médical n'étant pas autorisé dans le grade I
Complications majeures	
Grade III	Complication nécessitant un traitement chirurgical, endoscopique ou radiologique
IIIa	Sans anesthésie générale
IIIb	Sous anesthésie générale
Grade IV	Complication engageant le pronostic vital et nécessitant des soins intensifs
IVa	Défaillance d'un organe
IVb	Défaillance multi-viscérale
Grade V	Décès

5. Les voies d'abord de la chirurgie d'exérèse pulmonaire

L'exérèse pulmonaire consiste en l'ablation d'une partie ou de la totalité du poumon. Il est ainsi possible de réaliser l'exérèse d'un segment de lobe pulmonaire (appelée « segmentectomie » si le segment retiré correspond à un segment anatomique, ou « wedge » si l'exérèse ne suit pas la division anatomique), un lobe entier (lobectomie) ou encore le poumon complet (pneumonectomie). L'étendue de l'exérèse dépend de plusieurs paramètres tels que l'atteinte des ganglions lymphatiques, la taille de la tumeur mais également des caractéristiques du patient (comorbidités, réserve fonctionnelle respiratoire, âge, *etc.*).

La première lobectomie a eu lieu dans les années 1930, lançant ainsi la chirurgie du poumon avec par la suite les premières lobectomies et segmentectomies dans les années 1940 et 1950 (5). La chirurgie broncho-pulmonaire n'a eu de cesse de se perfectionner avec l'introduction de matériel toujours plus performant permettant d'améliorer l'acte chirurgical et donc la prise en charge des patients.

Actuellement, la lobectomie demeure le traitement chirurgical de référence dans la prise en charge des CBNPC de stades I et II, c'est-à-dire peu avancés (6,7). Ainsi, cette technique chirurgicale représente 60 à 70% des résections pulmonaires réalisées dans les services de chirurgie thoracique en permettant une bonne épargne parenchymateuse (6).

Ces différentes opérations peuvent être réalisées « à thorax ouvert » par thoracotomie ou au contraire à thorax fermé par chirurgie dite mini-invasive, permettant de préserver le thorax du patient en évitant l'incision thoracique. La chirurgie mini-invasive peut être « robot-assistée » (aussi appelée RATS : *robot-assisted thoracic surgery*) ou vidéo-assistée (VATS : *video-assisted thoracic surgery*). Le choix de recours à une technique opératoire plutôt qu'à une autre se fait en fonction de l'état général du patient, de l'indication du traitement chirurgical, des moyens mis à disposition pour réaliser la chirurgie mais également de l'expérience du chirurgien.

5.1 La thoracotomie

Longtemps utilisée comme seule voie d'abord en chirurgie pulmonaire, la thoracotomie postéro-latérale permet un accès direct aux éléments intrathoraciques grâce notamment à un écartement intercostal. Cependant, cette technique est dite « traumatique » avec des douleurs post-opératoires non négligeables et des suites opératoires souvent plus compliquées. Elle a donc été progressivement remplacée par la chirurgie mini-invasive à partir des années 1990 (8).

5.2 Les VATS

Dans les années 1990, la réalisation de la première lobectomie vidéo-assistée a permis l'essor de cette technique chirurgicale (9). En raison de ses avantages, la chirurgie mini-invasive s'est peu à peu imposée dans la prise en charge des patients atteints de cancers bronchopulmonaires au détriment de la thoracotomie.

En effet, par rapport à la thoracotomie postéro-latérale, la vidéothoracoscopie ne requiert que trois incisions pour l'introduction de trocars dans lesquels sont insérés la caméra endoscopique, permettant ainsi une visualisation en 2 dimensions (2D) des tissus et des pièces anatomiques à réséquer, et divers instruments nécessaires à la chirurgie. L'absence d'ouverture de la paroi thoracique et d'incision du muscle grand dorsal comptent parmi les avantages à court et moyen terme des VATS : diminution des complications et des douleurs post-opératoires, réduction de la durée d'hospitalisation et de la mortalité (10–13). Ainsi, Veronesi *et al.* ont mis en évidence une durée d'hospitalisation médiane plus courte pour les lobectomies vidéo-assistée par rapport aux thoracotomies (4,5 jours Vs 6 jours, $p = 0,002$) (14).

Cependant, malgré ces nombreux avantages, la VATS peine à s'imposer auprès de l'ensemble des chirurgiens thoraciques. Ceci s'explique par des difficultés liées à la maniabilité limitée des instruments (4 degrés de liberté) et à la vision en 2D limitant la perception de profondeur du champ opératoire (15,16).

5.3 La chirurgie robotique

Afin de s'affranchir des difficultés inhérentes à la VATS, la chirurgie robot-assistée s'est développée à partir des années 2000. Contrairement à la VATS, elle propose en effet une vision tridimensionnelle (3D) du champ opératoire, offrant une vue en profondeur et permettant au chirurgien de retrouver la sensation de la chirurgie ouverte. Cette vision très précise rend possible des actes de dissection méticuleux grâce notamment au Tile Pro System® (Figure 3), permettant la visualisation d'images tridimensionnelles des différentes structures bronchiques et du champ opératoire (17).

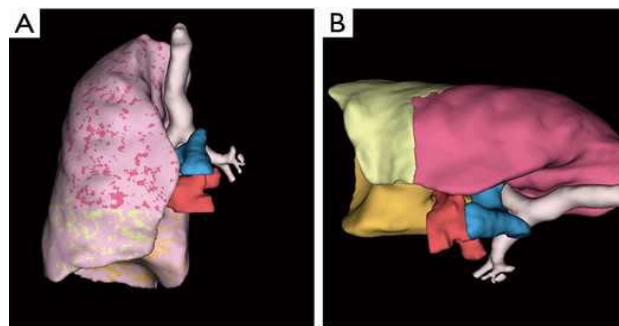


Figure 3 : Exemple de reconstruction 3D
(Tumeur du lobe supérieur droit : (A) Vue frontale de la reconstruction 3D ;
(B) Reconstruction 3D en décubitus latéral (positionnement opératoire
D'après Le Moal Jet al. 2018 (17))

D'autre part, la coordination main-œil est optimisée et la maniabilité des instruments est facilitée grâce aux 7 degrés de liberté associés à chaque instrument à l'instar du poignet humain, avec une rotation à 90° augmentant ainsi la précision du geste chirurgical dans l'espace. Le robot offre également au chirurgien une bonne ergonomie de travail, ses bras étant soutenus tout au long de la chirurgie, limitant ainsi la fatigue (15). Les tremblements physiologiques du geste sont filtrés par les instruments du robot, ajoutant de la précision au geste.

Les robots da Vinci® correspondent à des systèmes dits « passifs », c'est-à-dire qu'ils n'ont aucune autonomie et dépendent entièrement du chirurgien pour la réalisation de l'acte chirurgical, contrairement aux systèmes actifs ou semi-actifs.

Après validation par la FDA (Food and Drug Administration), les robots da Vinci[®], développés par le laboratoire Intuitive Surgical, ont été utilisés au fil des ans dans de nombreux domaines chirurgicaux tels que la gynécologie, l'urologie, la chirurgie thoracique ou encore dans le cadre d'interventions chirurgicales oto-rhino-laryngologiques. Ils correspondent aujourd'hui aux robots chirurgicaux les plus représentés au monde. Depuis vingt ans, plusieurs générations de robots da Vinci[®] se sont succédé, allant du robot da Vinci[®] standard commercialisé en 2003 aux robots da Vinci[®] X et Xi de quatrième génération en 2014, offrant différents avantages avec une recherche d'excellence toujours plus poussée. Le robot da Vinci[®] se compose d'une console de commande pilotée à distance par le chirurgien à l'aide de deux poignées (Figures 4 et 5) qui retransmettent les mouvements des doigts et des mains en temps réel aux effecteurs, c'est-à-dire aux instruments. La console comprend également une pédale permettant de déclencher l'électrocoagulation et de gérer l'image 3D du champ opératoire retransmise en haute définition au chirurgien.

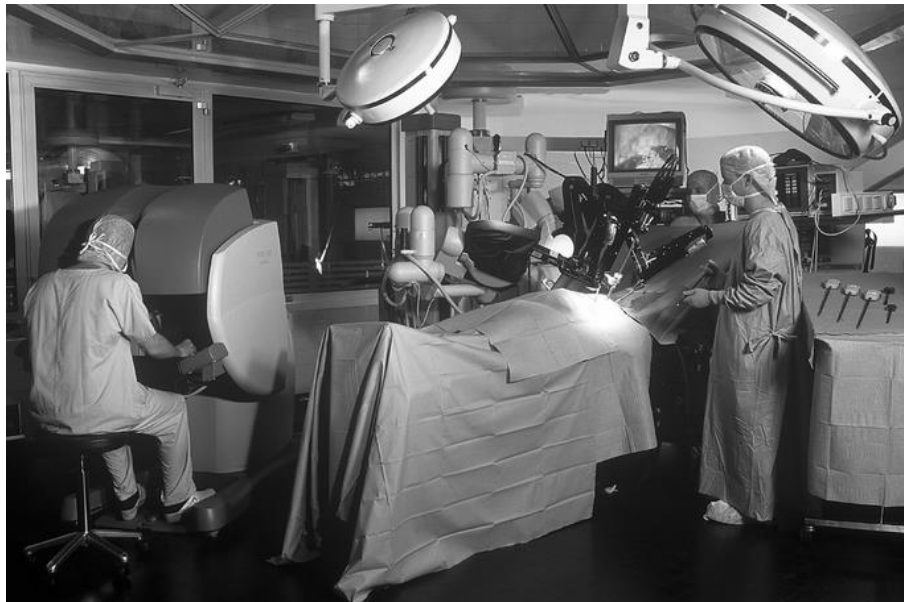


Figure 4 : Utilisation du robot da Vinci[®]
(D'après da Vinci[®] system set up. Courtesy of Intuitive Surgical Inc., Mountain View, CA)



Figure 5 : Poignées de commande
(D'après D.B Camarillo, 2004, (18))

Les instruments ont plusieurs fonctions afin de répondre au mieux aux besoins du chirurgien : suture, dissection et coagulation. Chaque instrument possède un nombre d'utilisations défini qui est détecté par le robot lors de son positionnement sur les bras robotisés. Lors de l'intervention, le patient se trouve sur la table d'opération en dessous du chariot patient (Figure 6). Ce dernier se compose des bras porte-instruments (3 ou 4 en fonction des modèles de robots) ainsi que d'un optique qui transmet l'image en haute définition.



Figure 6 : Chariot patient du robot da Vinci®

L'optique se compose d'un endoscope binoculaire introduit dans le patient grâce à un trocart et rattaché à une caméra fixée sur un bras robotisé (Figure 7). Les diamètres et les angulations varient en fonction des modèles des robots (8 ou 12 mm et 0° ou 30°).



Figure 7 : Optiques et caméras

Cependant, les robots demeurent des structures massives nécessitant un aménagement spécifique des blocs opératoires, réduisant ainsi considérablement l'espace dans la salle d'opération. Le temps d'installation de la salle semble être plus long en chirurgie robotique qu'en chirurgie vidéo-assistée ou chirurgie ouverte du fait du positionnement des trocars au-dessus du patient ou encore du « champage », étape au cours de laquelle le robot et les bras de celui-ci sont recouverts de housses stériles avant l'intervention. Il apparaît cependant que ce temps d'installation peut être réduit avec l'expérience de l'équipe médicale et paramédicale (19).

L'absence de retour de force constitue également un inconvénient non négligeable à l'utilisation du robot en chirurgie. En effet, le chirurgien n'a plus la notion de résistance lorsqu'il rentre en contact avec les tissus à disséquer et, bien que ce phénomène puisse s'appréhender avec l'expérience, le problème demeure pour les instruments hors champs.

Enfin, l'inconvénient majeur du robot reste son coût élevé (20). Son prix d'achat varie entre 1 000 000 euros et 2 000 000 euros en fonction des modèles, auquel il faut ajouter le prix de maintenance égal à 10% du prix d'achat par an. De plus, le prix d'achat pour les instruments Endowrist® est de l'ordre de 2 000 à 3 000 euros avec un nombre d'utilisations limité (10 à 20 utilisations). Les trocars, les housses stériles pour le champage ou encore les optiques sont autant de matériel à acheter et à renouveler, participant aux frais liés à l'utilisation du robot. L'agrafage lors de l'opération est assuré par un chargeur d'une valeur de 500 euros utilisant des recharges (de l'ordre de 150 euros chacune).

