

LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE : UNE INNOVATION QUI PROFITE AU PATIENT, AU CHIRURGIEN ET PEUT GÉNÉRER DES ÉCONOMIES

L'EXEMPLE DES PROSTATECTOMIES TOTALES EN FRANCE



Étude économique

Juin 2023

A S T E R **è** S
études, recherche & conseil économique

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION : LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE EST AUJOURD'HUI LA MÉTHODE LA PLUS UTILISÉE POUR LES PROSTATECTOMIES TOTALES EN FRANCE.....	8
1.1 Définitions : la prostatectomie totale, un traitement chirurgical du cancer de la prostate.....	9
1.2 Entre 2013 et 2021 : une progression de la chirurgie robot-assistée, un déclin des chirurgies ouverte et coelioscopique	11
1.3 Substitution : une progression de la chirurgie robot-assistée au dépend de la chirurgie coelioscopique et de la chirurgie ouverte	13
2. POUR LE PATIENT : DES BÉNÉFICES SIGNIFICATIFS COMPARÉS À LA CHIRURGIE OUVERTE ET MODÉRÉS COMPARÉS À LA COELIOSCOPIE.....	15
2.1 Méthodologie : une revue de littérature académique internationale.....	16
2.2 Chirurgie robot-assistée et chirurgie ouverte : une nette amélioration des résultats péri-opératoires	20
2.3 Chirurgie robot-assistée et chirurgie coelioscopique : une légère amélioration des résultats péri-opératoires.....	25
3. POUR LE CHIRURGIEN : DES BÉNÉFICES SIGNIFICATIFS EN TERMES DE SANTÉ AU TRAVAIL.....	29
3.1 Méthodologie : une revue de littérature académique internationale sur l'ergonomie chirurgicale.....	30
3.2 Chirurgie robot-assistée et chirurgie ouverte : moins de douleurs et de blessures	32
3.3 Chirurgie robot-assistée et chirurgie coelioscopique : encore moins de douleurs et de blessures	35
4. IMPACT ÉCONOMIQUE NET : LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE PEUT DEVENIR RENTABLE À CERTAINES CONDITIONS.....	38
4.1 Différences de coût par prostatectomie : des gains sur le séjour, un surcoût lié à l'opération et au capital.....	39
4.2 Impact total en 2021 : les gains sur les dépenses variables sont compensés par le coût du robot... ..	42
4.3 Simulations : l'achat de nouveaux robots est rentable avec une organisation ou un usage optimisé	44
5. ANNEXES.....	49

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

En l'espace de deux décennies, la chirurgie robot-assistée s'est imposée comme la méthode privilégiée pour la réalisation des prostatectomies totales en France. La prostatectomie totale (PT) est le traitement de référence des cancers de la prostate localisés à risque faible ou intermédiaire. Une prostatectomie totale peut être réalisée par chirurgie ouverte (la voie « traditionnelle » qui consiste à réaliser une incision conséquente dans l'abdomen), par chirurgie coelioscopique (une méthode mini-invasive qui consiste à glisser les instruments chirurgicaux et une caméra dans l'abdomen du patient au travers de plusieurs discrètes incisions) ou par chirurgie robot-assistée (une chirurgie coelioscopique réalisée avec l'assistance d'un robot). La chirurgie robot-assistée est devenue, en l'espace de deux décennies, la technique la plus courante pour la réalisation des prostatectomies totales en France : aujourd'hui, 56% des PT sont réalisées par chirurgie robot-assistée. Asterès estime que, depuis son arrivée, la chirurgie robot-assistée s'est substituée pour 56% à la chirurgie ouverte et pour 44% à la chirurgie coelioscopique. La chirurgie robot-assistée est une technologie prometteuse : à mesure que les fabricants innovent, la chirurgie va devenir de plus en plus précise et les effets-secondaires pour les patients de plus en plus minimes.

LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE EST BÉNÉFIQUE POUR LE PATIENT ET POUR LE CHIRURGIEN

La chirurgie robot-assistée comporte des avantages cliniques et ergonomiques comparée à la chirurgie ouverte et à la chirurgie coelioscopique. Asterès a conduit une revue de littérature académique internationale visant à évaluer l'impact de la chirurgie robot-assistée sur le parcours de soins du patient et la santé des chirurgiens. La chirurgie robot-assistée apparaît supérieure aux deux autres techniques sur tous les plans :

- **La chirurgie robot-assistée allège le parcours de soins du patient de manière significative comparée à la chirurgie ouverte et de manière plus modeste comparée à la chirurgie coelioscopique.** Avec un temps d'opération plus long, la chirurgie robot-assistée réduit significativement la durée de séjour (-3,1 jours en moyenne en France, hors complications) et les risques de complications (-7 points de pourcentage en France) et de réintervention (-4 points selon une étude allemande) comparée à la chirurgie ouverte. Comparée à la coelioscopie conventionnelle, la chirurgie robot-assistée réduit aussi, dans une moindre mesure, la durée de séjour (-1,3 jour) et les risques de complications (-2 points) et de réintervention (-1 point). En France, l'allègement du parcours de soins permet un retour au travail plus rapide comparé à la chirurgie ouverte. Aucune donnée n'est disponible pour la comparaison avec la coelioscopie.
- **La chirurgie robot-assistée réduit significativement l'inconfort et les problèmes de santé résultant de la pratique de la chirurgie, chez les chirurgiens.** Les douleurs pendant et après une intervention robot-assistée sont deux fois plus rares et deux fois moins intenses que les douleurs pendant et après une intervention par chirurgie ouverte ou coelioscopique. Les blessures induites par la chirurgie robot-assistée sont deux fois plus rares que les blessures induites par la chirurgie ouverte et trois fois plus rares que les blessures induites par la coelioscopie. Les publications passées en revue sont unanimes sur les bénéfices ergonomiques de la chirurgie robot-assistée.

LES PROSTATECTOMIES TOTALES ONT ENGENDRÉ UN SURCÔUT DE 0,4 M€ EN 2021

La substitution de la chirurgie robot-assistée à la chirurgie ouverte et à la coelioscopie a entraîné un surcoût net de 0,4 M€ en 2021 d'après les calculs d'Asterès, soit 34€ par prostatectomie. Ce coût net résulte de la différence entre le coût des robots et les économies réalisées grâce à la réduction de la durée de séjour, des jours d'arrêts de travail, des taux de complications et de taux de réinterventions. Une des limites de cette étude est que les soins de ville consécutifs aux complications n'ont pu être pris en compte, faute de données. Le coût des prostatectomies se limite donc au coût hospitalier et aux arrêts de travail :

- **Le coût des robots s'élève à 7,7 M€ en 2021, soit 659€ par prostatectomie.** Ce coût a été calculé sur la base d'un volume de 171 opérations par an (moyenne nationale), d'une proportion des prostatectomies dans le total des procédures réalisées par chaque robot qui s'élève à 35% (moyenne nationale) et d'une durée d'amortissement de 7 ans. Étant donné que ce chiffre repose sur des moyennes, les résultats présentés ne rendent pas compte des disparités qui existent entre les hôpitaux. **En réalité, certains centres hospitaliers réalisent déjà des économies grâce à la chirurgie robot-assistée en raison d'un volume d'opérations plus important que la moyenne et/ou d'une durée de vie du robot supérieure à la durée d'amortissement.**
- **Les économies générées sur les dépenses variables s'élèvent à 7,3 M€, soit 626€ par prostatectomie.** Dans le détail, 5,1 M€ d'économies ont été générées par substitution à la chirurgie ouverte, soit 783€ par prostatectomie, et 2,2 M€ par substitution à la coelioscopie, soit 427€ par prostatectomie. Ces économies résultent directement de l'amélioration des résultats péri-opératoires, c'est-à-dire la réduction de la durée de séjour, du taux de complication, du taux de réintervention et des jours d'arrêts maladie. Par conséquent, ces économies profitent principalement aux hôpitaux (88% en moyenne) et dans une moindre mesure aux entreprises (6%), à l'Assurance maladie (4%) et aux patients (2%). L'impact économique de la réduction des douleurs et des blessures induites par la pratique de la chirurgie s'est avéré négligeable pour le chirurgien. Le confort que le robot confère aux chirurgiens n'a pas été valorisé économiquement dans cette étude.

LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE POURRAIT GÉNÉRER DES ÉCONOMIES POUR LE SYSTÈME DE SOINS ET LA SOCIÉTÉ, À CERTAINES CONDITIONS

Si la durée de vie des robots est supérieure à la durée d'amortissement (7 ans), alors la chirurgie robot-assistée constitue un investissement rentable pour le système de soins¹. Les hôpitaux peuvent agir sur trois paramètres pour améliorer la rentabilité du robot : le volume d'opérations, la durée de vie et l'organisation des soins et des équipes. Pour les hôpitaux les plus performants, la chirurgie robot-assistée pourrait engendrer jusqu'à 1 413€ d'économie par prostatectomie (durée de vie de 20 ans, 600 opérations par an et réorganisation des soins et des équipes). À l'inverse, les hôpitaux les moins performants seront exposés à un surcoût pouvant atteindre 3 013€ par prostatectomie (durée de vie de

¹ Dans cette étude, la rentabilité est entendue comme la différence entre le coût de la chirurgie robot-assistée et le coût des techniques auxquelles elle se substitue (chirurgie ouverte et chirurgie coelioscopique). Ce calcul coût-avantage vise à capturer l'impact de la chirurgie robot-assistée sur le système de soins dans son ensemble. Cette étude se distingue donc des études médico-économiques classiques où la rentabilité est entendue au sens comptable (la différence entre les recettes et les dépenses). Pour plus de détails concernant la méthode, consulter la partie 1.3.

10 ans, volume de 25 opérations par an et pas de réorganisation). Selon l'organisation du service et la durée de vie du robot (10 ou 20 ans), le seuil de rentabilité de la chirurgie robot-assistée varie entre 43 et 146 opérations par an (toutes procédures confondues). Maximiser la durée de vie du robot implique cependant que les hôpitaux se privent des innovations réalisées dans le domaine pendant toute la durée de vie du robot. De même, maximiser le volume d'opérations en concentrant les interventions robot-assistées au sein de centres régionaux implique de demander aux patients de parcourir une distance plus longue pour accéder aux soins.

PRÉAMBULE

Le cabinet ASTERES a été mandaté par Intuitive pour travailler sur l'impact économique de la chirurgie robot-assistée

Les économistes d'ASTERES ont bénéficié d'une totale indépendance dans la conduite de cette étude. Les sources de l'ensemble des données utilisées sont disponibles dans l'étude.

Les propos tenus ici n'engagent que leurs auteurs. Le document a été rédigé par Guillaume Moukala Same et Charles-Antoine Schwerer, économistes chez ASTERES.

1. INTRODUCTION : LA
CHIRURGIE ROBOT-
ASSISTÉE EST
AUJOURD'HUI LA
MÉTHODE LA PLUS
UTILISÉE POUR LES
PROSTATECTOMIES
TOTALES EN FRANCE



La prostatectomie totale, qui consiste en l’ablation complète de la prostate, est le traitement de référence des cancers de la prostate localisés à risque faible ou intermédiaire. Les prostatectomies totales sont aujourd’hui de moins en moins réalisées par chirurgie ouverte ou coelioscopie conventionnelle et de plus en plus par chirurgie robot-assistée : entre 2013 et 2021, la part des prostatectomies par chirurgie robot-assistée a été multipliée par trois, alors que la part de la chirurgie ouverte et la part de la coelioscopie conventionnelle ont été divisées par deux. Asterès estime que depuis son arrivée, la chirurgie robot-assistée s’est ainsi substituée à 56% aux chirurgies ouvertes et à 44% aux coelioscopie conventionnelles.