Différentes études ont montré que le recours à la RATS entraînait un surcoût par rapport à la VATS ou à la thoracotomie. Sawnsen *et al.* ont comparé 15 502 patients ayant bénéficié d'une chirurgie du poumon par RATS ou VATS et ont identifié que le coût moyen d'une lobectomie vidéo-assistée était de 20 476 dollars contre 25 040 dollars pour une lobectomie robot-assistée ($p=0,0001$) (21). Kaur *et al.* ont identifié un coût hospitalier médian total par patient de 15 247 dollars pour les RATS et de 12 131 dollars pour les VATS (soit une différence de 3116 dollars, $p < 0,001$) avec comme facteur principal d'augmentation des coûts une durée d'intervention plus longue dans le groupe RATS (19).

Kneuert PJ *et al.* ont quant à eux, démontré qu'il n'y avait pas de différence entre les coûts directs et indirects des trois techniques différentes (17 223 dollars pour les RATS contre 17 260 dollars pour les VATS et 18 075 dollars pour les thoracotomies) (22). Cette dernière étude a également observé que la durée de séjour était plus courte pour les VATS et RATS que pour les thoracotomies. D'autres données comme le taux de réhospitalisation et les complications post-opératoires sont autant de paramètres à prendre en compte lors de l'évaluation du coût associé à une technique. La RATS apparaît comme la technique de choix pour diminuer les durées de drainage ou encore d'hospitalisation et améliorer la récupération précoce des fonctions pulmonaires (14,23,24). Ces différences sont également dépendantes de la maîtrise de la technique par le chirurgien et par l'équipe médicale et paramédicale.

6. Les techniques chirurgicales appliquées au CHU de Rouen

6.1 La VATS

Au CHU de Rouen, les VATS ont été réalisées de la façon suivante : une incision de 4 à 5 cm dans le 4^{ème} ou 5^{ème} espace intercostal était réalisée au bistouri électrique suivie de l'application d'un protecteur de paroi (Alexis wound protector®, Applied Medical). Cette incision permettait notamment le retrait de la pièce opératoire en fin d'opération. Deux autres incisions étaient réalisées afin d'introduire d'une part un trocart antérieur de 10 mm pour la caméra optique et d'autre part un trocart postérieur de 11,5 mm pour les instruments. Un système d'électrocoagulation et de fusion tissulaire permettait de disséquer tandis que les éléments bronchovasculaires étaient ensuite divisés par agrafage.

6.2 La RATS

Les RATS ont été réalisées selon la technique des trois bras décrite par Dylewski *et al.* : 3 trocarts réutilisables de 12 mm, 5 mm et 8.5 mm (pour la caméra et les instruments respectivement) étaient utilisés, associés à un trocart à usage-unique placé dans le 9-10^{ème} espace intercostal afin d'introduire les dispositifs d'aspiration et d'agrafage, mais également afin de retirer en fin d'intervention les éléments bronchovasculaires (25). Une insufflation de CO₂ était faite (569 mm Hg) afin d'améliorer la dissection qui était réalisée grâce à une pince Endowrist® bipolaire (Maryland bipolar forceps) et une à préhension (Thoracic grasper, préhenseur fenêtré). Un assistant (interne ou chef de clinique) réalisait l'agrafage des éléments bronchovasculaires sectionnés.

L'utilisation du 4^{ème} bras du robot n'a été effective qu'à partir du milieu d'année 2018.

7. La courbe d'apprentissage

La courbe d'apprentissage (CA), ou « learning curve », est définie comme la période d'apprentissage d'une nouvelle technique avec une amélioration des performances dans le temps, notamment grâce à la familiarisation avec le processus et la répétition des gestes. Elle s'évalue en fonction de l'analyse de plusieurs données. Ainsi, une étude a montré qu'en prenant en compte la durée opératoire, la mortalité et le confort du chirurgien, la CA des lobectomies réalisées à l'aide du robot était différente et semblait être de 18 ± 3 procédures (26).

Une autre étude annonce qu'environ 20 lobectomies seraient suffisantes pour un chirurgien expérimenté afin que la diminution de la durée opératoire ou encore du taux de conversion ne soient observés (27,28). La CA des lobectomies par VATS, évaluée à 50 opérations chirurgicales semble, quant à elle, être plus élevée qu'avec le robot (29). Cela peut s'expliquer par le fait que le chirurgien réalise d'abord de nombreuses VATS avant de réaliser des RATS.

La CA est donc un paramètre à prendre également en compte lors de l'évaluation des coûts médico-économiques d'une technique chirurgicale dans la mesure où elle influence les paramètres péri et post-opératoires de celle-ci.

8. Les coûts médico-économiques

Depuis 2004, les établissements de santé sont rémunérés en fonction de la tarification à l'activité (ou T2A) c'est-à-dire en fonction de leur activité effective. Pour cela, des groupes homogènes de malades (GHM), sont établis. Ces derniers correspondent à des groupes de patients rassemblant les mêmes caractéristiques médicales et économiques. Les GHM sont identifiés par un code alphanumérique à quatre niveaux :

- Le premier niveau correspond aux catégories majeures de diagnostic (CMD) déterminant la localisation anatomique de la pathologie.
- Le second niveau est en relation avec les actes qui déterminent la classification du séjour dans un GHM.
- Le troisième niveau correspond au numéro de la pathologie principale.
- Le dernier niveau indique le grade de sévérité (qui est lui aussi classé de 1 à 4) de la prise en charge en fonction des comorbidités du patient et des complications qui sont survenues lors du séjour hospitalier.

Les coûts de prise en charge des établissements sont estimés par la méthode de l'ENC (Etude Nationale de Coûts) menée par l'Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation (ATIH) sous la tutelle du Ministère de la Santé. Les ENC, menées une fois par an, ont pour but d'estimer les coûts moyens de prise en charge des GHM et d'en produire par la suite un référentiel. Les différentes activités d'un même séjour sont dissociées à partir de méthodes de comptabilité analytique :

- Dépenses cliniques (comprenant les dépenses de soins intensifs, soins continus, dépenses de réanimation et les dépenses d'autres que les trois cités précédemment)
- Dépenses médicotechniques (dépenses totales d'anesthésie, de bloc opératoire, de laboratoire, d'imagerie et autres : dialyse, SMUR, etc.)

- Logistique et gestion générale (blanchisserie, restauration, entretien et maintenance, services administratifs, *etc.*)
- Logistique médicale (pharmacie, stérilisation, génie biomédical, hygiène et vigilance)
- Charges directes (spécialités pharmaceutiques et DMI facturables en sus et non en sus, sous-traitance, rémunération à l'acte du personnel, honoraire à l'acte des PH)
- Structure (financier et immobilier).

L'intégralité des coûts hospitaliers est donc évaluée via l'ENC et des GHS (groupes homogènes de séjours) sont établis par correspondance avec les différents GHM.

PARTIE II : Etude de l'impact de la robotique dans la prise en charge des lobectomies de cancers pulmonaires

Objectif

Cette étude a pour objectif de comparer les coûts de prise en charge à moyen terme des lobectomies de cancers pulmonaires primitifs par RATS et VATS.

Matériel et Méthodes

1. Type d'étude

Une étude observationnelle, rétrospective et monocentrique a été conduite dans l'unité de chirurgie thoracique du CHU de Rouen. Les lobectomies réalisées sous VATS et RATS de janvier 2016 à décembre 2018 par les différents chirurgiens du service de chirurgie thoracique du CHU de Rouen ont été incluses. Les autres types d'interventions (wedge, segmentectomies, pneumonectomies) ainsi que les thoracotomies ont été exclus de l'étude. De même, seule l'indication de cancers primitifs a été sélectionnée, les autres motifs de lobectomies (cancer secondaire, aspergillose *etc.*) ayant été exclus.

2. Recueil des données

Différentes données concernant les patients inclus ont été recueillies de manière prospective par le chirurgien puis contrôlées par un data manager dans la base de données épidémiologique nationale en chirurgie thoracique EPITHOR®. Il s'agissait des données démographiques (âge, sexe, poids, taille, indice de masse corporelle (IMC), Volume expiratoire maximal par seconde (VEMS), Capacité de Diffusion du Monoxyde de Carbone (DLCO), les scores ASA et IPAL, administration d'un traitement pré-opératoire par chimiothérapie, présence de comorbidités) mais aussi des données relatives à l'intervention (date d'entrée en hospitalisation de chirurgie thoracique, date et type d'intervention, voie d'abord, localisation du cancer, identité du chirurgien, conversions et reprises au bloc, présence de complications classées selon Clavien-Dindo). D'autres informations sur les paramètres des lésions (classifications cTNM/pTNM) ont également été extraites de cette base de données.

Ce recueil a été complété rétrospectivement par l'analyse des dossiers informatisés à l'aide du logiciel CDP2 (CPage Dossier Patient 2, Centres d'Etude des Systèmes d'Information Hospitaliers de Bourgogne, version 7.7.2) afin de recueillir des informations sur la durée de drainage et la durée de séjour, les complications péri - opératoires ou encore les motifs de réhospitalisations, de consultations et de décès des patients à trois mois post-opératoires.

Les comptes-rendus d'anatomopathologie informatisés extraits du logiciel CDP2 contenaient des informations sur les paramètres des lésions (taille et histologie) ainsi que des ganglions réséqués. Une extraction du Département de l'Information Médicale (DIM) a permis de collecter des données sur le séjour en chirurgie thoracique (date d'entrée et de sortie avec les passages en réanimation/soins intensifs/soins continus, durée de séjour totale, mode de sortie du patient, GHM et GHS associés à chaque séjour).

Les séjours antérieurs à l'entrée en chirurgie thoracique ont été exclus. Des informations sur les réhospitalisations (tous services confondus) ont également été analysées à partir de cette extraction (service concerné, durée de séjour) avec un codage associé à chaque motif de réhospitalisation afin de différencier les réhospitalisations liées à la chirurgie (emphysème, infection respiratoire, *etc.*) de celles liées au suivi des patients (cure de chimiothérapie, *etc.*). Enfin, les fiches de traçabilité de bloc ont permis de prendre connaissance du nombre et du type des dispositifs médicaux utilisés en post-opératoire ainsi que du temps d'occupation de salle (heure d'entrée au bloc, heure d'incision et de sortie de salle).

3. Estimation des coûts de prise en charge

3.1 Méthodologie

Les coûts de prise en charge de l'établissement ont été estimés à partir de la méthode de l'ENC réajustée, c'est-à-dire en associant les coûts moyens nationaux (extraits à partir du référentiel annuel de l'ATIH disponible sur www.scansante.fr) aux coûts propres du CHU mesurés pendant l'étude. Ainsi, pour chaque séjour, le coût d'hospitalisation est décomposé en coûts fixes ventilés à la journée d'hospitalisation et en coûts variables (non ventilés à la durée de séjour). L'addition de ces deux types de coûts fixes et variables permet d'obtenir le coût total de prise en charge (30).

Les coûts fixes ventilés à la durée de séjour correspondent aux « Dépenses cliniques » (DC), « Logistique et gestion générale » (LGG), « Logistique médicale » (LM) et « Structure » (S). Les DC totales sont la somme des DC hors réanimation, soins continus et soins intensifs (notées $DC_{\text{hors réa, SI, SC}}$) additionnées aux dépenses de soins continus (DC_{SC}), aux dépenses de soins intensifs (DC_{SI}) et aux dépenses de réanimation ($DC_{\text{réa}}$). La moyenne nationale journalière des DC est estimée par l'ENC pour chaque GHM annuellement et chaque DC a été ventilée à la journée d'hospitalisation passée dans l'unité concernée (les $DC_{\text{réa}}$ ont été ventilées à la durée de séjour passée en réanimation, etc.).

Les dépenses de LGG, LM et S ont été ventilées à la durée totale d'hospitalisation.