1.1 DÉFINITIONS : LA PROSTATECTOMIE TOTALE, UN TRAITEMENT CHIRURGICAL DU CANCER DE LA PROSTATE

1.1.1 LA PROSTATECTOMIE TOTALE : LE TRAITEMENT DE RÉFÉRENCE DES CANCERS LOCALISÉS DE LA PROSTATE À RISQUE FAIBLE OU INTERMÉDIAIRE

La prostatectomie totale (PT) est le traitement de référence des cancers localisés (c’est-à-dire sans métastase), à risque faible ou intermédiaire, de la prostate⁽¹⁾. Une prostatectomie totale consiste en l’ablation de la prostate et des vésicules séminales et peut être réalisée de trois manières différentes : par chirurgie ouverte, coelioscopique ou robot-assistée. La prostatectomie est, de loin, la première application de la chirurgie robot-assistée (35% des interventions robot-assistées en 2021), loin devant les néphrectomies partielles (10%) et les hystérectomies (7%), justifiant le choix de cette procédure pour illustrer l’impact économique de la chirurgie robot-assistée². À noter que l’impact médical et économique de la chirurgie robot-assistée pouvant varier selon la procédure, les résultats présentés dans cette étude ne sont pas généralisables à toutes les procédures robot-assistées

1.1.2 LA CHIRURGIE OUVERTE : UNE MÉTHODE « TRADITIONNELLE » DE MOINS EN MOINS UTILISÉE EN RAISON DE SON CARACTÈRE INVASIF

La chirurgie ouverte est la méthode « traditionnelle » et la plus invasive. Lors d’une prostatectomie totale par voie ouverte, le chirurgien accède à la prostate en réalisant une incision conséquente de

² Données du fabricant auxquelles Asterès a eu accès. Ces données sont collectées directement via le logiciel des systèmes da Vinci et sont plus exhaustives que les données publiques du Programme de Médicalisation des Systèmes d’Information (PMSI) qui ne couvrent que 82% des interventions robot-assistées réalisées en France.

l'abdomen (d'où le caractère « invasif »), sous le nombril (on parle aussi de prostatectomie totale « rétro-pubienne »). Dans les années 1990, des méthodes dites « mini-invasives » (coelioscopie conventionnelle ou robot-assistée) ont été développées pour minimiser l'impact de l'opération sur le corps humain.

1.1.3 LA CHIRURGIE COELIOSCOPIQUE CONVENTIONNELLE : UNE MÉTHODE MINI-INVASIVE MANUELLE NÉCESSITANT UN NIVEAU D'EXPERTISE ÉLEVÉ

La chirurgie coelioscopique conventionnelle est une technique mini-invasive sans assistance robot. La prostatectomie radicale par coelioscopie consiste à glisser les instruments chirurgicaux et une caméra dans l'abdomen du patient au travers de multiples et discrètes incisions. La technique est apparue dans les années 1990 et a commencé à se diffuser en France dans les années 2000(2,3). Aujourd'hui, une coelioscopie peut être réalisée avec ou sans l'assistance d'un robot. Dans cette étude, nous parlerons de « coelioscopie » ou « chirurgie coelioscopique » pour désigner les coelioscopies manuelles (ou conventionnelles), c'est-à-dire sans assistance robot. Les coelioscopies manuelles sont des procédures délicates, particulièrement complexes à réaliser(4).

1.1.4 LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE : UNE MÉTHODE MINI-INVASIVE PLUS ACCESSIBLE

La chirurgie robot-assistée est une technique mini-invasive réalisée avec l'assistance d'un robot. Contrairement à la coelioscopie conventionnelle, le chirurgien ne manipule pas directement les instruments chirurgicaux mais pilote depuis une console, qui reconstitue visuellement en 3D HD l'abdomen du patient, un robot sur lequel sont fixés les instruments. L'assistance robotique facilite l'exécution des coelioscopies et rend la technique accessible à un plus grand nombre de chirurgiens(5). Cette étude s'intéresse à l'état actuel de la technologie mais l'ajout d'une machine entre le chirurgien et le patient démultiplie les possibilités d'innovation futures : à mesure que la technologie se perfectionne (visualisation des bandelettes, de nouvelles molécules), la chirurgie va devenir de plus en plus précise et de moins en moins invasive. À l'inverse, le seul levier d'amélioration de la coelioscopie manuelle est la compétence des chirurgiens, qui atteint inévitablement un plateau.

1.2 ENTRE 2013 ET 2021 : UNE PROGRESSION DE LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE, UN DÉCLIN DES CHIRURGIES OUVERTE ET COELIOSCOPIQUE

1.2.1 LA CHIRURGIE OUVERTE : LA TECHNIQUE TRADITIONNELLE EST DE PLUS EN PLUS RÉSERVÉE AUX CAS COMPLEXES

La part des prostatectomies totales réalisées par chirurgie ouverte a été divisée par deux entre 2013 et 2021, passant de 40% à 20%³. En 2021, 4 077 prostatectomies totales ont été réalisées par chirurgie ouverte, contre 7 095 en 2013, soit une baisse de 74%. En raison de son caractère invasif, la voie ouverte est de plus en plus réservée aux cas compliqués (patients avec d'importantes comorbidités) difficilement opérables par chirurgie mini-invasive.

Graphique 1. Evolution du nombre de prostatectomies totales par chirurgie ouverte en France entre 2013 et 2021.



Source : ATIH

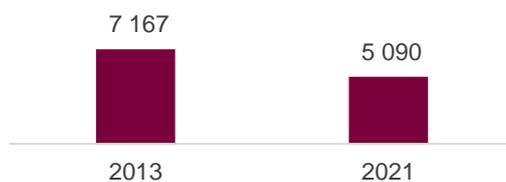
1.2.2 LA CHIRURGIE COELIOSCOPIQUE : LA MÉTHODE MINI-INVASIVE CLASSIQUE LAISSE PEU À PEU PLACE À LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE

La part de la chirurgie coelioscopique a été presque divisée par deux entre 2013 et 2021, passant de 40% à 24%(6)⁴. En 2021, 5 090 prostatectomies totales ont été réalisées par coelioscopie, contre 7 167 en 2013, soit une baisse de 29%. La chirurgie coelioscopique est progressivement remplacée par la chirurgie robot-assistée.

³ Données ATIH. Les données avant 2013 ne sont pas disponibles.

⁴ Les données ATIH ne font la distinction entre coelioscopie avec et sans assistance robot que depuis 2019, mais la part de la chirurgie robot-assistée à cette époque est estimée à environ 20% par Carbonne (2014), permettant de déduire la part de des coelioscopies conventionnelles. Il n'est pas clair dans la thèse de Carbonne (2014) si ce chiffre de 20% fait référence à l'année 2011, 2012 ou 2013. Ce chiffre est donc plutôt un ordre de grandeur qu'un chiffre officiel précis.

Graphique 2. Evolution du nombre de prostatectomies totales par chirurgie coelioscopique (non robot-assistée) en France entre 2013 et 2021.

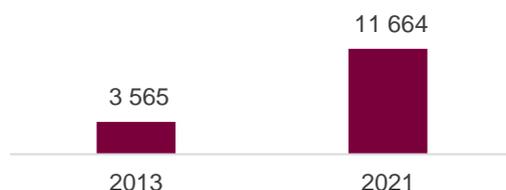


Sources : ATIH, Carbonne 2014

1.2.3 LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE : LA TECHNIQUE LA PLUS RÉCENTE S'EST PROGRESSIVEMENT IMPOSÉE

La part des prostatectomies totales robot-assistées a presque été multipliée par trois entre 2013 et 2021, passant de 20% à 56%. En 2021, 11 664 prostatectomies totales ont été réalisées par chirurgie robot-assistée, contre 3 565 en 2013, soit une hausse de 227%. Le nombre de systèmes da Vinci installés a progressé de presque 150% entre 2013 et 2021, passant de 80 à 197 robots⁵.

Graphique 3. Evolution du nombre de prostatectomies totales par chirurgie robot-assistée en France entre 2013 et 2021.



Sources : ATIH, Carbonne 2014

⁵ La donnée sur le nombre actuel de robots provient du fabricant. La donnée pour l'année 2013 provient de Carbonne (2014).

1.3 SUBSTITUTION : UNE PROGRESSION DE LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE AU DÉPEND DE LA CHIRURGIE COELIOSCOPIQUE ET DE LA CHIRURGIE OUVERTE

1.3.1 ÉVALUER UN IMPACT NET : LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE DOIT ÊTRE COMPARÉE AUX TECHNIQUES AUXQUELLES ELLE SE SUBSTITUE

L'impact économique net de la chirurgie robot-assistée est défini comme la différence entre le coût de la chirurgie robot-assistée et le coût de la méthode qui aurait été utilisée en l'absence de robot. L'impact économique de la chirurgie robot-assistée n'est donc pas le même selon qu'elle se substitue à la chirurgie ouverte ou à la coelioscopie conventionnelle. Il est donc indispensable de déterminer à quelle(s) méthode(s) la chirurgie robot-assistée se substitue. Pour ce faire, Asterès se base sur l'évolution historique des techniques utilisées pour la réalisation de prostatectomies. Faute de données historiques remontant à une période antérieure à l'arrivée de la chirurgie robot-assistée, Asterès s'est basé sur la période 2013 - 2021 pour déterminer les taux de substitution de la chirurgie robot-assistée.

1.3.2 SUBSTITUTION : POUR MOITIÉ À LA CHIRURGIE OUVERTE ET POUR MOITIÉ À LA CHIRURGIE COELIOSCOPIQUE

En l'absence de chirurgie robot-assistée, Asterès estime que 56% des prostatectomies seraient réalisées par chirurgie ouverte et 44% par chirurgie coelioscopique. Sur les 11 664 opérations robot-assistées en 2021, Asterès a calculé que 37% compensaient la baisse des opérations par chirurgie ouverte, 26% la baisse des opérations par chirurgie coelioscopique. Restent 37% qui correspondent à l'augmentation nette du nombre de prostatectomies sur la période, dont 15% qui auraient été réalisés par chirurgie ouverte, 15% par chirurgie coelioscopique et 7% par chirurgie robot-assistée avec la répartition de 2013. Ces dernières opérations robot-assistées sont réparties équitablement entre les deux autres techniques, faute de données plus précises permettant d'établir un contrefactuel (voir tableau 1). Ce raisonnement repose sur l'hypothèse d'un « plafond de verre » de la coelioscopie conventionnelle : l'absence de la chirurgie robot-assistée n'aurait pas été entièrement compensée par la coelioscopie conventionnelle en raison d'une limite du nombre de chirurgiens disposant des compétences techniques pour réaliser une telle procédure, et la part de chirurgies mini-invasives (coelioscopie et robot-assistée) n'aurait jamais atteint le niveau actuel.

Tableau 1. Taux de substitution de la chirurgie robot-assistée à la chirurgie ouverte et à la chirurgie coelioscopique.

	Taux de substitution
Ouverte	56%
<i>Compensation</i>	37%
<i>Augmentation</i>	18%
Coelioscopie	44%
<i>Compensation</i>	26%
<i>Augmentation</i>	19%
Total	100%

Sources : ATIH, Carbonne (2014), calculs Asterès

2. POUR LE PATIENT : DES
BÉNÉFICES SIGNIFICATIFS
COMPARÉS À LA CHIRURGIE
OUVERTE ET MODÉRÉS
COMPARÉS À LA
COELIOSCOPIE



Une revue de littérature a été menée pour évaluer les bénéfices potentiels de la chirurgie robot-assistée pour les patients. Au total, 23 publications académiques internationales comparant les résultats de la chirurgie robot-assistée aux résultats de la chirurgie ouverte et/ou coelioscopique ont été conservées. Comparé à la chirurgie ouverte et à la coelioscopie, les patients opérés par chirurgie robot-assistée passent moins de temps à l'hôpital et ont moins de chance de rencontrer des complications ou d'être réadmis à l'hôpital, avec des différences plus importantes entre la chirurgie robot-assistée et la chirurgie ouverte. L'allègement du parcours de soins permet de réduire le nombre de jours d'arrêts de travail prescrits par rapport à la chirurgie ouverte, mais pas par rapport à la coelioscopie. Enfin, une chirurgie robot-assistée dure plus longtemps qu'une chirurgie ouverte, et dure aussi longtemps qu'une coelioscopie.

2.1 MÉTHODOLOGIE : UNE REVUE DE LITTÉRATURE ACADÉMIQUE INTERNATIONALE

2.1.1 TYPES D'ÉTUDES SÉLECTIONNÉES : LES ESSAIS CLINIQUES RANDOMISÉS ET NON RANDOMISÉS ET LES ANALYSES DE BASES DE DONNÉES ONT ÉTÉ INCLUS, LES REVUES DE LITTÉRATURE SYSTÉMATIQUE ET MÉTA-ANALYSE ONT ÉTÉ EXCLUES

Toutes les revues de littérature et méta-analyses ont été exclues pour ne garder que les études originelles. Les études considérées pour intégrer la revue de littérature peuvent être regroupées en cinq types d'étude : les essais contrôlés randomisés (ECR), les essais cliniques non randomisés (ECNR), les analyses rétrospectives de bases de données, les enquêtes et les revues de littérature systématiques ou méta-analyses. Après examen, seul ce dernier type d'étude a été exclu de l'analyse :

- **Les essais cliniques randomisés utilisent la méthodologie la plus robuste mais sont rares.** Un essai clinique randomisé consiste à répartir aléatoirement (randomisation) les patients dans les groupes correspondant à chaque approche chirurgicale (ouverte, coelioscopique, robot-assistée) et à comparer les résultats. L'intérêt de la randomisation est de permettre une comparabilité initiale en limitant les biais de sélection et les facteurs de confusion. L'ECR a pour inconvénient de porter généralement sur des échantillons de taille faible, empêchant d'étudier les événements rares (comme les conversions). Les ECR comparant les différentes approches chirurgicales sont extrêmement rares car les chirurgiens et les patients ne souhaitent pas opérer ou être opérés selon un mode opératoire déterminé aléatoirement. Pour ce type d'étude, Asterès peut donc prétendre à une quasi-exhaustivité : à notre connaissance, seulement quatre ECR comparant la chirurgie robot-assistée à la chirurgie ouverte ou la chirurgie coelioscopique, dans le cadre des prostatectomies totales, ont été réalisées à ce jour.

- **Les essais cliniques prospectifs non randomisés constituent une alternative aux ECR mais présentent un risque de biais plus élevé.** Lors d'un essai clinique non randomisé (ECNR), les patients sont répartis dans les différents groupes selon une méthode non aléatoire. Le risque de biais est donc plus élevé (sélection, facteur de confusion), mais l'ECNR reste une alternative rigoureuse aux ECR. Lors de l'analyse des résultats, des méthodes statistiques sont généralement utilisées pour minimiser les risques de biais (régressions). Ce type d'étude étant plus répandu, Asterès ne prétend pas à l'exhaustivité : trois essais cliniques prospectifs non randomisés ont été sélectionnés.
- **L'analyse rétrospective de base de données est la méthode la plus régulièrement utilisée (en dehors des revues de littérature) mais comporte également des limites.** Contrairement aux essais cliniques, l'analyse est décidée *a posteriori* (rétrospectivement) et réalisée à partir d'une base de données qui peut être celle de l'hôpital, d'une association de professionnels, d'une administration, ou autre (ex. PMSI / SNDS). Les analyses de larges bases de données sont plus représentatives de la population nationale que les analyses de bases de données monocentriques, portant généralement sur des centres hospitaliers réalisant des volumes plus importants que la moyenne, et permettent d'observer des événements rares. Comme les essais cliniques non randomisés, les analyses de base de données présentent des risques de biais, qui peuvent être limités grâce à des méthodes statistiques. Étant donné le nombre très élevé d'analyses de bases de données dans la littérature, une préférence a été accordée lors de la sélection à celles portant sur des données européennes, et en particulier françaises. Asterès prétend à la quasi-exhaustivité pour les études portant sur des données françaises, mais pas pour les études étrangères. Au total, 15 études de ce type ont été sélectionnées.
- **Les enquêtes quantitatives sont rares mais peuvent compléter les études médico-économiques classiques sur la dimension socio-professionnelle.** Les enquêtes auprès d'urologues sont intégrées dans la mesure où elles peuvent apporter des informations sur les pratiques de prescription d'arrêt de travail des chirurgiens, en complément des études médico-économiques classiques qui n'intègrent pas toujours la dimension socio-professionnelle. Une seule étude de ce type a été sélectionnée.
- **Les revues de littérature systématiques et méta-analyses sont très courantes mais ont été exclues de cette revue de littérature.** La revue de littérature vise à établir un bilan de l'état des connaissances sur un sujet précis à l'aide d'une méthode rigoureuse. Les revues de littérature systématiques peuvent comprendre une partie méta-analytique visant à combiner les données des publications étudiées pour réaliser des moyennes (on parle de « méta-analyse »). Les revues de littérature systématiques n'ont pas été retenues pour cette partie afin d'éviter les doubles comptages et de sélectionner uniquement les publications répondants aux critères de l'étude.

Encadré 1. Méthode de recherche : utilisation de moteurs de recherche spécialisés

La littérature académique comparant les résultats cliniques des prostatectomies totales robot-assistées aux prostatectomies totales par chirurgie ouverte ou coelioscopique a été scrutée en vue de sélectionner les articles les plus pertinents et robustes. La recherche a été effectuée à l'aide de moteurs de recherche spécialisés (Google Scholar, PubMed) en procédant par mots clés. En complément, les références citées par la Haute Autorité de la Santé (HAS) dans son évaluation de 2016(7) et les articles académiques envoyés par les collaborateurs d'Intuitive ont été analysés.

2.1.2 CRITÈRES SÉLECTIONNÉS : LES RÉSULTATS PÉRI-OPÉRATOIRES, ONCOLOGIQUES ET SOCIO-ÉCONOMIQUES ONT ÉTÉ ANALYSÉS, LES RÉSULTATS FONCTIONNELS NE L'ONT PAS ÉTÉ

Les études évaluant les paramètres pouvant potentiellement avoir un impact économique ont été retenues. On distingue quatre types de critères d'évaluation : les critères péri-opératoires, les critères oncologiques, les critères socio-économiques et les critères fonctionnels. Seules les publications évaluant les trois premiers ont été sélectionnées. Lorsque les données issues d'une même étude sont analysées plusieurs fois dans différentes publications, seulement une publication est retenue pour éviter les redondances. En revanche, lorsque deux études s'appuient sur une même base de données mais s'intéressent à des indicateurs différents, il n'a pas été jugé nécessaire d'exclure une des deux études.

- **Les publications analysant les critères péri-opératoires, qui concernent les événements se déroulant au cours du parcours de soins, ont été intégrées à la revue de littérature.** Les critères péri-opératoires comprennent la durée de l'opération, la durée de séjour et les complications intra ou post-opératoires –qui comprennent tous les événements indésirables pouvant survenir pendant ou après l'opération. Le taux de complication global (« *overall complications* ») est d'abord présenté, puis une attention particulière est portée à certains types de complications assez courantes et pouvant potentiellement avoir un impact économique : les transfusions, les conversions en chirurgie ouverte⁶, les réadmissions et réinterventions.
- **Les publications analysant les critères socio-économiques, qui intègrent la dimension socio-professionnelle, ont été intégrées à la revue de littérature.** Les deux indicateurs principaux sont le nombre d'arrêts maladie prescrits par le chirurgien-urologue et le délai avant retour au travail. Ces paramètres ont un impact économique direct (le coût des congés maladie pour l'Assurance maladie et l'employeur) et indirect (la perte de productivité résultant de la période de convalescence).
- **Les publications analysant les critères oncologiques, en rapport avec l'évolution de la tumeur, ont été intégrées à la revue de littérature.** Le résultat oncologique principal étudié ici est le « taux de marge chirurgicale positive ». La finalité de la prostatectomie totale étant de traiter le cancer, le taux de marge chirurgicale positive est un indicateur de réussite de l'opération : une « marge chirurgicale positive » signifie qu'il y a présence de cellules cancéreuses à la marge des tissus retirés, augmentant le risque de récurrence biologique. Le taux de marge chirurgicale positive peut donc avoir un impact économique indirect, à moyen voire long terme.
- **Les publications analysant uniquement les critères fonctionnels, qui concernent les fonctions urinaires et érectiles, ne sont pas intégrées à la revue de littérature.** La prostatectomie totale entraîne généralement des dysfonctionnements urinaires et/ou érectiles qui peuvent nécessiter des soins de ville (protections absorbantes, rééducation périnéale) et des soins hospitaliers (pose de prothèse). Les soins de ville n'ont pu être intégrés faute de données, et les poses de prothèse entrent dans la catégorie des réinterventions (analysées dans le cadre des critères péri-opératoires).

⁶ En cas de complication sérieuse, une opération initialement prévue pour être réalisée par coelioscopie (robot-assistée ou non) peut être convertie en chirurgie ouverte au cours même de l'opération. On parle alors de « conversion en chirurgie ouverte ».

2.13 RÉSULTATS DE LA SÉLECTION : 23 PUBLICATIONS ACADÉMIQUES INTERNATIONALES

Au total, 23 publications ont été sélectionnées pour cette revue de littérature. Parmi ces 23 études, plus de la moitié ont été réalisées en Europe, dont quatre en France. La majorité des publications étudiées sont des analyses rétrospectives de base de données, et le reste est réparti entre les essais cliniques randomisés, les essais cliniques non randomisés et une enquête (voir tableau 2). Les publications comparant la chirurgie robot-assistée à la chirurgie ouverte (11 publications) sont plus fréquentes que les publications comparant la chirurgie robot-assistée à la chirurgie coelioscopique (5 publications) ou que les publications comparant les trois types de chirurgie en même temps (6 publications). Cela peut s'expliquer par le fait que, en dehors de la France, la technique coelioscopique est relativement peu répandue car très difficile à maîtriser(4). Une enquête compare la chirurgie ouverte à la coelioscopie sans faire la distinction entre coelioscopie conventionnelle et coelioscopie robot-assistée mais a tout de même été intégrée afin de fournir des données sur les congés maladie(8). Malgré les efforts consentis pour sélectionner les études les plus rigoureuses, le risque de biais et de confusion dans les publications analysées n'est pas nul (voir encadré 2). Ce risque est pris en compte dans l'analyse.

Tableau 2. Nombre de publications intégrées à la revue de littérature, par région et par type.