La ventilation se fait en multipliant les coûts fixes ventilables par un ratio entre les durées observées de séjour total (DS_{totale}), de séjour en chirurgie thoracique (DS_{chir}), de séjour en réanimation ($DS_{\text{réa}}$) et les durées moyennes de séjour (DMS) nationales présentées dans l'ENC (DMS_{ENC} , DMS_{chir} et $DMS_{\text{réa}}$) selon la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Coûts fixes ventilés} = & [(DC_{\text{hors réa, SI, SC}} \times DS_{\text{chir}}) / DMS_{\text{chir}}] + [(DC_{\text{réa}} \times DS_{\text{réa}}) / DMS_{\text{réa}}] + [DC_{\text{SC}} \times DS_{\text{SC}}] + \\ & [DC_{\text{SI}} \times DS_{\text{SI}}] + [((LGG + LM + S) \times DS_{\text{totale}}) / DMS_{\text{ENC}}] \end{aligned}$$

Les coûts variables sont quant à eux différents en fonction de la voie d'abord et diffèrent entre les séjours. Ils incluent les dépenses médico-techniques (MT) et les charges directes (CD) dont les coûts moyens sont fournis par l'ENC. Les coûts liés à l'utilisation du bloc opératoire sont corrélés à la durée opératoire et incluent les dépenses de personnel, les dépenses médicales et pharmaceutiques, les dépenses générales et hospitalières de bloc associées aux dépenses d'anesthésie. Ces coûts, ajoutés au total des coûts variables, sont calculés par patient en multipliant la durée opératoire par le coût horaire du bloc. Ces coûts n'ont pas été pris en compte pour notre étude (afin d'éviter tout biais) dans la mesure où le coût horaire de l'utilisation de la salle VATS n'a pas été évalué, contrairement à celui de la RATS (estimé à 509 euros) (31).

Les coûts liés à l'amortissement du matériel ont été ajoutés aux dépenses MT. Les prix d'achat et de maintenance du robot chirurgical ainsi que la colonne de vidéoarthroscopie (HD Visera Pro®, Olympus) et les autres dispositifs médicaux réutilisables (DMR) ont été fournis en 2015 par le service Biomédical du CHU de Rouen à Gondé *et al.* (32). Ces données ont donc été réutilisées pour notre étude.

Le coût lié à l'amortissement a été estimé de la façon suivante (avec le nombre d'intervention par an communiqué par la direction des blocs opératoires) :

$$[\text{Prix d'achat TTC} + (\text{Durée d'amortissement} \times \text{Prix de maintenance annuelle})] / (\text{Nombre d'intervention par an} \times \text{Durée d'amortissement})$$

Les coûts des DM utilisés ont été substitués à ceux de l'ENC dans l'unité d'œuvre CD (et ce notamment pour les instruments Endowrist® ainsi que les chargeurs utilisés pour chaque patient inclus). Le coût médian des dispositifs médicaux spécifiques des interventions robot-assistées a été évalué de façon prospective dans une étude précédente menée au CHU de Rouen (32). Il comprend le matériel nécessaire au drapage, l'incision, l'insufflation, l'aspiration, la dissection, l'extraction et le drainage. Les prix au marché des différents DM obtenus grâce au logiciel PHARMA® (Computer Engineering, version 5.8.7) de la Pharmacie à Usage Intérieur (PUI) du CHU de Rouen sont ceux appliqués toutes taxes comprises (TTC) en décembre 2015.

3.2 Analyse statistique

Les variables quantitatives sont exprimées en moyenne $\pm$ écart-type. Les variables quantitatives sont comparées par un test de Student lorsque la distribution suit une loi Normale. Dans le cas contraire, elles sont comparées par un test non paramétrique de Mann-Whitney. Les variables qualitatives sont exprimées en effectif (n) et en pourcentage. Elles sont comparées par un test du X^2 ou par un test de Fisher si les conditions du X^2 ne sont pas respectées (i.e. au moins un effectif inférieur à 5). Pour chacun des tests, une valeur de p strictement inférieure à 0,05 est considérée comme statistiquement significative. L'analyse principale des coûts a été réalisée dans le sous-groupe des patients opérés par VATS ou RATS à l'exclusion des thoracotomies (les caractéristiques des patients opérés par cette technique n'étant pas comparables à celles des patients opérés par VATS et RATS).

La méthodologie du score de propension a été utilisée pour la comparaison entre VATS et RATS. Cette méthode permet un ajustement et une correction des variables disponibles afin de rendre les groupes comparables entre eux. Ce score a été calculé dans un modèle de régression logistique à effet fixe estimé par le maximum de vraisemblance. Ceci correspond au calcul de coefficients associés à chacune des variables permettant d'attribuer une probabilité d'être opéré par RATS ou VATS.

Les variables prises en compte pour ce calcul de score de propension sont les suivantes : le score ASA, le chirurgien (à l'exclusion des chirurgiens n'effectuant que des VATS), l'index de comorbidités de Charlson, la VEMS, l'âge, le type de chirurgie (lobectomie/bilobectomie) et le stade du TNM.

Dans un second temps, l'analyse des coûts de prise en charge a été réalisée selon un modèle linéaire général avec pondération par l'inverse du score de propension.

Il s'agit d'établir une moyenne pondérée par l'inverse de probabilité d'appartenir à un groupe plutôt qu'un autre. Ceci permet de calculer la différence de moyenne des coûts ajustée sur toutes les variables pondérées. Les intervalles de confiance ont été calculés par Bootstrap (technique de rééchantillonnage grâce à des expériences virtuelles afin d'obtenir une variance reflétant l'incertitude). Cette technique se base sur la création au hasard d'un échantillon de patients à partir de ceux inclus dans l'étude avant de répéter l'expérience 200 000 fois de façon virtuelle.

Enfin, différentes analyses de sensibilité ont permis de vérifier l'exactitude des résultats.

Résultats

1. Patients inclus

304 patients opérés pour lobectomie ou bilobectomie dans le service de chirurgie générale et thoracique au CHU de Rouen ont été inclus dans l'étude rétrospective, menée entre le 1er janvier 2016 et le 31 décembre 2018 (Figure 8). Parmi ces 304 exérèses pulmonaires, 109 d'entre elles étaient des RATS (soit 36%), 166 étaient des VATS (54%) tandis que les thoracotomies représentaient 29 opérations sur les 3 ans d'étude (10%).

93 patients opérés en 2016 ont été inclus, 106 patients en 2017 et 105 patients en 2018.

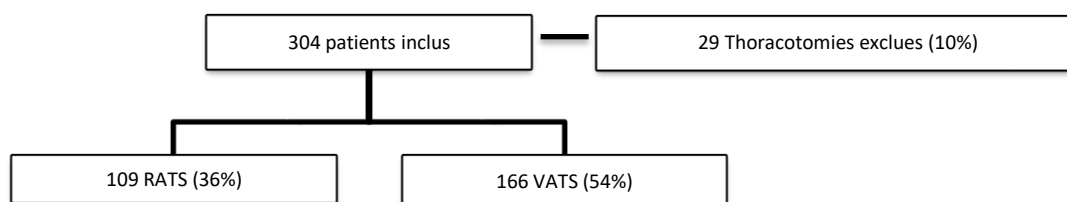


Figure 8 : Interventions réalisées entre 2016 et 2018 au CHU de Rouen

Seules les lobectomies réalisées dans le cadre de cancers primitifs ont été prises en compte. Après étude des résultats préliminaires, il a été décidé d'exclure les thoracotomies de l'étude dans la mesure où celles-ci représentaient une faible part de l'échantillon. De plus, les patients bénéficiant de cette technique chirurgicale présentaient des cancers plus lourds d'un point de vue anatomopathologique et n'étaient donc pas comparables avec les patients bénéficiant d'une VATS ou d'une RATS. Cette exclusion a donc été motivée par le choix d'éviter tout biais de sélection mais également car le recours à cette technique plutôt qu'une autre demeure propre à chaque établissement. Le nombre de patients inclus après exclusion des thoracotomies était donc de 275 patients avec 109 RATS (39,63%) et 166 VATS (60,36%).

2. Caractéristiques générales des patients et des interventions

2.1 Données démographiques

Les données démographiques des patients inclus sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Données démographiques des patients inclus dans l'étude

Caractéristiques des patients	RATS	VATS	p
Effectif	109 (39,63%)	166 (60,36%)	
Age (années)	64,6 ± 11,1	64,9 ± 10,2	0,8
Sexe			0,79
Hommes	75 (68,8%)	111 (66,9%)	
Femmes	34 (31,2%)	55 (33,1%)	
Poids (kg)	77,1 ± 15,8	72,5 ± 14,3	0,01
IMC	26,1 ± 4,44	25,2 ± 4,5	0,09
Comorbidités			
Index	4,98 ± 4,34	4,96 ± 4,61	0,96
DLCO	77 ± 18,3	73,8 ± 17,8	0,33
VEMS	86,5 ± 19	88,4 ± 19,9	0,44
Score ASA	1,98 ± 0,77	2,08 ± 0,79	0,31
1	33 (30,3%)	43 (25,9%)	
2	45 (41,3%)	69 (41,6%)	
3	31 (28,4%)	52 (31,3%)	
4	0 (0,0%)	2 (1,2%)	
Score IPAL	6,8 ± 4,3	7,3 ± 5,1	0,45

Aucune différence n'est observée entre les différents groupes si l'on considère le sexe, l'âge ou l'IMC. Le groupe VATS présentait des patients avec un poids significativement plus élevé que dans le groupe RATS ($p = 0,01$). Les hommes sont plus représentés dans la population étudiée avec un sexe ratio hommes/femmes de 2,20 pour les RATS et 2,02 pour les VATS, sans aucune différence significative entre les deux groupes.

Si l'on s'intéresse aux comorbidités, aucune différence n'a été mise en évidence concernant l'index de comorbidités entre les deux groupes ($p = 0,96$). Concernant les variables estimant la fonction respiratoire, il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les groupes pour les variables DLCO et VEMS ($p = 0,33$ et $0,44$ respectivement).

Enfin, il n'a pas été démontré de différence significative entre les scores ASA des différents groupes VATS et RATS ($p = 0,31$), de même que pour le score IPAL ($p = 0,45$).

2.2 Interventions réalisées

Le tableau 6 présente la topologie des lobes réséqués en fonction de la technique.

Tableau 6 : Localisation des exérèses par technique chirurgicale

Lobe	RATS	VATS	p
Droit	15 (13,8%)	13 (7,8%)	0,28
Gauche	7 (6,4%)	4 (2,4%)	
Inférieur droit	15 (13,8%)	25 (15,1%)	
Inférieur gauche	13 (11,9%)	23 (13,9%)	
Moyen inférieur	1 (0,9%)	2 (1,2%)	
Moyen	5 (4,6%)	6 (3,6%)	
Supérieur droit	36 (33,0%)	51 (30,7%)	
Supérieur gauche	17 (15,6%)	42 (25,3%)	

Aucune différence significative n'a été mise en évidence concernant la localisation des exérèses ($p = 0,28$). Les lobes supérieurs étaient plus représentés dans les deux groupes que les autres typologies lobaires, sans différence entre les groupes.

Le tableau 7 synthétise les différents opérateurs par technique ayant réalisé les lobectomies au CHU de Rouen.

Tableau 7 : Opérateurs par technique

Chirurgien	RATS	VATS	p
Chirurgien 1	85 (78,0%)	49 (29,5%)	< 0,0001
Chirurgien 2	0 (0,0%)	3 (1,8%)	
Chirurgien 3	0 (0,0%)	15 (9,0%)	
Chirurgien 4	24 (22,0%)	49 (29,5%)	
Chirurgien 5	0 (0,0%)	50 (30,1%)	

Une différence significative a été mise en évidence concernant les chirurgiens ayant réalisé les exérèses ($p < 0,0001$). Ainsi, deux chirurgiens sur les cinq ayant participé à l'étude ont réalisé des RATS, tandis que tous ont réalisé des VATS. Cependant, pour l'analyse principale des résultats (c'est-à-dire les coûts globaux évalués grâce au score de propension), les chirurgiens n'ayant jamais réalisé de RATS ont été exclus de l'analyse afin d'éviter tout biais à ce sujet.