Par région		Total
France	4	23
Etats-Unis	4	
Europe	10	
Autre (Asie, Océanie)	5	
Par type		Total
ECR	4	23
ECNR	3	
Analyses de bases de données	15	
Enquête	1	

Encadré 2. Limites méthodologiques des publications analysées : le risque de biais et de confusion n'est pas nul et doit être pris en compte dans l'analyse

Les publications étudiées comportent, pour la plupart, des limites méthodologiques qu'il convient de prendre en compte. Deux phénomènes peuvent brouiller l'interprétation de la relation observée entre l'approche chirurgicale et les résultats : les biais et les facteurs de confusion(9).

Le biais de sélection est le principal biais pouvant brouiller l'interprétation des résultats. La sélection des patients est biaisée lorsqu'elle conduit à un groupe de patients non représentatif de la population étudiée. Dans cette étude, le risque est que la technique avec laquelle le patient est opéré soit choisie en fonction de ses caractéristiques (âge, IMC, stade de la tumeur). Par nature, les essais cliniques randomisés ne sont pas exposés au risque de biais de sélection, mais les autres types d'études le sont.

Le risque de biais de sélection peut être limité grâce à des techniques statistiques (généralement des régressions linéaires multivariées ou des analyses par score de propension).

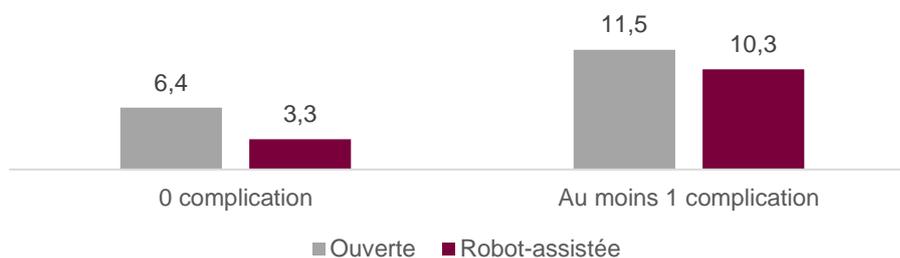
L'expérience du chirurgien et le volume de l'hôpital sont les deux principaux facteurs de confusion pouvant brouiller les résultats. Un facteur de confusion est un facteur lié à la fois à la variable explicative (l'approche chirurgicale) et la variable expliquée (les résultats péri-opératoires, oncologiques ou socio-économiques), et empêche d'interpréter le résultat. Dans le cas des études comparant les différentes approches chirurgicales, deux facteurs de confusion très courants sont l'expérience du chirurgien et le volume de l'hôpital, étant tous les deux corrélés positivement aux indicateurs de réussite de l'opération(10,11). Par exemple, une comparaison entre une chirurgie ouverte réalisée par un chirurgien « débutant » et une chirurgie robot-assistée réalisée par un chirurgien « expérimenté » est biaisée en faveur de la chirurgie robotique. Ce risque concerne tous les types d'études mais peut être minimisé grâce à des méthodes statistiques (régressions multiples). Les essais cliniques peuvent être également conçus de manière à limiter la présence de facteurs de confusion (en réalisant l'expérience dans un seul centre hospitalier, ou en sélectionnant quelques chirurgiens avec des expériences comparables), mais souvent au détriment de la généralisabilité des résultats.

2.2 CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE ET CHIRURGIE OUVERTE : UNE NETTE AMÉLIORATION DES RÉSULTATS PÉRI-OPÉRATOIRES

2.2.1 LA DURÉE DE SÉJOUR : MOINS LONGUE AVEC LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE

Les patients restent moins longtemps à l'hôpital après une chirurgie robot-assistée qu'après une chirurgie ouverte. Sur les 13 publications analysant ce critère, 12 ont trouvé que le séjour à l'hôpital était significativement moins long (voir encadré 3) lorsque l'opération était réalisée par chirurgie robot-assistée(3,12–23). Une seule étude allemande trouve une durée de séjour significativement plus longue suite à une chirurgie robot-assistée, mais les auteurs précisent que ce résultat peut s'expliquer par la politique de remboursement en Allemagne et n'est donc pas généralisable à d'autres pays(13). En France, d'après les données de l'ATIH, la différence de durée séjour entre une chirurgie robot-assistée et une chirurgie ouverte est de 3,1 jours en moyenne pour un parcours de soins sans complication et 1,2 jour en moyenne pour un parcours avec au moins une complication (voir annexe 1 et 2 pour les détails). À noter que selon une étude récente, en France, 1,3% des patients sont libérés le jour même après une chirurgie robot-assistée, contre 0,3% après une chirurgie ouverte (différence cependant non significative)(3).

Graphique 4. Durée moyenne de séjour à l'hôpital pour une prostatectomie totale, par approche chirurgicale et par scénario (2021)



Source : ATIH, calculs Asterès

Encadré 3 : les tests de significativité

Les études étant basées sur des échantillons de la réalité, la possibilité que la différence observée entre deux groupes soit due au hasard ne peut pas être écartée. Cette probabilité est appelée « valeur p » ou « *p-value* » en anglais. Si l'on n'est jamais certain qu'une différence ne soit pas due au hasard, la probabilité que ce soit le cas, la *p-value*, peut être calculée à l'aide de tests statistiques. Lorsqu'il y a peu de chance qu'une différence soit due au hasard, on parle de résultat « statistiquement significatif ». Traditionnellement, un résultat est jugé statistiquement significatif quand la *p-value* est inférieure à 0,05.

À l'inverse, une absence de différence peut résulter d'un « manque de puissance » de l'étude et non refléter une absence réelle de différence. On parle de manque de puissance quand une étude ne parvient pas, ou peine à mettre en évidence une différence qui existe pourtant dans la réalité(9). Ce problème peut être rencontré lorsque l'échantillon est petit alors que le phénomène que l'on cherche à observer est peu fréquent.

2.2.2 LA DURÉE D'OPÉRATION : PLUS LONGUE AVEC LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE

Le temps d'opération avec la chirurgie robot-assistée est en moyenne plus long qu'avec la chirurgie ouverte. Les 4 publications ayant étudié la durée d'opération ont toutes trouvé que la durée d'opération était significativement plus longue avec la technique robot-assistée(12–14,24). Ce résultat est logique puisque la chirurgie robot-assistée est une technique plus minutieuse et plus délicate à réaliser que la chirurgie ouverte. Aucune donnée française n'est disponible sur la durée d'opération moyenne. Les publications analysées trouvent une durée d'opération moyenne qui varie, pour la chirurgie robot-assistée, de 165 minutes en moyenne dans une étude française à 240 minutes dans une étude italienne et, pour la chirurgie ouverte, de 103 minutes dans une étude suédoise à 181 minutes dans une étude allemande. Pour la suite de l'étude, Asterès retient la publication trouvant la différence la moins importante entre les deux techniques (200 minutes pour la chirurgie robot-assistée et 181 minutes pour la chirurgie ouverte).

2.2.3 LES COMPLICATIONS : PLUS RARES AVEC LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE

Les complications sont plus rares avec la chirurgie robot-assistée qu’avec la chirurgie ouverte. Les études convergent vers une supériorité de la chirurgie robot-assistée concernant le taux global de complications, les transfusions, les réadmissions et les réinterventions :

- **Au global, les complications sont plus rares avec la chirurgie robot-assistée qu’avec la chirurgie ouverte.** Sur les 8 publications analysant les « complications » de manière générale, 7 ont trouvé une différence en faveur de la chirurgie robot-assistée, dont 5 une différence significative(3,14–17,19,21,25). En France, d’après les données de l’ATIH, 3% des patients opérés par chirurgie robot-assistée rencontrent au moins une complication au cours de leur parcours de soins, contre 10% des patients opérés par chirurgie ouverte, soit une différence de 7 points de pourcentage (voir annexe 1)⁷.
- **Les transfusions sont plus rares avec la chirurgie robot-assistée qu’avec la chirurgie ouverte.** Les 10 études analysant le besoin en transfusion ont toutes trouvé une différence en faveur de la chirurgie robot-assistée, dont 9 une différence significative(13–19,21,25,26). D’après les données de la littérature, le taux de transfusion (hors transfusions « modérées » et « autologues ») varie selon les études de 0% à 6% pour la chirurgie robot-assistée et de 3% à 42% pour la chirurgie ouverte. Les données françaises sur les transfusions ne sont pas disponibles. Le coût des transfusions étant déjà compris dans le surcoût pour un parcours de soins avec complications, ces chiffres ne sont présentés qu’à titre indicatif.
- **Les réadmissions sont plus rares après une chirurgie robot-assistée qu’après une chirurgie ouverte.** Sur les 4 études analysant les réadmissions, 3 ont trouvé un taux de réadmission plus faible pour la chirurgie robot-assistée, dont 2 un taux de réadmission significativement plus faible(3,12,16,20). D’après une étude récente, en France, le taux de réadmission moyen dans les 30 jours est de 7% pour la chirurgie robot-assistée, contre 12% pour la chirurgie ouverte, soit une différence de 5 points. Dans les 90 jours, le taux de réadmission moyen est de 8% pour la chirurgie robot-assistée contre 15% pour la chirurgie ouverte, soit une différence de 7 points(3). L’objet des réadmissions n’étant pas connu, ces chiffres n’ont pas pu être utilisés dans les calculs.
- **Les réinterventions, dont ré-opérations, sont plus rares après une chirurgie robot-assistée qu’après une chirurgie ouverte.** Les 3 études ayant analysé ces critères ont toutes trouvé une différence en faveur de la chirurgie robot-assistée(12,15,25), dont 2 une différence significative. Le taux de réinterventions dans les douze mois suivant l’opération est de 6,2% pour la chirurgie robot-assistée contre 10,1% pour la chirurgie ouverte, tous types de réintervention compris(25) (voir annexe 3 pour le détail). Asterès a cependant choisi de ne retenir pour la suite de l’étude que les types de réintervention présentant une chance

⁷ D’après les données de l’ATIH disponibles sur Scan Santé et les calculs d’Asterès. Il convient de noter que ces chiffres correspondent aux différences de complications observées entre les patients par chirurgie robot-assistée et les patients opérés par chirurgie ouverte en France en 2021. Une partie de cette différence peut s’expliquer par un biais de sélection, notamment parce que les patients les plus compliqués sont généralement opérés par chirurgie ouverte.

d'occurrence supérieure ou égale à 1%. Le taux de réintervention qui en résulte est ainsi de 5% pour la chirurgie robot-assistée et 9% pour la chirurgie ouverte.

2.2.4 LES CRITÈRES SOCIO-ÉCONOMIQUES : UNE RÉDUCTION DU NOMBRE DE CONGÉS MALADIE SIGNIFICATIVE ET UN DÉLAI AVANT RETOUR AU TRAVAIL SIMILAIRE

La chirurgie robot-assistée réduit le nombre moyen de congés maladie par rapport à la chirurgie ouverte, mais le délai avant retour au travail ne semble pas changer. Deux indicateurs sont utilisés dans l'échantillon de la littérature pour évaluer le critère socio-économique : les congés maladie et le délai avant retour au travail. Les études analysant le premier indicateur trouvent des résultats favorables à la chirurgie robot-assistée, celles analysant le deuxième indicateur trouvent des résultats ni favorables ni défavorables à l'une ou l'autre des techniques :

- **Le nombre de jours de congés maladie post-opératoires est plus faible après une chirurgie robot-assistée qu'après une chirurgie ouverte.** Les 4 études analysant les congés maladie trouvent toutes une différence significative en faveur de la chirurgie robot assistée(8,22,23,26). Le nombre médian de congés maladie varie de 11 jours à 35 jours pour la chirurgie robot-assistée, contre 48 à 49 jours pour la chirurgie ouverte. Le nombre moyen de congés maladie varie de 20 jours pour la chirurgie robot-assistée à 29 jours pour la coelioscopie conventionnelle et robot-assistée (l'étude ne distingue pas les deux), contre 25 à 37 jours pour la chirurgie ouverte. La durée moyenne d'arrêt de travail pouvant varier d'un pays à l'autre selon la politique de prise en charge, Asterès se base pour la suite de l'étude sur les chiffres de l'enquête française, soit une durée moyenne d'arrêt de travail de 29 jours pour la chirurgie robot-assistée et 37 jours pour la chirurgie ouverte(8). Comme l'étude ne distingue pas les chirurgies coelioscopiques des chirurgies robot-assistées, Asterès fait l'hypothèse que la durée moyenne d'arrêt de travail est la même pour les deux techniques.
- **D'après les données de la littérature examinée, il n'y a pas différence de délai avant retour au travail entre la chirurgie robot-assistée et la chirurgie ouverte.** Les 2 études analysant le délai avant retour au travail trouvent un délai de 42 jours pour les deux approches chirurgicales(16,27). Cela pourrait signifier que les patients bénéficiant de la chirurgie robot-assistée choisissent d'étendre leur période de convalescence au-delà de la durée d'arrêt de travail accordée par le chirurgien.

2.2.5 LE TAUX DE MARGE POSITIVE : DES DIFFÉRENCES MAJORITAIREMENT FAVORABLES À LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE MAIS QUI MANQUENT DE SIGNIFICATIVITÉ

En raison du nombre insuffisant d'études aboutissant à des résultats significatifs, aucune conclusion définitive n'a pu être tirée concernant le critère oncologique. Sur les 7 publications ayant analysé le taux de marge chirurgicale, 6 (soit 87%) trouvent une différence en faveur de la chirurgie robot-assistée, dont seulement 3 (soit 50%) trouvent une différence significative(14,16,18–20,24,27). Cette absence de significativité peut difficilement s'expliquer par le « manque de puissance » des études (voir encadré 3) car certaines sont basées sur des échantillons de taille importante (plus de 900 patients) et trouvent des résultats non significatifs(14,27), alors que d'autres études basées sur des échantillons plus restreints trouvent des résultats significatifs(18,19). Le taux de

marge chirurgicale positive (hors pT3) varie de 12% à 24% pour la chirurgie robot-assistée et 10% à 35% pour la chirurgie ouverte. Les résultats étant difficiles à interpréter, aucun chiffre n'a été retenu et l'impact du taux de marge chirurgicale ne sera pas pris en compte dans les calculs.

2.2.6 SYNTHÈSE : LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE ALLÈGE SIGNIFICATIVEMENT LE PARCOURS DE SOINS COMPARÉ À LA CHIRURGIE OUVERTE

La chirurgie robot-assistée rend le traitement du cancer de la prostate significativement moins lourd pour le patient comparé à la chirurgie ouverte (voir tableau 3). Au prix d'un temps d'opération plus long, la chirurgie robot-assistée réduit significativement la durée de séjour, les risques de complications, et notamment les risques de transfusion, de réadmission ou de ré-opération. Il n'est pas clair si ces bénéfices cliniques permettent un retour au travail plus rapide, les analyses des congés maladie et délais avant retour au travail aboutissant à des résultats ambigus. Enfin, il n'est pas avéré que la chirurgie robot-assistée présente des bénéfices à plus long terme pour le patient, le taux de marge chirurgicale positive n'étant pas systématiquement plus faible avec cette technique.

Tableau 3. Synthèse de la comparaison entre prostatectomies totales par chirurgie ouverte et par chirurgie robot-assistée

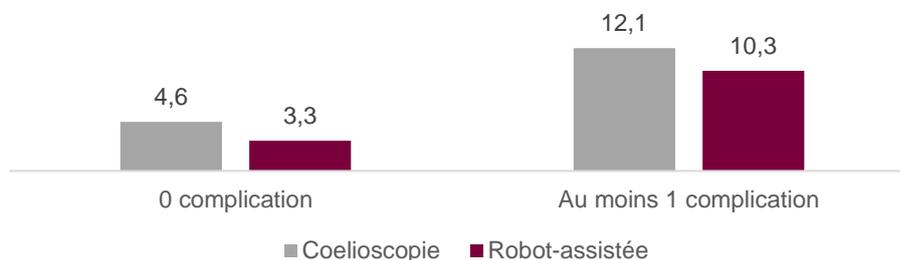
Indicateur	Nombre d'études	Part de résultats favorables à la PRRA	Dont résultats significatifs
Durée de l'opération	4	0%	100%
Durée de séjour	13	92%	100%
Toutes complications	8	88%	71%
Transfusions	10	100%	90%
Réadmissions	4	75%	67%
Ré-opérations	3	100%	67%
Taux de marge chirurgicale positive	7	86%	50%
Congés maladies / délai avant retour au travail	6	80%	100%

2.3 CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE ET CHIRURGIE COELIOSCOPIQUE : UNE LÉGÈRE AMÉLIORATION DES RÉSULTATS PÉRI-OPÉRATOIRES

2.3.1 LA DURÉE DE SÉJOUR : GÉNÉRALEMENT MOINS LONGUE AVEC LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE

Les patients restent généralement moins longtemps à l'hôpital après une chirurgie robot-assistée qu'après une chirurgie coelioscopique. Sur les 7 publications évaluant la durée de séjour, 6 ont trouvé une différence en faveur de la chirurgie robot-assistée, dont 3 une différence statistiquement significative(3,14,17–19,28,29). En France, selon les données de l'ATIH, la différence moyenne de durée de séjour entre une chirurgie robot-assistée et une chirurgie coelioscopique est de 1,3 jour pour un parcours de soins sans complication et 1,8 jour pour un parcours avec au moins une complication, en faveur de la chirurgie robot-assistée (voir annexes 1 et 2).

Graphique 5. Durée moyenne de séjour à l'hôpital pour une prostatectomie totale, par approche chirurgicale et par scénario (2021)



Source : ATIH, calculs Asterès

2.3.2 LA DURÉE D'OPÉRATION : DES RÉSULTATS DIVERGENTS NE PERMETTANT PAS DE CONCLURE

Les études examinées aboutissent à des résultats divergents. Sur 4 études, une seule trouve un temps d'opération significativement moins long avec la chirurgie robot-assistée(28). Deux autres études trouvent un temps d'opération significativement plus long avec l'approche robot-assistée(14,29). Une dernière étude ne trouve aucune différence significative entre les deux approches(30). Asterès n'est pas parvenu à expliquer ces divergences. Le temps moyen d'opération varie selon les études de 129 à 240 minutes pour la chirurgie robot-assistée et 138 à 195 minutes pour la chirurgie coelioscopique. Aucune donnée officielle n'est disponible pour la France. Pour la suite de l'étude, Asterès fait donc l'hypothèse qu'il n'existe pas de différence entre les deux techniques et base ses calculs sur un temps d'opération égal pour les deux techniques, à 200 minutes.

2.3.3 LES COMPLICATIONS : GÉNÉRALEMENT PLUS RARES AVEC LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE

Les complications sont en moyenne plus rares avec la chirurgie robot-assistée qu'avec la chirurgie coelioscopique, avec des différences qui varient selon le type de complication. Les études convergent vers des différences favorables à la chirurgie robot-assistée, significatives dans plus de la moitié des publications pour les conversions et les réadmissions et dans moins de la moitié des publications pour le taux de complications global et les transfusions. L'étude analysant les réinterventions trouve une différence en faveur de la chirurgie robot-assistée, mais n'est soumise à aucun test de significativité :

- **Les complications, au sens général, sont légèrement plus rares avec la chirurgie robot-assistée qu'avec la chirurgie coelioscopique.** Sur 8 publications, 7 ont trouvé une différence en faveur de la chirurgie robot-assistée, dont seulement 3 une différence significative(3,14,17,19,25,28,30,31). Pour la suite de l'étude, Asterès retient les données issues des statistiques nationales : en France, 3% des patients opérés par chirurgie robot-assistée rencontrent au moins une complication au cours de leur parcours de soins, contre 5% des patients opérés par chirurgie ouverte, soit une différence de 2 points (voir annexe 1)⁸.
- **Les conversions sont nettement moins fréquentes pendant une chirurgie robot-assistée que pendant une chirurgie coelioscopique.** Sur 3 études, 2 ont trouvé une différence significative en faveur de la chirurgie robot-assistée(14,32). Un essai contrôlé randomisé n'a relevé aucune conversion au cours de l'expérience(31). Ce dernier résultat peut s'expliquer par le manque de puissance de l'étude qui portait sur un échantillon de 112 patients au total. Selon les études le taux de conversion varie de 0% à 1% pour la chirurgie robot-assistée et de 0% à 12% pour la chirurgie coelioscopique. Les données pour la France ne sont pas connues mais d'après les chirurgiens interrogés dans le cadre de cette étude, la différence entre les deux techniques est plus faible en France car les chirurgiens français sont mieux formés et mieux entraînés à la coelioscopie. En outre, il n'existe pas de règle spécifique concernant la classification des patients convertis en chirurgie ouverte : le chirurgien est libre de renseigner dans la base de données le mode opératoire prévu initialement ou la chirurgie ouverte. Le coût de la conversion est donc potentiellement déjà inclus dans le coût des complications et ne pourra être isolé dans cette étude.
- **Les réinterventions sont légèrement moins fréquentes avec la chirurgie robot-assistée.** L'unique étude analysant le taux de réinterventions a trouvé une différence en faveur de l'approche robot-assistée. Le résultat n'a été soumis à aucun test de significativité⁹(25). D'après cette étude, le taux de réinterventions dans les douze mois suivant l'opération est de 6% pour la chirurgie robot-assistée et 7% pour la chirurgie coelioscopique, tous types de réintervention confondus. Comme spécifié précédemment, Asterès ne retient pour la suite de cette étude que

⁸ D'après les données de l'ATIH disponibles sur Scan Santé et les calculs d'Asterès. Il convient de noter que ces chiffres correspondent aux différences de complications observées entre les patients par chirurgie robot-assistée et les patients opérés par chirurgie ouverte en France en 2021. Une partie de cette différence peut s'expliquer par un biais de sélection, notamment parce que les patients les plus compliqués sont généralement opérés par chirurgie ouverte.

⁹ L'objectif de l'étude était de comparer la chirurgie coelioscopique et la chirurgie robot-assistée à la chirurgie ouverte, et non la chirurgie robot-assistée et la chirurgie coelioscopique entre elles.

les types de réintervention présentant une chance d'occurrence supérieure à 1%. Le taux de réintervention qui en résulte est ainsi de 5% pour la chirurgie robot-assistée contre 6% pour la coelioscopie (voir annexe 3).