3. Caractéristiques des exérèses

3.1 Indications des exérèses

Les indications des exérèses sont présentées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Indications des exérèses par technique chirurgicale

Indication des exérèses	RATS	VATS	p
Adénocarcinome in situ	1 (0,9%)	1 (0,6%)	0,20
Adénocarcinome invasif	74 (67,9%)	110 (66,3%)	
Carcinoïde atypique	0 (0,0%)	1 (0,6%)	
Carcinoïde typique	9 (8,3%)	6 (3,6%)	
Carcinome à grande cellules indifférenciées	3 (2,8%)	0 (0,0%)	
Carcinome à grande cellules neuro-endocrines	1 (0,9%)	3 (1,8%)	
Carcinome épidermoïde	17 (15,6%)	39 (23,5%)	
Carcinome épidermoïde infiltrant non kératinisant	0 (0,0%)	1 (0,6%)	
Carcinome sarcomatoïde	1(0,9%)	2 (1,2%)	
Autre	3 (2,8%)	3 (1,8%)	

Aucune différence n'est observée dans l'indication des exérèses ($p = 0,20$). On peut noter que les adénocarcinomes invasifs et les carcinomes épidermoïdes sont très représentés au sein des deux groupes : 67,9 % d'adénocarcinomes dans le groupe RATS contre 66,3 % en VATS, associés à 15,6% et 23,5 % de carcinomes épidermoïdes respectivement en RATS et en VATS.

3.2 Classification TNM des exérèses

Le tableau 9 présente la classification pTNM des cancers bronchiques primitifs en fonction des techniques opératoires.

Tableau 9 : Classification pTNM des cancers en fonction des techniques chirurgicales

Stade TNM	RATS	VATS	p
Ia	45 (41,3%)	71 (42,8%)	0,91
Ib	24 (22,0%)	41 (24,7%)	
IIa	3 (2,8%)	6 (3,6%)	
IIb	22 (20,2%)	28 (16,9%)	
IIIa	9 (8,3%)	15 (9,0%)	
IIIb	2 (1,8%)	1 (0,6%)	
IV	4 (3,7%)	4 (2,4%)	

Aucune différence significative n'est observée entre les deux groupes RATS et VATS concernant le stade pTNM des cancers opérés ($p = 0,91$). Dans les deux groupes, le stade Ia était le plus représenté avec 41,3 % des cancers en RATS et 42,8 % en VATS.

4. Résultats péri-opératoires

Les résultats péri-opératoires sont présentés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Résultats péri-opératoires

	RATS	VATS	p
Durée moyenne de séjour (jours)	7,53 ± 6,9	9,7 ± 9,4	0,04
Durée moyenne de drainage (jours)	4,7 ± 4,7	5,2 ± 5,44	0,41
Temps moyen de présence au bloc (heures)	4,41 ± 0,98	4,38 ± 1,02	0,80
Passage en réanimation	12 (11,0%)	12 (7,2%)	0,28
Durée moyenne de passage en réanimation (jours)	0,9 ± 4,5	0,6 ± 3,6	0,51

Concernant la durée de séjour, une différence significative ($p = 0,04$) a été mise en évidence entre les deux groupes avec une durée moyenne de séjour en VATS de 9,7 jours $\pm$ 9,4 jours contre 7,53 jours $\pm$ 6,9 jours en RATS.

Il n'a pas été mis en évidence de différence concernant la durée moyenne de drainage qui est de 4,7 jours en RATS et 5,2 jours en VATS ($p = 0,41$).

La durée moyenne de passage en réanimation entre les deux groupes n'est pas non plus significativement différente ($p = 0,51$).

5. Complications

Le tableau 11 présente les différentes complications per- et post-opératoires retrouvées.

Tableau 11 : Complications per- et post-opératoires

	RATS	VATS	p
Complications peropératoires			
Mortalité peropératoire	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0,02
Conversions	7 (6,4%)	26 (15,7%)	
Complications post-opératoires			0,67
Mineures			
I	3 (9,0%)	21 (28,0%)	
II	21 (66,0%)	36 (49,0%)	
Majeures			
IIIa	1 (3,0%)	4 (5,0%)	
IIIb	6 (19,0%)	11 (15,0%)	
IVa	0 (0,0 %)	1 (1,0%)	
IVb	0 (0,0%)	0 (0,0%)	
V	1 (3,0%)	1 (1,0%)	
Infections	14 (12,8%)	13 (7,8%)	0,21
Reprise au bloc	4 (3,7%)	15 (9,0 %)	0,09

Concernant les conversions, on peut noter une différence significative entre les deux groupes ($p = 0,02$) avec une majorité de conversions ayant eu lieu en VATS (15,7 % par rapport aux 6,4 % survenant en RATS).

Aucune différence significative n'a été mise en évidence concernant les complications post-opératoires selon Clavien-Dindo ($p = 0,67$).

Il n'a pas été mis en évidence de différence concernant la survenue d'une infection post-opératoire ($p = 0,21$) ou encore concernant une reprise au bloc lors du séjour d'hospitalisation ($p = 0,09$). Aucun patient n'est décédé au cours de l'intervention pour les deux techniques.

6. Suivi post-opératoire

Il n'a pas été mis en évidence de différence significative concernant les différents paramètres étudiés du suivi post-opératoire.

La moyenne du nombre de consultations dans les trois mois post-opératoires est de 1,73 consultations dans le groupe RATS et de 2,23 consultations dans le groupe VATS, sans différence entre les groupes (données non présentées).

Les principaux motifs de réhospitalisations dans les 3 mois post-opératoires sont présentés dans le tableau 12. Seules les réhospitalisations considérées comme imputables à la chirurgie ont été prises en compte (exclusion des réhospitalisations de suivi pour cure de chimio ou pose de cathéter par exemple).

Tableau 12 : Principaux motifs de réhospitalisations à 3 mois de l'intervention

	Réhospitalisations à 1 mois		Réhospitalisations entre 1 et 3 mois	
	RATS	VATS	RATS	VATS
Affection pulmonaire / ORL	2 (18,2%)	9 (27,3%)	5 (83,3%)	7 (43,8%)
Affections gastro-intestinales / nutritionnels / vésicales	1 (9,1%)	4 (12,1%)	0 (0,0%)	1 (6,2%)
Autres cancers et métastases	3 (27,3%)	5 (15,2%)	1 (16,7%)	3 (18,8%)
Examens de contrôle	0 (0,0%)	3 (9,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Infectieux	1 (9,1%)	1 (3,0%)	0 (0,0%)	1 (6,2%)
Troubles cadio-vasculaires	1 (9,1%)	4 (12,1%)	0 (0,0%)	2 (12,5%)
Troubles hématologiques	2 (18,2%)	1 (3,0%)	0 (0,0%)	1 (6,2%)
Troubles neurologiques/psychologiques	1 (9,1%)	6 (18,2%)	0 (0,0%)	1 (6,2%)

A 1 mois, les causes les plus fréquentes de réhospitalisation en VATS sont les affections pulmonaires ou ORL avec 27,3 % des patients concernés tandis qu'en RATS, il s'agit des réhospitalisations pour autres cancers (27,3 % également).

Entre 1 et 3 mois, on retrouve comme motifs de réhospitalisations les plus fréquents les affections pulmonaires ou ORL avec 83,3 % des patients réhospitalisés pour ce motif en RATS contre 43,8 % en VATS.

Cependant, ces différences entre les deux techniques ne sont pas significatives ($p = 0,61$ pour les réhospitalisations à 1 mois et $p = 0,95$ pour celles ayant lieu entre 1 et 3 mois). Certains patients ont également été réhospitalisés plusieurs fois au cours des 3 premiers mois ayant suivi l'intervention chirurgicale mais à nouveau, aucune différence significative n'a été démontrée ($p = 0,45$ pour les patients hospitalisés plusieurs fois au cours du premier mois post-opératoire et $p = 0,96$ pour ceux hospitalisés plusieurs fois entre le premier et le troisième mois post-opératoire).

Concernant les décès, 4 patients sont décédés dans les trois mois post-opératoires en RATS et 3 sont décédés en VATS (Tableau 13).

Tableau 13 : Décès à 3 mois post-opératoires

RATS		VATS	
Cause du décès	Délai post-op (jours)	Cause du décès	Délai post-op (jours)
Détresse respiratoire sur pneumopathie (PNP) infectieuse nosocomiale et décompensation cardiaque	17	AVC	55
Choc septique avec défaillance multiviscérale	6	Choc septique sur PNP d'inhalation	61
Syndrome occlusif avec septicémie	63	Arrêt cardio-respiratoire	10
Choc septique	19		

Ainsi, 3 patients sont décédés dans le mois ayant suivi leur intervention en RATS (soit 2,75%) et 1 patient est décédé à un mois post-opératoire (0,60%).

7. Coûts associés

7.1 GHM des patients de l'étude et GHS associés

Les GHM et GHS associés à chaque patient inclus ont été obtenus grâce à une extraction du DIM et sont présentés dans le Tableau 14.

Tableau 14 : GHM et GHS des patients inclus

GHM	GHS	Libellé	RATS	VATS	p
04C021	1005	Interventions majeures sur le thorax, niveau 1	33	37	0,33
04C022	1006	Interventions majeures sur le thorax, niveau 2	42	67	
04C023	1007	Interventions majeures sur le thorax, niveau 3	21	40	
04C024	1008	Interventions majeures sur le thorax, niveau 4	13	21	
17C061	6327	Interventions majeures de la CMD17, niveau 1	0	1	

La majorité des patients ont été inclus dans un GHM codé 04C02 représentant les « Interventions majeures sur le thorax » (Figure 9). Un patient en VATS a été inclus dans le GHM 17C061 correspondant au groupe d'activité « Chirurgie au cours des tumeurs malignes (hématologie) ». Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les différents GHM ($p = 0,33$).

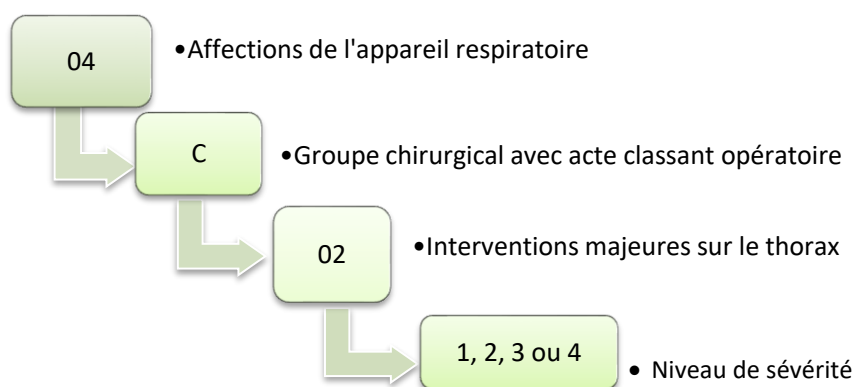


Figure 9 : Codage du GHM 04C02

7.2 Coûts associés à chaque GHM d'après l'ENC 2019

Le Tableau 15 représente les coûts associés à chaque GHM d'après l'ENC 2019.

Tableau 15 : Coûts moyens nationaux associés à chaque GHM d'après l'ENC 2019

	Coûts fixes ventilés à la durée de séjour (€)							Coûts variables (€)	
GHM	DC _{hors réa, SI, SC}	DC _{SC}	DC _{SI}	DC _{réa}	LGG	LM	S	CD	MT
04C021	1 210,11	311,63	188,26	108,37	883,30	269,62	213,00	1 520,58	2 544,25
04C022	1 550,77	687,53	395,22	207,72	1 423,06	323,53	291,77	1 911,61	3 043,31
04C023	2 197,03	1 084,37	875,06	1 037,97	2 372,15	455,63	468,50	2 911,34	3 668,76
04C024	3 006,49	1 553,51	2 143,82	8 905,06	4 497,64	874,71	1 010,53	7 484,97	5 802,34
17C061	1 383,20	166,04	4,62	24,34	772,30	240,27	196,13	1 379,96	2 206,63

L'ENC présente le détail des coûts moyens nationaux associés à chaque GHM, répartis en coûts fixes ventilés à la durée de séjour d'une part et en coûts variables d'autre part. Comme énoncé précédemment, les coûts fixes correspondent aux données des dépenses cliniques (DC), des dépenses de Logistique et gestion générale (LGG), des dépenses de Logistique médicale (LM) et celles de Structure (S). Ces dépenses sont corrélées à la durée de séjour.