- **Les transfusions sont légèrement plus rares avec la chirurgie robot-assistée qu'avec la chirurgie coelioscopique.** Sur 7 études, 6 ont trouvé une différence en faveur de la chirurgie robot-assistée, dont seulement 2 ont trouvé une différence significative(14,17–19,28,31)¹⁰. Le taux de transfusion (hors transfusions autologues) varie selon les études de 0% à 6% pour la chirurgie robot-assistée et de 0% à 21% pour la chirurgie coelioscopique. Le coût des transfusions étant déjà compris dans le surcoût pour un parcours de soins avec complications, ces chiffres ne sont présentés qu'à titre indicatif.
- **Les réadmissions semblent moins fréquentes à la suite d'une chirurgie robot-assistée qu'à la suite d'une chirurgie ouverte, bien que les résultats doivent être confirmés par d'autres études.** Une étude française a trouvé une différence significative en faveur de la chirurgie robot-assistée(3). Le taux de réadmission dans les 30 jours est de 7% pour la chirurgie robot-assistée contre 14% pour la chirurgie coelioscopique, soit une différence de 7 points de pourcentage. Le taux de réadmissions dans les 90 jours de 8% pour la chirurgie robot-assistée contre 15% pour la chirurgie coelioscopique, soit également une différence de 7 points. Cette étude est cependant la seule à comparer les taux de réadmission de la chirurgie robot-assistée et de la chirurgie coelioscopique. D'autres études doivent donc venir confirmer ou infirmer ces résultats. En outre, l'objet de ces réadmissions n'étant pas connu, ces chiffres ne peuvent pas être traduits en coût économique et ne sont donc pas utilisés pour la suite de l'étude.

2.3.4 LE TAUX DE MARGE CHIRURGICALE POSITIVE : AUCUNE DES DEUX TECHNIQUES N'EST SUPÉRIEURE À L'AUTRE

Les résultats oncologiques de la chirurgie robot-assistée sont équivalents à ceux de la chirurgie coelioscopique. Sur les 6 publications analysant le taux de marge chirurgicale positive, aucune ne trouve de différence significative entre les deux techniques : quatre publications trouvent une différence non significative en faveur de la chirurgie coelioscopique (soit 67%), une publication trouve une différence non significative en faveur de la chirurgie robot-assistée (soit 17%) et une dernière publication ne trouve aucune différence (14,19,28–31). Le taux de marge chirurgicale positive (hors pt3) varie de 13% à 31% pour la chirurgie robot-assistée et de 10% à 27% pour la chirurgie coelioscopique. Aucune méthode n'étant supérieure à l'autre, aucun chiffre n'a été retenu pour la suite de l'étude.

2.3.5 SYNTHÈSE : LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE ALLÈGE DE MANIÈRE PLUS MODESTE LE PARCOURS DE SOINS

La chirurgie robot-assistée allège de façon modeste le traitement du cancer de la prostate pour le patient comparée à la chirurgie coelioscopique (voir tableau 4). Les résultats péri-opératoires de la chirurgie robot-assistée sont dans la grande majorité des cas meilleurs que ceux de la chirurgie

¹⁰ À noter que l'étude de Stolzenburg *et al.* (2016), qui trouve une différence en faveur de la chirurgie robot-assistée, n'a pas été intégrée à cette synthèse car l'écart n'a été soumis à aucun test de significativité.

coelioscopique. La différence entre les deux techniques n'est significative, que dans la moitié des publications. Ce manque de significativité peut s'interpréter comme un manque de puissance des études pour mettre en évidence des différences qui sont, dans la réalité, marginales (voir encadré 3). Sur le plan oncologique, les deux techniques affichent une performance équivalente. Concernant les arrêts maladies, Asterès fait l'hypothèse conservatrice qu'il n'existe aucune différence significative entre les deux techniques, faute d'études sur le sujet. Globalement, ces résultats sont cohérents étant donné que les deux techniques sont similaires – pour rappel, la chirurgie robot-assistée est une coelioscopie réalisée avec l'assistance d'un robot.

Tableau 4. Synthèse des résultats de la comparaison entre chirurgie robot-assistée et chirurgie coelioscopique

Indicateur	Nombre d'études	Part de résultats favorables à la PRRA	Dont résultats significatifs
Durée de l'opération	4	20%	100%
Durée de séjour	7	86%	50%
Toutes complications	8	88%	43%
Transfusions	6	86%	33%
Taux de conversion	3	67%	100%
Réadmissions	1	100%	100%
Réinterventions (1 an)	1	100%	NC
Taux de marge chirurgicale positive	6	17%	0%
Congés maladies / délai avant retour au travail	0	-	-

Note : aucune étude de l'échantillon n'analyse les critères socio-économiques

3. POUR LE
CHIRURGIEN : DES
BÉNÉFICES SIGNIFICATIFS
EN TERMES DE SANTÉ
AU TRAVAIL



La littérature relative à l'ergonomie chirurgicale a été scrutée afin d'évaluer les potentiels effets de la chirurgie robot-assistée sur la santé et la qualité de vie au travail des chirurgiens. Trois publications académiques internationales ayant interrogé au total 1890 chirurgiens dans plusieurs pays sur les douleurs induites par leur pratique de la chirurgie, par approche, ont été analysées. La chirurgie robot-assistée est de loin la technique qui préserve le mieux la santé des chirurgiens : comparé à la chirurgie ouverte et à la coelioscopie, les douleurs sont moins fréquentes, moins intenses, moins persistantes et le risque de blessure est plus faible.

3.1. MÉTHODOLOGIE : UNE REVUE DE LITTÉRATURE ACADÉMIQUE INTERNATIONALE SUR L'ERGONOMIE CHIRURGICALE

3.1.1 TYPES D'ÉTUDES SÉLECTIONNÉS : DES ENQUÊTES AUPRÈS DES CHIRURGIENS

Les enquêtes auprès de chirurgiens ont été intégrées à la revue de littérature, les études physiologiques ont été exclues. Les effets ergonomiques de la chirurgie robot-assistée peuvent être évalués de deux manières : subjectivement, en interrogeant les chirurgiens concernés, et objectivement en réalisant des tests physiologiques. Seules les enquêtes ont été retenues, les études physiologiques n'aboutissant pas à des données pouvant servir à l'analyse économique. À la différence de la partie précédente, la recherche a été étendue à toutes les procédures, en faisant l'hypothèse que la procédure n'a pas d'impact sur l'ergonomie de la technique chirurgicale.

- **Les enquêtes auprès de chirurgiens ont été intégrées à l'étude et leurs limites méthodologiques doivent être prises en compte.** La première limite est que l'échantillon n'est pas toujours représentatif de la population étudiée, en raison de sa taille trop faible. La littérature sur l'ergonomie de la chirurgie robot-assistée n'étant pas abondante, le choix a été fait de conserver même les enquêtes basées sur un échantillon réduit. Une analyse plus fine des résultats selon la solidité des enquêtes pourra être réalisée en cas de divergences. Le caractère subjectif des données récoltées (« douleurs », « inconfort ») est à la fois une force (ce qui compte, *in fine*, est ce que les chirurgiens ressentent) et une limite (absence d'objectivité des données). Les méta-analyses d'enquêtes auraient également pu être intégrées mais aucune méta-analyse comparative n'a été trouvée à l'issue de la recherche.
- **Les études physiologiques n'ont pas été intégrées.** La charge de travail induite par chaque technique peut être déterminée objectivement en enregistrant pendant l'opération, par électromyographie, des données physiologiques comme l'activité électrique des muscles ou le rythme cardiaque. Ces données objectives peuvent compléter les données subjectives obtenues

via les questionnaires, mais n'ont pas de conséquences économiques en tant que telles, et ne sont donc pas utiles pour la suite de cette étude.

Encadré 6. Méthode de recherche : utilisations de moteurs de recherche spécialisés

La littérature académique internationale comparant l'ergonomie de la chirurgie robot-assistée à l'ergonomie de la chirurgie ouverte et/ou coelioscopique a été scrutée. L'ergonomie est l'« étude scientifique des conditions de travail et des relations entre l'être humain et la machine »¹¹. Comme pour la partie précédente, la recherche a été réalisée à l'aide des moteurs de recherche spécialisés Google Scholar et PubMed, en procédant par mots clés.

3.1.2 CRITÈRES SÉLECTIONNÉS : LA FRÉQUENCE, L'INTENSITÉ, LA PERSISTANCE DES DOULEURS ET LA PRÉVALENCE DES BLESSURES

Les indicateurs sélectionnés sont ceux pouvant avoir un potentiel impact socio-économique, direct ou indirect. La littérature distingue les douleurs musculosquelettiques rapportées par les chirurgiens interrogés des blessures musculosquelettiques, plus graves, plus rares, faisant l'objet d'un diagnostic médical et nécessitant un traitement. Du point de vue économique, les douleurs et les blessures peuvent entraîner des conséquences similaires (traitements, arrêts maladie, départs à la retraite prématurés (33)). La fréquence, l'intensité, la persistance des douleurs et la prévalence des blessures, soit tous les indicateurs analysés dans les publications étudiées, ont donc été intégrés à la revue de littérature.

3.1.3 RÉSULTATS DE LA SÉLECTION : 3 PUBLICATIONS ACADÉMIQUES, SOIT PRESQUE 1 900 CHIRURGIENS AU TOTAL

Au total, 3 publications ont été retenues, permettant d'intégrer dans l'analyse le ressenti de 1890 chirurgiens issus de plusieurs pays, dont 569 chirurgiens européens. Les publications comparant l'ergonomie de la chirurgie robot-assistée à l'ergonomie de la chirurgie ouverte et/ou coelioscopique sont rares, ce qui explique le faible nombre de publications retenues pour cette revue de littérature. La sélection aboutit tout de même à un échantillon conséquent de chirurgiens. Le nombre moyen de répondants par publication est élevé (630), avec une distribution inégale : l'enquête la plus importante a recueilli et analysé les réponses de 1 215 chirurgiens de toutes spécialités(34), l'enquête européenne celles de 569 chirurgiens endoscopiques(33) et la dernière enquête internationale celles de 106 chirurgiens urologues(35). À noter que dans cette dernière enquête, les chirurgiens ont été interrogés sur leurs douleurs au cours et à la suite d'une prostatectomie totale.

¹¹ Dictionnaire *Le Robert*

3.2 CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE ET CHIRURGIE OUVERTE : MOINS DE DOULEURS ET DE BLESSURES

3.2.1 LES DOULEURS SONT MOINS FRÉQUENTES COMPARÉES À LA CHIRURGIE OUVERTE

Les interventions robot-assistées sont significativement moins sources de douleur que les interventions par voie ouverte. Toutes les publications analysées trouvent des différences significatives favorables à la chirurgie robot-assistée. Trois indicateurs sont utilisés pour mesurer la fréquence des douleurs induites par les opérations : l'attribution des douleurs ressenties à une technique principale, le taux de chirurgiens ressentant des douleurs pendant et après l'opération et la part des chirurgiens ayant ressenti des douleurs « significatives » (score de douleur supérieur ou égal à 3) au cours des douze derniers mois.

- **Les douleurs sont moins fréquemment attribuées à la chirurgie robot-assistée qu'à la chirurgie ouverte.** Les chirurgiens souffrant de douleurs musculosquelettiques sont 8% à attribuer principalement leurs symptômes à la chirurgie robot-assistée et 36%, soit presque cinq fois plus, à attribuer principalement leurs symptômes à la chirurgie ouverte(34).
- **Les douleurs pendant et après opération sont significativement plus rares quand l'opération est robot-assistée.** Parmi les chirurgiens interrogés, 36% déclarent ressentir des douleurs pendant une opération robot-assistée et 65%, soit presque deux fois plus, pendant une opération par chirurgie ouverte(34). Les chirurgiens sont 23% à 39% à déclarer ressentir des douleurs après une opération robot-assistée et 50 à 59%, soit environ deux fois plus, après une opération par chirurgie ouverte(34,35).
- **La prévalence au cours des douze derniers mois des douleurs induites par la chirurgie robot-assistée est significativement moins élevée.** Selon une des enquêtes, 48% des chirurgiens ont ressenti des douleurs significatives induites par la chirurgie robot-assistée au cours des douze derniers mois et 71% des douleurs significatives induites par la chirurgie ouverte (33).