Les coûts variables correspondent aux dépenses médicotechniques (MT) incluant l'amortissement du matériel et à celles des charges directes (CD) dans lesquelles sont compris les coûts des DM des interventions du CHU de Rouen.

Les coûts fixes ventilés à la durée de séjour ont été évalués à 4 238 euros en RATS et 4 637 euros en VATS pour notre étude.

7.3 Coûts variables

Le prix des DM utilisés lors des interventions a été repris à partir de l'étude de Gondé *et al.* (Tableau 16). Seuls les chargeurs et le nombre d'instruments utilisés à chaque intervention ont été actualisés à partir des fiches de bloc de 2016, 2017 et 2018 et de EPITHOR®.

Tableau 16 : Coûts médians des DM utilisés pour les lobectomies d'après Gondé *et al.*

	RATS	VATS	Δ RATS/VATS	p
Dispositifs médicaux	3 228€ [2 203 ; 6282]	2 647€ [1 408 ; 5 573]	+ 581€	0,002
Drapage et badigeon	279€ [277 ; 351]	37€ [37 ; 39]	+ 242€	< 0,001
Incision	2€ [2 ; 2]	2€ [2 ; 2]	0€	0,1
Aspiration	51€ [51 ; 51]	4€ [4 ; 9]	+ 47€	< 0,001
Agrafes	1 483€ [911 ; 4 514]	1 640€ [445 ; 4 447]	- 157€	0,06
Trocarts et protecteurs de paroi	137€ [78 ; 166]	118€ [118 ; 118]	+ 19€	0,4
Insufflation	75€ [75 ; 332]	0€ [0 ; 0]	+ 75€	< 0,001
Dissection	828€ [564 ; 1 116]	498€ [425 ; 504]	+ 330€	< 0,001
Applicateurs de clips	0€ [0 ; 17]	0€ [0 ; 17]	0€	0,05
Extraction de la pièce opératoire	114€ [23 ; 137]	114€ [23 ; 137]	0€	0,6
Hémostatiques chirurgicaux	294€ [0 ; 728]	0€ [0 ; 857]	+ 294€	0,02
Drainage thoracique	33€ [13 ; 38]	32€ [26 ; 34]	+ 1€	0,5

D'après Gondé *et al.*, les dépenses sont plus élevées en RATS qu'en VATS avec une différence de coût des DM de + 581 euros (avec un coût pour les agrafes de 1 640 euros pour la VATS et 1 483 euros pour la RATS). Une différence significative existe entre les deux techniques pour les DM en rapport avec le drapage, l'aspiration, l'insufflation et la dissection ($p < 0,001$) avec un surcoût pour la RATS (32).

Tableau 17 : Nombre de chargeurs utilisés lors des interventions et coûts associés

	RATS	VATS	p
Nombre moyen de chargeurs	7,35 ± 4,8	7,68 ± 4,8	0,57
Prix	450 €	777 €	

Concernant le nombre de chargeurs (Tableau 17), il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les deux groupes étudiés ($p = 0,57$).

Le coût associé aux RATS dans notre étude a été évalué à 450 euros contre 777 euros pour les VATS.

L'amortissement du matériel, tout comme le coût des DM, est lui aussi un point à analyser si l'on s'intéresse aux coûts variables. Ainsi, ce paramètre prend en compte plusieurs données comme l'achat du matériel, la maintenance annuelle, les DM spécifiques réutilisables, la durée d'amortissement et le nombre d'utilisations par an.

Concernant la vidéothoracoscopie, la colonne Olympus HD Visera Pro® a coûté à l'achat 16 800 euros et ne nécessite aucun contrat de maintenance. Les DM se composent d'endoscopes dont le prix est de 43 200 euros au CHU de Rouen d'après Gonde *et al.* Enfin, la durée d'amortissement est de 5 ans. (32).

Concernant le robot, le prix d'achat du robot da Vinci® Si était égal à 2 040 000 euros toutes taxes comprises (TTC) pour un contrat de maintenance annuel de 150 000 euros. La durée d'amortissement est quant à elle de 7 ans pour le CHU de Rouen. Les dispositifs médicaux spécifiques réutilisables se composent des optiques, des cibles d'alignement et des trocars.

Avec un nombre d'utilisations de 300 par an pour les deux techniques, le tableau 18 illustre les frais d'amortissement propres à chaque technique (les coûts liés au robot ont été repris d'après Le Gac *et al.*) (31).

Tableau 18 : Coûts liés à l'amortissement

	Robot da Vinci® Si	Colonne Olympus HD Visera Pro®
Prix d'achat (2011)	2 040 000 €	16 800 €
Coût de maintenance	150 000 €	0 €
DMR spécifiques dont endoscopes	157 320 €	43 200 €
Durée d'amortissement	7 ans	5 ans
Nombre d'utilisations par an	300	300
Amortissement par intervention	1 546 €	40 €

Le coût lié à l'amortissement à imputer à chaque intervention est donc égal à 1 546 euros pour le robot (d'après Le Gac *et al.*) et à 40 euros pour la vidéothoracoscopie (d'après Gondé *et al.*) (31,32).

7.4 Répartition des coûts moyens par technique chirurgicale

La figure 10 représente la répartition des coûts moyens calculés pour la RATS au CHU de Rouen.

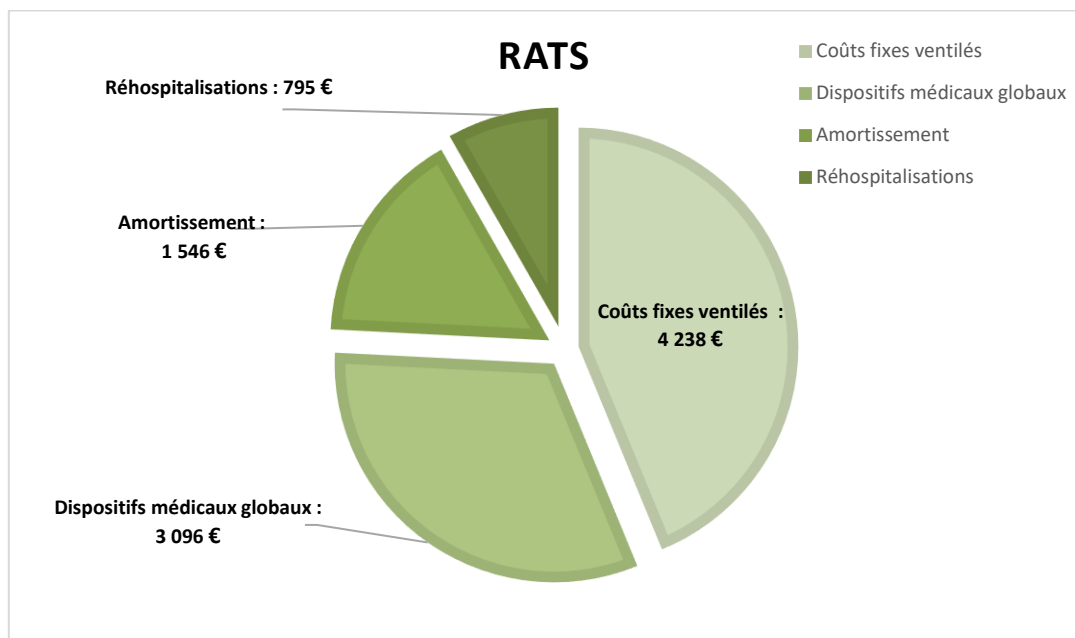


Figure 10 : Répartition des coûts des RATS

La figure 11 représente la répartition des coûts moyens calculés pour la VATS au CHU de Rouen.

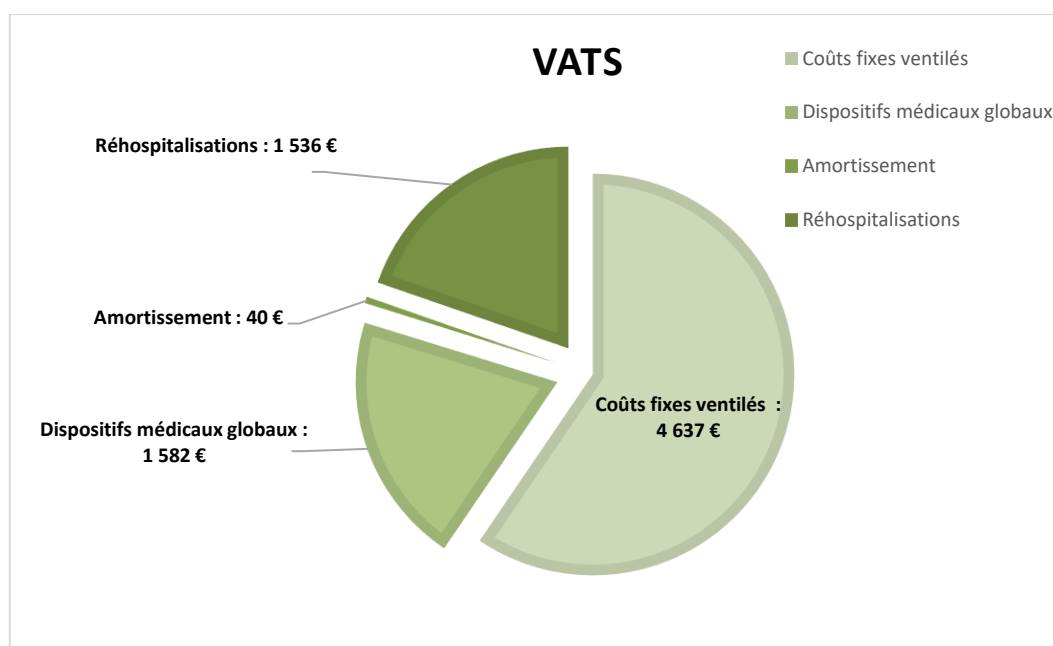


Figure 11 : Répartition des coûts des VATS

Le tableau 19 reprend le détail des coûts par technique exposés dans les figures 10 et 11.

Tableau 19 : Détail des coûts par technique chirurgicale

	RATS	VATS
Coûts fixes ventilés à la durée de séjour	4 238 €	4 637€
Coût des réhospitalisations	795 €	1 536 €
Dispositifs médicaux globaux	Chargeurs : 450 € DM : 1 813 € Instruments Endowrist : 833 €	Chargeurs : 777 € DM : 805 €
Amortissement	Amortissement : 1 546 €	Amortissement : 40 €

Comme énoncé précédemment, nous pouvons remarquer une différence dans la répartition des coûts entre les deux techniques chirurgicales.

7.5 Le coût global pour l'établissement

Un score de propension (analyse principale) a été établi afin de comparer le coût moyen des VATS et RATS réalisées entre janvier 2016 et décembre 2018 (Tableau 20). Ce tableau synthétise donc les coûts globaux moyens engendrés par chaque technique pour le CHU de Rouen. Différentes analyses de sensibilité ont également été réalisées afin de tester ce modèle (Tableau 21).

Tableau 20 : Analyse principale des coûts totaux de prise en charge

Variable	Moyenne ± écart type	Différence de moyennes (€)	IC 95%	p
Modèle score de propension (Analyse principale)				
VATS	7 004 ± 5 880	0 (référence)		
RATS	9 440 ± 7 690	+ 2 436	[884 – 4 401]	<0,002

Tableau 21 : Analyses de sensibilité des coûts totaux de prise en charge

Variable	Moyenne ± écart type	Différence de moyennes (€)	IC 95%	p
Analyses de sensibilité				
Modèle non ajusté				
VATS	7 294 ± 6 059	0 (référence)		
RATS	9 674 ± 8 113	+ 2 380	[381 – 4 379]	<0,02
Modèle ajusté				
VATS	7 222 ± 5 989	0 (référence)		
RATS	9 739 ± 7 797	+ 2 517	[498 – 4 537]	<0,01
Modèle score de propension + ajustements				
VATS	7 150 ± 5 839	0 (référence)		
RATS	9 629 ± 7 377	+ 2 479	[963 – 4 654]	<0,002

Une différence significative est observée entre les coûts totaux moyens des deux techniques RATS (9 440 ± 7 690 euros) et VATS (7 004 ± 5 880 euros) ($p < 0,002$), soit un surcoût de 2 436 euros pour la RATS. Différentes analyses de sensibilité permettent de conforter ce modèle, le surcoût et les intervalles de confiance (IC) étant peu impactés.

Discussion

La lobectomie, technique d'exérèse pulmonaire considérée comme le « gold standard » dans la prise en charge des CBP, était réalisée par thoracotomie ou par VATS jusque dans les années 1990 (7).

Les avancées technologiques de la chirurgie mini-invasive ont permis l'essor de la chirurgie robot-assistée dont les avantages, comme la vision 3D ou encore la maniabilité facilitée des instruments, ont démocratisé son utilisation dans plusieurs disciplines chirurgicales et notamment en chirurgie thoracique (33).

Cependant, bien que des études aient mis en évidence les bénéfices de la RATS comme la réduction de la durée de drainage, son coût reste un obstacle majeur à son développement et participe largement à contester les bénéfices apportés par cette technique (34,35).

Notre étude rétrospective, menée sur 275 patients opérés de janvier 2016 à décembre 2018, se proposait d'étudier l'impact médico-économique à trois mois des lobectomies de cancers pulmonaires primitifs en comparant les RATS aux VATS. La méthode d'analyse choisie pour ce faire s'est portée sur le score de propension afin d'éviter tout biais de sélection des patients.

Les données démographiques suggèrent que les échantillons de patients opérés sous VATS et sous RATS sont comparables. En effet, il n'a pas été observé de différence significative quant au sexe, à l'âge, l'IMC, l'index des comorbidités ou les autres scores étudiés (VEMS, DLCO, ASA, IPAL). Les interventions réalisées ne différaient pas non plus entre les deux groupes, que ce soit concernant la localisation des exérèses ou leur indication.

Les types de cancers les plus fréquemment retrouvés étaient les adénocarcinomes et les carcinomes épidermoïdes. Mais la classification pTNM des cancers bronchiques n'a pas montré de différence significative entre les deux groupes ($p = 0,91$). Le stade précoce la était le plus représenté dans les deux populations, coïncidant avec les données de la littérature qui indiquent que la lobectomie est considérée comme le traitement de référence des CBP de stade précoce (6,7).

Concernant les résultats péri-opératoires, la DMS est significativement différente entre les deux échantillons de patients ($p = 0,04$). Elle est en effet en moyenne de 7,53 jours pour les patients opérés par robot contre 9,7 jours pour ceux opérés par vidéothoracoscopie. Dans le cadre de notre étude, les passages en réanimation à la suite de l'intervention ont été inclus dans la DMS de l'hospitalisation en cours en chirurgie thoracique.

Novellis *et al.* ont identifié une durée médiane de séjour plus courte pour les patients opérés au robot par rapport à ceux ayant été opérés par vidéo (4,5 jours Vs 6 jours respectivement, $p < 0,001$) (36). Ces résultats sont concordants avec les données de la littérature (37,38), en sachant qu'au CHU de Rouen, les patients sont hospitalisés dans le service de chirurgie thoracique la veille de leur intervention par habitude du service.

Cependant, dans une étude réalisée entre 2010 et 2015 sur des lobectomies sous RATS et VATS, Huang *et al.* ont trouvé une durée de séjour plus longue pour le groupe de patients opérés par RATS (médiane des patients du groupe RATS de 4 jours contre 3 jours pour les patients sous VATS, $p=0,0123$) ainsi qu'une durée de drainage supérieure pour les patients opérés par RATS ($p=0,0161$) (39).

La durée de drainage de notre étude, quant à elle, ne diffère pas significativement entre les deux groupes. Elle est en effet de 4,7 jours en moyenne pour la RATS et 5,2 jours pour la VATS. Il n'existe cependant aucun consensus sur ce sujet dans la littérature.

Le temps moyen de présence au bloc ne présente pas de différence significative entre les deux groupes (4,41 heures pour les interventions robots-assistées contre 4,38 heures pour les VATS, $p = 0,80$). Ceci est en lien avec la courbe d'apprentissage des chirurgiens réalisant dans un premier temps des lobectomies vidéo-assistées, pour se familiariser par la suite avec le robot, ce dernier étant installé a posteriori dans les hôpitaux. La maniabilité facilitée des instruments du robot et l'expérience des équipes médicales et paramédicales concernant le champage et l'installation du patient peuvent également faire gagner un temps précieux sur l'utilisation de salle de bloc.

Le temps d'installation de salle peut ainsi varier considérablement. Ninan *et al.* ont observé une durée opératoire moyenne de 150 minutes et un temps d'installation du robot de 46 minutes (40). Veronesi *et al.* ont constaté que le temps d'occupation de la salle opératoire diminuait de 220 à 190 minutes après les vingt premières RATS, puis de 190 à 150 minutes après 90 RATS (14). Kaur *et al.* ont noté une différence de 71 minutes entre les 20 premières procédures RATS et les 22 cas suivants, ce qui équivaut à une différence de coût d'environ 883,38 dollars (41).

La durée moyenne d'occupation de salle de notre étude est plus longue du fait d'une part de la CA des chirurgiens ayant réalisé les exérèses, et d'autre part du temps nécessaire aux équipes paramédicales du bloc opératoire pour se familiariser avec les techniques de préparation du robot en préopératoire (champage, installation du chariot patient *etc.*).

Certaines études comme celle de Onaitis *et al.* ont démontré que les lobectomies sous RATS présentaient moins de risques de complications péri-opératoires et de conversions grâce à la technologie ergonomique du robot (42). Ces taux de conversions varient selon eux de 1% à 11% en fonction des données de la littérature, ce qui est en lien avec le taux observé dans notre étude qui est de 6,4 % en RATS contre 15,7% en VATS ($p = 0,02$). Mungo *et al.* ont également identifié que les RATS étaient associées à un taux de conversion plus faible que les VATS (13,2 % contre 26,2 %, $p = 0,025$) (43).

Il n'a pas été démontré de différence significative concernant les autres paramètres étudiés (à savoir les infections post-opératoires, les reprises au bloc ou encore les complications selon Clavien-Dindo). Le taux de patients ayant effectué un passage en réanimation ainsi que la durée de ce séjour ne diffèrent pas significativement entre les deux groupes. Ces données évoquent donc une prise en charge adaptée des patients lors de l'utilisation du robot, d'autant plus que les patients opérés étaient comparables d'un point de vue anatomo-pathologique notamment. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés au suivi post-opératoire et notamment à l'impact de chaque technique chirurgicale sur le nombre de consultations et de réhospitalisations à trois mois des patients. Il n'a pas été mis en évidence de différence significative entre les deux groupes pour ces deux paramètres. Le nombre moyen de consultations à 3 mois était de 1,73 consultations en RATS et 2,23 en VATS.

Les patients réhospitalisés à 1 mois post-opératoire l'ont été principalement pour des affections pulmonaires ou ORL en VATS et pour des complications liées à d'autres cancers en RATS.

Le coût des réhospitalisations a été estimé à 795 euros en RATS et 1536 euros en VATS. Cette différence s'explique d'une part du fait de l'hétérogénéité des GHS associés aux réhospitalisations mais également du fait d'un nombre de jours plus important en réanimation, soins intensifs et soins continus pour les interventions VATS par rapport aux RATS au cours de ces réhospitalisations.

Une étude s'est intéressée également aux réadmissions ou retours précoces à l'hôpital en post-opératoire (< 1 mois) et n'a pas établi de différence significative entre le taux de réadmissions entre les patients opérés par chirurgie mini-invasive (12 %) et ceux opérés par thoracotomie (17 %). Les raisons de ces retours à l'hôpital étaient dans la plupart des cas des causes pulmonaires avec entre autres 14% de pneumonie, 7% de pneumothorax, 7% d'épanchement pleural (44).

Trois patients du groupe RATS (2,75%) sont décédés dans le mois ayant suivi leur intervention contre un seul du groupe VATS (0,60%), tandis qu'un patient est décédé à 63 jours post-opératoires dans le groupe RATS (0,92%) contre deux (soit 1,20%) pour les patients opérés par vidéothoracoscopie (à 55 et 61 jours). Giulianotti *et al.* ont démontré que 80 % des patients atteints du stade I et opérés par chirurgie robot-assistée sont en vie sans récurrence après un suivi médian de 42 mois (45).

Il est intéressant de noter que d'autres études ont également étudié le suivi post-opératoire. Louis *et al.* ont ainsi démontré que la reprise de l'activité se faisait plus rapidement pour les patients opérés par RATS plutôt que par VATS ($p = 0,003$), améliorant ainsi la qualité de vie des patients. De même, les patients du groupe RATS de cette même étude consommaient moins longtemps des morphiniques que dans le groupe VATS ($p = 0,039$) (46).

Une méta-analyse a également démontré que la RATS présentait un risque significativement plus faible de morbi-mortalité par rapport à la thoracotomie (47).

Contrairement aux résultats décrits précédemment, Kwon *et al.* se sont intéressés à la perception de la douleur post-opératoire aiguë et chronique ainsi qu'à la consommation de morphiniques chez des patients opérés par RATS et VATS et n'ont mis en évidence aucune différence entre les deux groupes pour ces paramètres (48). De même, Yang *et al.* n'ont pas démontré de différence significative concernant la survie globale des patients opérés par RATS, VATS et thoracotomie (RATS : 77.6 %, VATS : 73.5 %, Open : 77.9 %) (49). De même, d'autres études n'ont pas démontré de différence significative concernant la qualité de vie post-opératoire entre les patients opérés par RATS par rapport à ceux ayant bénéficié d'une VATS (50,51). A l'inverse, une autre étude a identifié une consommation accrue de morphiniques dans le groupe RATS par rapport aux VATS (52).

Ces résultats hétérogènes mettent en lumière le fait que d'autres données sont à prendre en compte afin d'aller plus loin dans l'étude des bénéfices apportés par la chirurgie robot-assistée.

La deuxième partie de notre étude s'est portée sur les coûts engendrés par les deux techniques chirurgicales pour l'établissement. Pour réaliser notre étude économique, nous avons appliqué la méthode de l'ENC réajustée permettant d'identifier l'ensemble des coûts impliqués dans la prise en charge des patients et relatifs à la technique chirurgicale utilisée.

Cette méthode d'analyse des coûts a été utilisée pour évaluer l'impact médico-économique de l'ostéosynthèse rachidienne percutanée ou en cardiologie interventionnelle (30,53,54). Dans notre établissement, cette méthodologie a été évaluée pour comparer les coûts entre VATS et RATS, et celui associé à la CA des segmentectomies robot-assistées (31,32).

Le coût des DM a été estimé par Gondé *et al.* grâce à la méthode du micro-costing (32).

Selon notre étude, le coût des DM en moyenne est de 1 813 euros pour les lobectomies robot-assistées et de 805 euros pour les VATS.

Le coût des chargeurs était en moyenne de 450 euros et 777 euros pour la RATS et la VATS respectivement. Le prix des instruments du robot a été estimé à 833 euros. Une différence significative a été retrouvée si l'on considère les DM liés au drapage, à l'aspiration, à l'insufflation et à la dissection ($p < 0.001$) avec un surcoût pour la RATS. Selon Gondé *et al.*, le coût du drapage est en effet plus élevé du fait du champage nécessaire pour isoler les bras du robot lors de son installation. Les housses stériles sont en effet un coût supplémentaire à ne pas négliger lors de l'utilisation du robot. Le coût des DM d'aspiration s'explique quant à lui du fait de l'ouverture systématique d'un deuxième kit d'aspiration lors de toute procédure d'exérèse robotisée afin de maîtriser si besoin un saignement non contrôlé (en VATS, ce deuxième système d'aspiration est présent dans la salle de bloc mais n'est pas systématiquement ouvert) (32).

Les frais d'amortissement ont été estimés à 1 546 euros d'après Le Gac *et al.* pour la chirurgie robotisée et à 40 euros pour la VATS d'après Gondé *et al.* (31,32). Ce coût, dépendant du nombre d'interventions par centre et par an, présente donc des disparités entre les établissements. Une étude a défini que l'utilisation du robot était ainsi rentable pour les centres effectuant au moins 300 interventions par an (55).