Encadré 7. La chirurgie, une profession particulièrement touchée par les douleurs musculosquelettiques

Les chirurgiens sont particulièrement touchés par les douleurs musculosquelettiques, notamment au niveau du haut du corps. En moyenne, entre 60% et 70% des chirurgiens déclarent souffrir de douleurs musculosquelettiques attribuables à leur pratique de la chirurgie, toutes spécialités confondues(34,36,37). Une méta-analyse fournit des informations détaillées sur la prévalence des douleurs par la localisation et la prévalence des pathologies. Selon cette méta-analyse, 60% des chirurgiens ont ressenti des douleurs au niveau de la nuque au cours des douze derniers mois, 52% au niveau des épaules, 49% au niveau du dos et 35% au niveau des doigts. À titre de comparaison, la prévalence au cours des douze derniers mois des douleurs au niveau du haut du corps (épaules, nuque, et/ou membres supérieurs) est de 56% en France, soit légèrement inférieure et de 41% dans l'Union

européenne, soit bien inférieure(38). La prévalence au cours des douze derniers mois des douleurs au dos est de 59% en France, soit supérieure à la moyenne pour les chirurgiens, et 43% dans l'Union européenne, soit légèrement inférieure. En ce qui concerne la prévalence des pathologies musculosquelettiques, 18% des chirurgiens auraient été diagnostiqués au moins une fois d'une coiffe du rotateur au cours de leur carrière, 19% d'un rachis lombaire dégénératif et 9% d'un syndrome du canal carpien. Aucune donnée comparable n'est disponible pour la prévalence au cours d'une carrière de ces pathologies.

3.2.2 LES DOULEURS SONT MOINS INTENSES ET MOINS PERSISTANTES COMPARÉES À LA CHIRURGIE OUVERTE

Quand des chirurgiens signalent des douleurs attribuables à la chirurgie robot-assistée, ces douleurs sont significativement moins intenses et moins persistantes que celles attribuables à la chirurgie ouverte. Les trois publications analysées trouvent des différences significatives en faveur de la chirurgie robot-assistée en termes d'intensité et de persistance des douleurs. L'intensité des douleurs de mesure par deux indicateurs : un score moyen de douleur (sur une échelle de 0 à 10) et un taux de douleurs dites « sévères » (score de 7 et plus sur une échelle allant de 0 à 10). Enfin, la persistance des douleurs est mesurée à partir de la part des répondants déclarer souffrir de douleurs persistantes ou chroniques :

- **Les douleurs induites par la chirurgie robot-assistée sont moins intenses (ou moins sévères) que celles induites par la chirurgie ouverte.** Les chirurgiens accordent un score de de sévérité de 1,5/10 aux douleurs induites par la chirurgie robot-assistée et un score de 2,9/10, soit deux fois plus élevé, aux douleurs induites par la chirurgie ouverte(34). De même, les chirurgiens sont 6% à rapporter des douleurs sévères induites par la chirurgie robot-assistée et 16%, soit presque trois fois plus, à rapporter des douleurs sévères induites par la chirurgie ouverte(33).
- **Les douleurs induites par la chirurgie robot-assistée sont moins persistantes que celles induites par la chirurgie ouverte.** Les chirurgiens sont 5% à rapporter des douleurs persistantes ou chroniques attribuables à la chirurgie robot-assistée et 17%, soit trois fois plus, à rapporter des douleurs persistantes attribuables à la chirurgie ouverte(34).

3.2.3 LES BLESSURES NÉCESSITANT UN TRAITEMENT SONT PLUS RARES COMPARÉES À LA CHIRURGIE OUVERTE

La chirurgie robot-assistée a significativement moins de chance d'entraîner une blessure nécessitant un traitement que la chirurgie ouverte. Une seule étude a interrogé les chirurgiens sur leur historique de traitement(34). Selon cette étude, 3% des chirurgiens ont déjà souffert d'une blessure induite par la chirurgie robot-assistée et 6%, soit deux fois plus, d'une blessure induite par la chirurgie ouverte (6%).

3.2.4 SYNTHÈSE : LE PASSAGE DE LA CHIRURGIE OUVERTE À LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE ENTRAÎNE UN GAIN DE CONFORT POUR LE CHIRURGIEN

En plus d'améliorer les résultats péri-opératoires, la chirurgie robot-assistée confère également aux chirurgiens un confort accru comparée à la chirurgie ouverte. La littérature examinée est unanime concernant les avantages ergonomiques de la chirurgie robot-assistée comparés à la chirurgie ouverte (voir tableau 5) : réduction de la prévalence des douleurs, de leur intensité, de leur persistance et des risques de blessures. Ce résultat s'explique notamment par le fait que, lors d'une chirurgie robot-assistée, les chirurgiens sont assis tout le long de l'opération et manient une télécommande au lieu de porter et manipuler eux-mêmes les instruments.

Tableau 5. Synthèse de la prévalence de douleurs et des blessures chez les chirurgiens, par approche chirurgicale

	Chirurgie robot-assistée	Chirurgie ouverte
Douleurs pendant opération	36%	65%
Douleurs après opération	23% - 39%	50% - 59%
Douleurs "significatives" au cours des douze derniers mois	48%	71%
Douleurs "sévères"	6%	16%
Douleurs persistantes	5%	17%
Blessures nécessitant un traitement	3%	6%

Sources : Wells et. al (2019), Plerhoples et. al (2012) et Bagrodia et al. (2009)

Encadré 8. Les traitements en cas de blessures

Entre 6% et 30% des chirurgiens ont recours à une aide médicale pour traiter leurs douleurs ou blessures musculosquelettiques(33,34,39,40). On distingue les traitements non invasifs (médicaments, thérapies, etc.) des traitements invasifs (chirurgie).

La majorité des chirurgiens ayant recours à une aide médicale sont orientés vers un traitement non invasif. Selon une enquête, les traitements les plus courants sont la prise de médicaments (57% des chirurgiens ayant suivi un traitement), la participation à des séances de massage thérapeutique (53%) ou de physiothérapie (48%)(33). Une part non négligeable de chirurgiens sont redirigés vers un spécialiste (35% de ceux ayant cherché une aide médicale). Chez les urologues, la consommation d'anti-inflammatoires non stéroïdiens est particulièrement élevée selon une enquête réalisée par l'*Urology Times* (68% déclarent en avoir déjà pris pour limiter la douleur ressentie au cours de l'opération)(41).

Une minorité de chirurgiens ayant recours à une aide médicale a été orientée vers un traitement invasif. Lorsque la douleur est persistante et handicapante, une intervention chirurgicale peut s'avérer

nécessaire. Entre 2% et 5% des chirurgiens y auraient recours(33,39)¹². Ces opérations consistent notamment en une libération du canal carpien, une fusion vertébrale ou une réparation de la coiffe des rotateurs.

3.3 CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE ET CHIRURGIE COELIOSCOPIQUE : ENCORE MOINS DE DOULEURS ET DE BLESSURES

3.3.1 LES DOULEURS SONT ENCORE MOINS FRÉQUENTES COMPARÉES À LA COELIOSCOPIE

La chirurgie robot-assistée est significativement moins source de douleur que la coelioscopie. Toutes les publications analysées trouvent des différences en faveur de la chirurgie robot-assistée, encore plus significatives qu'en comparaison à la chirurgie ouverte :

- **Les douleurs sont moins fréquemment attribuées à la chirurgie robot-assistée qu'à la chirurgie coelioscopique.** Les chirurgiens souffrant de douleurs musculosquelettiques sont 8% à attribuer principalement leurs symptômes à la chirurgie robot-assistée et 55%, soit presque sept fois plus, à attribuer principalement leurs symptômes à la chirurgie coelioscopique(34).
- **Les douleurs pendant et après opération sont significativement moins fréquentes quand l'opération est robot-assistée.** Les chirurgiens interrogés sont 36% à déclarer ressentir des douleurs pendant une opération robot-assistée et 70%, soit deux fois plus, pendant une coelioscopie(34). Les chirurgiens sont 23% à 39% à déclarer ressentir des douleurs après une opération robot-assistée et 61% à 56%, soit environ deux fois plus, après une coelioscopie (34,35).
- **La prévalence au cours des douze derniers mois des douleurs induites par la chirurgie robot-assistée est significativement moins élevée.** La prévalence au cours des douze derniers mois des douleurs significatives est de 48% pour les douleurs induites par la chirurgie robot-assistée et 72% pour les douleurs induites par la chirurgie coelioscopique(33).

¹² Dans l'enquête de Wells *et al.* (2019), 10% des chirurgiens ayant demandé une aide médicale ont déclaré avoir eu recours à la chirurgie, soit 2% des répondants(33). Dans l'enquête internationale de Lloyd *et al.* (2019), 10% des urologues déclarent avoir eu besoin d'une intervention chirurgicale correctrice(39). La part de ces interventions attribuables à la pratique de la chirurgie n'est pas connue. En faisant l'hypothèse que cette proportion est la même que celle des douleurs attribuables à la pratique de la chirurgie (environ la moitié), la part des urologues devant recourir à une intervention chirurgicale en raison de troubles musculosquelettiques liés à leur travail peut être estimée à 5%.

3.3.2 LES DOULEURS SONT ENCORE MOINS INTENSES ET MOINS PERSISTANTES COMPARÉES À LA COELIOSCOPIE

Quand des chirurgiens signalent des douleurs attribuables à la chirurgie robot-assistée, ces douleurs sont significativement moins intenses et moins persistantes que celles attribuables à la coelioscopie. Les trois publications analysées trouvent des différences en faveur de la chirurgie robot-assistée en termes d'intensité et de persistance des douleurs, également plus significatives que comparé à la chirurgie ouverte.

- **Les douleurs induites par la chirurgie robot-assistée sont moins intenses (ou moins sévères) que celles induites par la coelioscopie.** Les chirurgiens accordent en moyenne un score de 1,5/10 aux douleurs induites par la chirurgie robot-assistée et un score de 3,5/10, soit deux fois plus élevé, aux douleurs induites par la coelioscopie(34). De même, les chirurgiens sont 6% à ressentir des douleurs sévères induites par la chirurgie robot-assistée et 22%, soit presque quatre fois plus, des douleurs sévères induites par la coelioscopie (22%)(33).
- **Les douleurs induites par la chirurgie robot-assistée sont moins persistantes que les douleurs induites par la coelioscopie.** Les chirurgiens sont 5% à déclarer des douleurs persistantes induites par la chirurgie robot-assistée et 19%, soit presque quatre fois plus, à déclarer des douleurs persistantes induites par la coelioscopie(34).

3.3.3 LES BLESSURES NÉCESSITANT UN TRAITEMENT SONT ENCORE PLUS RARES COMPARÉES LA COELIOSCOPIE

La chirurgie robot-assistée a significativement moins de chance d'entraîner une blessure nécessitant un traitement que la coelioscopie. Parmi les chirurgiens interrogés, 3% ont déjà souffert de blessures induites par la chirurgie robot-assistée et 8%, soit presque trois fois plus, de douleurs induites par la coelioscopie (36).