Ainsi, si l'on s'intéresse aux coûts globaux pour l'établissement recensés dans notre étude, nous avons estimé qu'ils s'élevaient à $9\,440 \pm 7\,690$ euros pour la RATS et $7\,004 \pm 5\,880$ euros pour la VATS, soit une différence de 2 436 euros entre les deux techniques ($p < 0,002$). Ce surcoût demeure cependant moins important que ceux identifiés dans la littérature.

Une récente revue de la littérature a recensé différentes études réalisées sur les dix dernières années et a montré une grande hétérogénéité dans les méthodes de calculs des coûts au seins des établissements (50).

D'après cette revue, Subramanian *et al.* ont réalisé une estimation des frais totaux d'hospitalisation et ont appliqué par la suite des ratio coûts/charges spécifiques à l'établissement. Ils ont ainsi identifié un surcoût des RATS par rapport aux VATS (20 377 dollars Vs 17 802 dollars, $p < 0,001$), comme c'est le cas dans notre étude (56). La robotique était également associée à un coût plus élevé d'après Bao *et al.* ($12\,067 \pm 1\,610$ dollars contre $8\,328 \pm 1\,004$ dollars, $p < 0,001$) et à une durée opératoire plus longue (136 ± 40 contre 111 ± 28 min, $p < 0,001$) (57).

La courbe d'apprentissage constitue une perspective d'amélioration des coûts à ne pas négliger. Le Gac *et al.* ont identifié une diminution des coûts totaux médians des segmentectomies après la CA de 1 271 euros ($p = 0,02$) (31). Ainsi, la maîtrise de la technique permet au chirurgien de choisir l'instrument le plus adapté à l'intervention en cours et donc réduit la consommation des DM, influençant le coût des consommables.

La standardisation des techniques chirurgicales (et notamment la démocratisation de l'utilisation du robot dans de nombreuses spécialités chirurgicales) devrait permettre à la RATS de poursuivre son essor et ainsi d'homogénéiser les pratiques. En se familiarisant avec le robot, la courbe d'apprentissage des chirurgiens n'en sera que plus courte, diminuant ainsi le temps d'occupation de salle opératoire et les consommables utilisés et donc les coûts globaux de l'hôpital (58). Cependant, cette pratique semble plus adaptée aux gros centres hospitaliers pouvant réaliser un nombre annuel conséquent de RATS (59).

Le développement du secteur ambulatoire permettra également une prise en charge adaptée pour les patients à leur sortie d'hospitalisation.

Une étude allemande a récemment établi une corrélation entre une durée d'hospitalisation nationale plus longue qu'au niveau international pour les patients ayant été opérés par lobectomies robot-assistées et un système de soins ambulatoire peu adapté au suivi post-opératoire (60). Le déploiement du secteur ambulatoire devrait permettre de diminuer la durée de séjour hospitalière et ainsi devrait impacter de façon non négligeable les coûts hospitaliers. En effet, Dylewski *et al.* ont démontré que grâce à la diminution de la durée de séjour et à celle des soins infirmiers, une économie de 560 dollars par lobectomie robot-assistée avait pu être engendrée (61).

Un autre élément non négligeable à considérer comme ayant un impact majeur dans le coût de la RATS est sans aucun doute le monopole détenu par laboratoire Intuitive Surgical jusqu'alors concernant la mise sur le marché des robots et consommables associés. Ainsi, ce monopole ne permettait aucun prix concurrentiel de la part d'autres laboratoires. Cependant, l'arrivée récente d'autres laboratoires comme Medtronic sur le marché de la robotique devrait permettre de rééquilibrer les marchés à des tarifs peut-être plus abordables.

Les limites principales de cette étude résident dans le fait qu'il s'agit d'une étude monocentrique et rétrospective, rendant ainsi plus difficile le recueil exhaustif des données. Ceci explique la nécessité de reprendre en partie les données des études menées au CHU de Rouen précédemment par Gondé *et al.* et par Le Gac *et al.* (31,32).

D'autre part, l'échantillon demeure faible, mais la comparaison est permise grâce à une méthode statistique fiable.

La méthodologie quant à elle prend en compte des moyennes nationales pour calculer les coûts globaux de l'établissement et non les coûts réels. De plus, le changement de robot (passage du robot Si au X) ayant eu lieu en cours d'année 2018 n'a pas été pris en compte pour des raisons de praticité.

Enfin, cette étude, ayant été menée sur trois ans, implique une évolution des pratiques. La courbe d'apprentissage était atteinte au début de notre étude par le chirurgien principal ayant réalisé la majorité des RATS, cependant les pratiques ne cessant d'évoluer avec la familiarisation de la technique, ceci ajoute de la variabilité aux résultats péri et post-opératoires.

Afin d'avoir une vision globale des bénéfices apportés par la chirurgie robotique, il serait intéressant de réaliser une méta-analyse prenant en compte des échantillons de patients plus larges, les nombreuses disparités des méthodes de calculs de coûts, les différentes pratiques hospitalières et les données de suivi post-opératoire ainsi que la qualité de vie des patients.

D'après l'OMS : « la qualité de vie est définie comme la perception qu'un individu a de sa place dans la vie, dans le contexte de la culture et du système de valeurs dans lequel il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes. C'est donc un concept très large qui peut être influencé de manière complexe par la santé physique du sujet, son état psychologique et son niveau d'indépendance, ses relations sociales et sa relation aux éléments essentiels de son environnement et se mesure à l'aide de nombreuses données ». Depuis cette définition de 1993, d'autres paramètres ont émergé dans la prise en compte de la qualité de vie de la population comme l'évaluation du bénéfice des interventions en santé afin de prendre en compte l'avis du patient sur sa propre santé (62). Ce point de vue suggère que les approches médicales et économiques sont intrinsèquement liées dans la prise en charge du patient et influencent considérablement sa vision de la qualité de vie. De multiples paramètres sont ainsi à prendre en compte afin d'évaluer les bénéfices de la RATS par rapport à la VATS, au-delà de l'aspect purement économique.

Conclusion

La chirurgie mini-invasive représente un gage de sécurité pour la prise en charge des patients atteints de cancers bronchopulmonaires. Grâce aux innovations technologiques, la chirurgie robotisée tend à se standardiser auprès des chirurgiens.

Bien que le coût de la robotique, établi dans plusieurs études, demeure supérieur à celui de la VATS, il reste de nombreuses données encore trop peu explorées dans la littérature telles que la survie globale sans récurrence, les résultats oncologiques à moyen et long terme, la perception du patient sur les bénéfices de sa propre prise en charge, *etc.*

Le choix d'une voie d'abord plutôt étant dépendant de nombreux paramètres dont les données cliniques, la chirurgie robotisée ne doit pas s'opposer à la chirurgie vidéo-assistée mais au contraire venir compléter celle-ci. La standardisation des pratiques devrait laisser place à une homogénéisation des pratiques et ainsi impacter d'une nouvelle façon les coûts hospitaliers de la chirurgie robotique.

La considération de la qualité de vie du patient à court, moyen et long terme est une information précieuse. De récentes études abordent en effet ce sujet progressivement et leurs résultats viendront compléter l'aspect purement économique déjà étudié à de nombreuses reprises.

Bibliographie

1. Le cancer du poumon - Les cancers les plus fréquents. Disponible sur: <https://www.e-cancer.fr/Professionnels-de-sante/Les-chiffres-du-cancer-en-France/Epidemiologie-des-cancers/Les-cancers-les-plus-frequents/Cancer-du-poumon>
2. Cancer du poumon : points-clés - Cancer du poumon. Disponible sur: <https://www.e-cancer.fr/Patients-et-proches/Les-cancers/Cancer-du-poumon/Les-points-cles>
3. item_306_CANCER_1-3-17.pdf Disponible sur: http://cep.splf.fr/wp-content/uploads/2017/04/item_306_CANCER_1-3-17.pdf
4. Dindo D, Demartines N, Clavien P-A. Classification of Surgical Complications. *Annals of Surgery*. août 2004;240(2):205-13.
5. Graham EA, Singer JJ. Successful removal of an entire lung for carcinoma of the bronchus. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 1974;24(4):238-42.
6. Lang-Lazdunski L. Surgery for nonsmall cell lung cancer. *European Respiratory Review*. 1 sept 2013;22(129):382-404.
7. Hartwig MG, D'Amico TA. Thoracoscopic Lobectomy: The Gold Standard for Early-Stage Lung Cancer? *The Annals of Thoracic Surgery*. 1 juin 2010;89(6):S2098-101.
8. Whitson BA, Groth SS, Duval SJ, Swanson SJ, Maddaus MA. Surgery for Early-Stage Non-Small Cell Lung Cancer: A Systematic Review of the Video-Assisted Thoracoscopic Surgery Versus Thoracotomy Approaches to Lobectomy. *The Annals of Thoracic Surgery*. déc 2008;86(6):2008-18.
9. McKenna RJ. Lobectomy by video-assisted thoracic surgery with mediastinal node sampling for lung cancer. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. mars 1994;107(3):879-82.
10. Cancer pulmonaire : lobectomie par thoracoscopie. *Revue Médicale Suisse*. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/RMS/2012/RMS-346/Cancer-pulmonaire-lobectomie-par-thoracoscopie>
11. Cheng D, Downey RJ, Kernstine K, Stanbridge R, Shennib H, Wolf R, et al. Video-assisted thoracic surgery in lung cancer resection: a meta-analysis and systematic review of controlled trials. *Innovations (Philadelphia, Pa)*. nov 2007;2(6):261-92.
12. Handy JR, Asaph JW, Douville EC, Ott GY, Grunkemeier GL, Wu Y. Does video-assisted thoracoscopic lobectomy for lung cancer provide improved functional outcomes compared with open lobectomy? *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. févr 2010;37(2):451-5.
13. Cao C, Manganas C, Ang SC, Peeceeyen S, Yan TD. Video-assisted thoracic surgery versus open thoracotomy for non-small cell lung cancer: a meta-analysis of propensity score-matched patients. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. mars 2013;16(3):244-9.

14. Veronesi G, Galetta D, Maisonneuve P, Melfi F, Schmid RA, Borri A, et al. Four-arm robotic lobectomy for the treatment of early-stage lung cancer. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1 juill 2010;140(1):19-25.
15. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic surgery: a current perspective. *Annals of Surgery*. janv 2004;239(1):14-21.
16. Petersen RH, Hansen HJ. Learning curve associated with VATS lobectomy. *Annals of Cardiothoracic Surgery*. 16 mars 2012;1(1):47-50-50.
17. Moal JL, Peillon C, Dacher J-N, Baste J-M. Three-dimensional computed tomography reconstruction for operative planning in robotic segmentectomy: a pilot study. *Journal of Thoracic Disease*. 27 déc 2017;10(1):196-201-201.
18. Camarillo DB, Krummel TM, Salisbury JK. Robotic technology in surgery: Past, present, and future. *The American Journal of Surgery*. 1 oct 2004;188(4):2-15.
19. Kaur MN, Xie F, Shiwcharan A, Patterson L, Shargall Y, Finley C, et al. Robotic Versus Video-Assisted Thoracoscopic Lung Resection During Early Program Development. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2018;105(4):1050-7.
20. Barbash GI, Glied SA. New Technology and Health Care Costs — The Case of Robot-Assisted Surgery. *New England Journal of Medicine*. 19 août 2010;363(8):701-4.
21. Swanson SJ, Miller DL, McKenna RJ, Howington J, Marshall MB, Yoo AC, et al. Comparing robot-assisted thoracic surgical lobectomy with conventional video-assisted thoracic surgical lobectomy and wedge resection: Results from a multihospital database (Premier). *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1 mars 2014;147(3):929-37.
22. Kneuert PJ, Singer E, D'Souza DM, Abdel-Rasoul M, Moffatt-Bruce SD, Merritt RE. Hospital cost and clinical effectiveness of robotic-assisted versus video-assisted thoracoscopic and open lobectomy: A propensity score-weighted comparison. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2019;157(5):2018-2026.e2.
23. Kent M, Wang T, Whyte R, Curran T, Flores R, Gangadharan S. Open, video-assisted thoracic surgery, and robotic lobectomy: review of a national database. *Ann Thorac Surg*. janv 2014;97(1):236-42; discussion 242-244.
24. Robotic lobectomy has the greatest benefit in patients with marginal pulmonary function *Journal of Cardiothoracic Surgery*. Disponible sur: <https://cardiothoracicsurgery.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13019-018-0748-z>
25. Dylewski M, Ohaeto A, Pereira J. Pulmonary resection using a total endoscopic robotic video-assisted approach - Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21807297/>
26. Meyer M, Gharagozloo F, Tempesta B, Margolis M, Strother E, Christenson D. The learning curve of robotic lobectomy. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*. 2012;8(4):448-52.
27. Cheufou DH, Mardanzai K, Ploenes T, Theegarten D, Stamatis G, Kampe S, et al. Effectiveness of Robotic Lobectomy-Outcome and Learning Curve in a High Volume Center. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*. oct 2019;67(7):573-7.

28. Ricciardi S, Davini F, Zirafa CC, Melfi F. From “open” to robotic assisted thoracic surgery: why RATS and not VATS? *J Vis Surg*. 22 mai 2018;4.
29. Gonfiotti A, Bongiolatti S, Borgia S, Borrelli R, Jaus M, Politi L. Development of a video-assisted thoracoscopic lobectomy program in a single institution: results before and after completion of the learning curve. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 5 août 2016;11(1):130-130.
30. Maillard N, Buffenoir-Billet K, Hamel O, Lefranc B, Sellal O, Surer N, et al. A cost-minimization analysis in minimally invasive spine surgery using a national cost scale method. *Int J Surg*. mars 2015;15:68-73.
31. Le Gac C, Gondé H, Gillibert A, Laurent M, Selim J, Bottet B, et al. Medico-economic impact of robot-assisted lung segmentectomy: what is the cost of the learning curve? *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 11 oct 2019;ivz246.
32. Gondé H, Laurent M, Gillibert A, Sarsam O-M, Varin R, Grimandi G, et al. The affordability of minimally invasive procedures in major lung resection: a prospective study. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 1 sept 2017;25(3):469-75.
33. Park BJ, Melfi F, Mussi A, Maisonneuve P, Spaggiari L, Da Silva RKC, et al. Robotic lobectomy for non-small cell lung cancer (NSCLC): Long-term oncologic results. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1 févr 2012;143(2):383-9.
34. Wei S, Chen M, Chen N, Liu L. Feasibility and safety of robot-assisted thoracic surgery for lung lobectomy in patients with non-small cell lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *World J Surg Oncol*. 8 mai 2017;15.
35. Cerfolio RJ, Bryant AS, Skylizard L, Minnich DJ. Initial consecutive experience of completely portal robotic pulmonary resection with 4 arms. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1 oct 2011;142(4):740-6.
36. Novellis P, Bottoni E, Voulaz E, Cariboni U, Testori A, Bertolaccini L, et al. Robotic surgery, video-assisted thoracic surgery, and open surgery for early stage lung cancer: comparison of costs and outcomes at a single institute. *Journal of Thoracic Disease*. févr 2018;10(2):790-8.
37. Li C, Hu Y, Huang J, Li J, Jiang L, Lin H, et al. Comparison of robotic-assisted lobectomy with video-assisted thoracic surgery for stage IIB-IIIA non-small cell lung cancer. *Translational Lung Cancer Research*. déc 2019;8(6):820-8.
38. Demir A, Ayalp K, Ozkan B, Kaba E, Toker A. Robotic and video-assisted thoracic surgery lung segmentectomy for malignant and benign lesions. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. mars 2015;20(3):304-9.
39. Huang L, Shen Y, Onaitis M. Comparative study of anatomic lung resection by robotic vs. video-assisted thoracoscopic surgery. *Journal of Thoracic Disease*. avr 2019;11(4):1243-50.
40. Ninan M, Dylewski MR. Total port-access robot-assisted pulmonary lobectomy without utility thoracotomy. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 1 août 2010;38(2):231-2.

41. Kaur MN, Xie F, Shiwcharan A, Patterson L, Shargall Y, Finley C, et al. Robotic Versus Video-Assisted Thoracoscopic Lung Resection During Early Program Development. *The Annals of Thoracic Surgery*. avr 2018;105(4):1050-7.
42. Onaitis MW, Petersen RP, Balderson SS, Toloza E, Burfeind WR, Harpole DH, et al. Thoracoscopic Lobectomy Is a Safe and Versatile Procedure. *Ann Surg*. sept 2006;244(3):420-5.
43. Mungo B, Hooker CM, Ho JSY, Yang SC, Battafarano RJ, Brock MV, et al. Robotic Versus Thoracoscopic Resection for Lung Cancer: Early Results of a New Robotic Program. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques Part A*. 1 avr 2016;26(4):243-8.
44. Assi R, Wong DJ, Boffa DJ, Detterbeck FC, Wang Z, Chupp GL, et al. Hospital Readmission After Pulmonary Lobectomy Is Not Affected by Surgical Approach. *The Annals of Thoracic Surgery*. févr 2015;99(2):393-8.
45. Giulianotti PC, Buchs NC, Caravaglios G, Bianco FM. Robot-assisted lung resection: outcomes and technical details. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 1 oct 2010;11(4):388-92.
46. Louie BE, Farivar AS, Aye RW, Vallières E. Early experience with robotic lung resection results in similar operative outcomes and morbidity when compared with matched video-assisted thoracoscopic surgery cases. *The Annals of Thoracic Surgery*. mai 2012;93(5):1598-604; discussion 1604-1605.
47. Zhang L, Gao S. Robot-assisted thoracic surgery versus open thoracic surgery for lung cancer: a system review and meta-analysis. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 15 oct 2015;8(10):17804-10.
48. Kwon ST, Zhao L, Reddy RM, Chang AC, Orringer MB, Brummett CM, et al. Evaluation of acute and chronic pain outcomes after robotic, video-assisted thoracoscopic surgery, or open anatomic pulmonary resection. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1 août 2017;154(2):652-659.e1.
49. Yang H-X, Woo KM, Sima CS, Bains MS, Adusumilli PS, Huang J, et al. Long-Term Survival Based on the Surgical Approach to Lobectomy for Clinical Stage I Non-Small Cell Lung Cancer: Comparison of Robotic, Video Assisted Thoracic Surgery, and Thoracotomy Lobectomy. *Annals of surgery*. févr 2017;265(2):431-7.
50. Nishimura JM, Goodwin M, Kneuert P, Moffatt-Bruce S, Merritt RE, D'Souza DM. Robotic lobectomy costs and quality of life. *Mini-invasive Surgery*. 14 févr 2020;4.
51. Worrell SG, Dedhia P, Gilbert C, James C, Chang AC, Lin J, et al. The cost and quality of life outcomes in developing a robotic lobectomy program. *Journal of Robotic Surgery*. avr 2019;13(2):239-43.
52. Duclos G, Charvet A, Resseguier N, Trousse D, D'Journo X-B, Zieleskiewicz L, et al. Postoperative morphine consumption and anaesthetic management of patients undergoing video-assisted or robotic-assisted lung resection: a prospective, propensity score-matched study. *Journal of Thoracic Disease*. juin 2018;10(6):3558-67.

53. Huchet F, Chan-Peng J, d'Acremont F, Guerin P, Grimandi G, Roussel J-C, et al. A comparative profitability analysis of transcatheter versus surgical aortic valve replacement in a high-volume French hospital. *Health Economics Review*. 14 févr 2019;9(1):6.
54. Mahdjoub I, d'Acremont F, Mauduit N, Grimandi G, Rondeau F, Letocart V, et al. Is the MitraClip® procedure profitable in a high-volume French hospital? *Arch Cardiovasc Dis*. nov 2019;112(11):691-8.
55. Kajiwarra N, Barron JP, Kato Y, Kakihana M, Ohira T, Kawate N, et al. Cost-Benefit Performance of Robotic Surgery Compared with Video-Assisted Thoracoscopic Surgery under the Japanese National Health Insurance System. *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2015;21(2):95-101.
56. Subramanian MP, Liu J, Chapman WC, Olsen MA, Yan Y, Liu Y, et al. Utilization Trends, Outcomes, and Cost in Minimally Invasive Lobectomy. *The Annals of Thoracic Surgery* [Internet]. 1 déc 2019;108(6):1648-55.
57. Bao F, Zhang C, Yang Y, He Z, Wang L, Hu J. Comparison of robotic and video-assisted thoracic surgery for lung cancer: a propensity-matched analysis. *Journal of Thoracic Disease*. juill 2016;8(7):1798-803.
58. Deen SA, Wilson JL, Wilshire CL, Vallières E, Farivar AS, Aye RW, et al. Defining the Cost of Care for Lobectomy and Segmentectomy: A Comparison of Open, Video-Assisted Thoracoscopic, and Robotic Approaches. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1 mars 2014;97(3):1000-7.
59. Coleman C, Tapias L. Cost in video-assisted thoracic surgery versus robotic-assisted thoracic surgery for lung cancer: should we focus on other metrics? *Video-Assisted Thoracic Surgery*. 5 janv 2020;5(0).
60. Möller T, Egberts J-H, Eichhorn M, Hofmann H-S, Krüger I, Rückert J-C, et al. Current status and evolution of robotic-assisted thoracic surgery in Germany—results from a nationwide survey. *Journal of Thoracic Disease*. nov 2019;11(11):4807-15.
61. Dylewski MR, Lazzaro RS. Robotics — The answer to the Achilles' heel of VATS pulmonary resection. *Chinese Journal of Cancer Research*. 1 déc 2012;24(4):259-60.
62. Évaluation des technologies de santé à la HAS : place de la qualité de vie. Haute Autorité de Santé.

SERMENT DE GALIEN

Je jure d'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

D'exercer dans l'intérêt de la Santé publique ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur mais aussi les règles de l'Honneur, de la Probité et du Désintéressement.

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.

De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma Profession.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois méprisé de mes Confrères si je manque à mes engagements.



PELSEZ-ROUILLÉ Audrey

Impact médico-économique à moyen terme de la prise en charge des lobectomies de cancers pulmonaires : comparaison de deux voies d'abord

Th. D. Pharm., Rouen, 2020, 82 p.

RESUME

La RATS (« Robotic-assisted thoracic surgery ») tend à s'imposer face à la VATS (« Video-assisted thoracic surgery ») dans la prise en charge des lobectomies de cancers pulmonaires, mais les coûts qu'elle engendre demeurent un frein à son développement.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact médico-économique à moyen terme de ces deux voies d'abord dans la prise en charge des lobectomies de cancers pulmonaires primitifs au CHU de Rouen.

Le recueil des données a été réalisé de façon rétrospective. Le calcul des coûts de prise en charge a été estimé selon la méthode de l'Etude Nationale de Coûts réajustée. L'étude statistique a été réalisée selon un score de propension.

275 patients ont été inclus dans l'étude avec 166 VATS et 109 RATS. La durée moyenne de séjour était significativement plus faible en RATS qu'en VATS ($p = 0,04$) de même que le taux de conversions ($p = 0,02$). Les exérèses robot-assistées ont été à l'origine d'un surcoût de 2 436 € par rapport aux lobectomies vidéo-assistées ($p < 0,002$). Les causes les plus fréquentes de réhospitalisation à 1 mois et à 3 mois étaient les affections pulmonaires ou ORL et les autres cancers.

Bien que la RATS reste à l'origine d'un surcoût pour l'établissement, les avantages qu'elle offre notamment en terme de qualité de vie ne sont pas à négliger. Le suivi à plus long terme serait une perspective intéressante à étudier afin de compléter les données économiques déjà existantes dans la littérature.

MOTS CLES : Chirurgie thoracique – Lobectomie – Coûts – Dispositifs médicaux – Robot

JURY

Président : Professeur Rémi VARIN
Membres : Professeur Jean-Marc BASTE
 Professeur Gaël GRIMANDI
 Docteur Marc LAURENT
 Docteur Henri GONDÉ
 Docteur Constance LE GAC

DATE DE SOUTENANCE : 12 octobre 2020