3.3.4 SYNTHÈSE : LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE SE DISTINGUE DE LA COELIOSCOPIE PAR LE CONFORT ACCRU CONFÉRÉ AUX CHIRURGIENS

La différence de confort est la plus importante entre la chirurgie robot-assistée et la coelioscopie. Originellement développée pour minimiser l'impact de l'opération sur le corps des patients, la coelioscopie conventionnelle (ou manuelle) s'est avérée particulièrement désagréable, voire néfaste, pour le chirurgien comme en témoigne le titre éloquent de l'article de Park *et al.* publié en 2010 : « Patients Benefit While Surgeons Suffer » (« les patients en bénéficient alors que les chirurgiens en souffrent »)(42). À l'inverse, la chirurgie robot-assistée minimise les douleurs et le risque de blessure. Les publications passées en revue sont unanimes sur cette question (voir tableau 6). Si la chirurgie robot-assistée présente des bénéfices modérés sur le plan clinique comparée à la coelioscopie, la chirurgie robot-assistée se distingue véritablement de la coelioscopie par le confort accru qu'elle confère aux chirurgiens.

Tableau 6. Synthèse de la prévalence de douleurs et des blessures chez les chirurgiens, par approche chirurgicale

	Chirurgie robot-assistée	Coelioscopie
Douleurs pendant opération	36%	70%
Douleurs après opération	23% - 39%	61% - 56%
Douleurs "significatives" au cours des douze derniers mois	48%	72%
Douleurs "sévères"	6%	22%
Douleurs persistantes	5%	19%
Blessures nécessitant un traitement	3%	9%

Sources : Wells et. al (2019), Plerhoples et. al (2012) et Bagrodia et al. (2009)

Encadré 9. La demande physiologique induite par la chirurgie robot-assistée est significativement moins élevée comparée à la chirurgie coelioscopique

Physiologiquement, la chirurgie robot-assistée est moins éprouvante que la chirurgie coelioscopique. La charge de travail induite par chaque technique peut être déterminée objectivement en enregistrant pendant l'opération, par électromyographie, des données physiologiques comme l'activité électrique musculaire ou le rythme cardiaque. Ces données objectives complètent les données subjectives obtenues *via* les questionnaires. Hubert *et al.* (2013) ont mesuré ces indicateurs pour la chirurgie robot-assistée et la chirurgie coelioscopique au cours d'une expérience sur un animal (43). L'expérience a révélé que l'activité électromyographique de l'épine dorsale, des trapèzes, et du muscle fléchisseur des doigts était significativement inférieure pour la chirurgie robot-assistée que pour la chirurgie coelioscopique. De même, le rythme cardiaque pendant l'opération était significativement moins élevé pour la chirurgie robot-assistée (84 bpm v. 92 bpm). Ces résultats physiologiques expliquent en partie les différences détaillées plus haut.

4. IMPACT
ÉCONOMIQUE NET :
LA CHIRURGIE ROBOT-
ASSISTÉE PEUT
DEVENIR RENTABLE À
CERTAINES
CONDITIONS



En 2021, la chirurgie robot-assistée a engendré un surcoût net de 0,4 M€, soit 34€ par prostatectomie. Les économies réalisées grâce à la réduction cumulée du coût de séjour, des complications, des réinterventions et des arrêts maladie ont été compensées par le surcoût lié au robot et, dans une moindre mesure, au bloc opératoire et aux instruments. Selon la situation de chaque hôpital, trois leviers peuvent être activés pour améliorer la rentabilité de la chirurgie robot-assistée : l'augmentation de la durée de vie du robot, l'augmentation du volume annuel d'opérations et/ou la réorganisation des services¹³. L'activation d'un seul de ces leviers suffirait à rendre la chirurgie robot-assistée rentable pour un hôpital moyen.

4.1 DIFFÉRENCES DE COÛT PAR PROSTATECTOMIE : DES GAINS SUR LE SÉJOUR, UN SURCÔÛT LIÉ À L'OPÉRATION ET AU CAPITAL

4.1.1 LE SÉJOUR : UNE ÉCONOMIE DE 559€ À 1 271€ PAR PROSTATECTOMIE

La chirurgie robot-assistée fait économiser 1 271€ par prostatectomie sur le coût du séjour par rapport à la chirurgie ouverte et 559€ par rapport à la chirurgie coelioscopique (hors complications). Le coût du séjour correspond au coût journalier moyen d'un séjour à l'hôpital pour une prostatectomie totale (411€ d'après l'étude nationale des coûts, voir encadré 7 pour la source et annexe 4 pour le détail des calculs) multiplié par la durée moyenne de séjour selon l'approche chirurgicale. Le coût moyen du séjour (hors complications) est de 1 343€ par prostatectomie pour la chirurgie robot-assistée, contre 2 614€ pour la chirurgie ouverte et 1 902€ pour la chirurgie coelioscopique. Les différences de coût entre la chirurgie robot-assistée et les deux autres méthodes s'expliquent par les différences de durée de séjour (3,3 jours pour la chirurgie robot-assistée contre respectivement 6,4 jours et 4,6 jours pour la chirurgie ouverte et la coelioscopie).

¹³ Dans cette étude, la rentabilité est entendue comme la différence entre le coût de la chirurgie robot-assistée et le coût des techniques auxquelles elle se substitue (chirurgie ouverte et chirurgie coelioscopique). Ce calcul coût-avantage vise à capturer l'impact de la chirurgie robot-assistée sur le système de soins dans son ensemble. Cette étude se distingue donc des études médico-économiques classiques où la rentabilité est entendue au sens comptable (la différence entre les recettes et les dépenses). Pour plus de détails concernant la méthode, consulter la partie 1.3.

Encadré 10. L'étude nationale des coûts

L'étude nationale des coûts (ENC) est une enquête annuelle menée par l'ATIH auprès des établissements de santé publics et privés. L'objectif est de calculer des coûts nationaux par type de prestation de soins réalisée à partir d'un échantillon représentatif d'établissements de santé. Les résultats de cette étude permettent à la fois aux établissements de se situer par rapport aux référentiels nationaux et à l'administration centrale de déterminer les tarifs hospitaliers.

4.1.2 LES COMPLICATIONS : UNE ÉCONOMIE 14€ À 62€ PAR PROSTATECTOMIE

La chirurgie robot-assistée fait économiser 62€ par prostatectomie sur le coût hospitalier des complications par rapport à la chirurgie ouverte et 14€ par rapport à la chirurgie coelioscopique. Le coût d'un parcours de soins hospitaliers avec complications correspond à la différence entre le coût total d'un séjour avec au moins une complication, calculé sur la base d'un coût journalier de 404€¹⁴, et le coût total d'un séjour sans complication. Le coût moyen *par prostatectomie*, qui prend en compte la fréquence des complications, est de 142€ pour la chirurgie robot-assistée, contre 204€ pour la chirurgie ouverte et 156€ pour la chirurgie coelioscopique (voir annexe 5). La différence entre les techniques s'explique par deux facteurs : la durée moyenne de séjour pour un parcours de soins avec complications (10,3 jours pour la chirurgie robot-assistée contre 11,5 jours pour la chirurgie ouverte et 12,1 jours pour la chirurgie coelioscopique) et le risque d'occurrence des complications (3% pour la chirurgie robot-assistée contre 10% pour la chirurgie ouverte et 5% pour la coelioscopie). À noter qu'en l'absence de données sur les soins de ville consécutifs aux complications, ce coût des complications prend uniquement en compte les coûts hospitaliers.

4.1.3 LES RÉINTERVENTIONS : UNE ÉCONOMIE DE 16€ PAR PROSTATECTOMIE PAR RAPPORT À LA CHIRURGIE OUVERTE ET UN SURCÔÛT DE 4€ PAR RAPPORT À LA COELIOSCOPIE

La chirurgie robot-assistée fait économiser 16€ par prostatectomie sur le coût des réinterventions par rapport à la chirurgie ouverte. À l'inverse, la chirurgie robot-assistée entraîne un surcoût de 4€ par prostatectomie sur les réinterventions par rapport à la coelioscopie. Le coût des réinterventions prend uniquement en compte le coût du séjour pour les interventions chirurgicales et le coût des consultations pour les interventions en cabinet (voir annexe 6). Le coût moyen par prostatectomie des réinterventions est de 18€ pour la chirurgie robot-assistée contre 34€ pour la chirurgie ouverte et 13€ pour la chirurgie coelioscopique. Les différences s'expliquent par deux facteurs : le risque d'occurrence des réinterventions (5% pour la chirurgie robot-assistée contre 9% pour la chirurgie ouverte et 6% pour la chirurgie coelioscopique) et le type de réinterventions (car le coût varie selon la réintervention). En particulier, le coût moyen plus élevé pour la chirurgie robot-assistée que pour la coelioscopie s'explique par une différence dans le type de réinterventions : les procédures pour lymphocèle sont plus rares avec la chirurgie robot-assistée (1,9% v. 4,1%) mais peu

¹⁴ Le coût moins élevé pour un parcours de soins avec complications s'explique par la répartition non uniforme des coûts sur toute la durée du séjour : les principales dépenses sont réalisées au début du séjour. Une des limites de cette étude est qu'il n'a pas été possible de s'appuyer sur le coût marginal d'une journée à l'hôpital

coûteuses en moyenne (46€), alors que les procédures pour hernie incisionnelle sont plus fréquentes (1,6% v. 0,2%) et plus coûteuses (416€).

4.14 LES ARRÊTS MALADIE : UNE ÉCONOMIE DE 0€ À 137€ PAR PROSTATECTOMIE

La chirurgie robot-assistée fait économiser 137€ par prostatectomie sur le coût des arrêts maladie par rapport à la chirurgie ouverte. Le coût moyen des arrêts maladie correspond au coût journalier d'un arrêt maladie, estimé à 152€ multiplié par le nombre de jours d'arrêt. Le coût moyen des arrêts maladie par prostatectomie prend en compte la part de patients en emploi, soit 11% (voir annexe 7). Le coût calculé est ainsi de 495€ par prostatectomie pour la chirurgie robot-assistée et la chirurgie coelioscopique contre 632€ pour la chirurgie ouverte. La différence entre les techniques s'explique par la différence de jours d'arrêt maladie (29 jours pour la chirurgie robot-assistée contre 37 jours pour la chirurgie ouverte). Comme Asterès fait l'hypothèse que la durée d'arrêt ne varie pas entre la chirurgie robot-assistée et la chirurgie coelioscopique, le coût est le même pour les deux techniques.

4.15 L'OPÉRATION (HORS ROBOT) : UN SURCÔÛT DE 141€ À 703€ PAR PROSTATECTOMIE

La chirurgie robot-assistée engendre un surcoût de 703€ par prostatectomie sur le coût de l'opération (instruments et bloc) par rapport la chirurgie ouverte et 141€ par rapport à la coelioscopie. Le coût de l'opération comprend deux composantes : le coût du bloc opératoire (10,80€/min) et le coût des instruments chirurgicaux (698€ par opération pour la chirurgie robot-assistée contre 200€ pour la chirurgie ouverte et 557€ pour la coelioscopie, voir annexe 8 pour le détail des coûts). Le surcoût s'explique donc par deux facteurs : la durée d'opération plus longue par rapport à la chirurgie robot-assistée et le coût plus élevé des instruments par rapport aux deux autres techniques. À noter que le coût des instruments pour la chirurgie robot-assistée a été réduit de 32% en 2020 grâce à l'introduction par Intuitive du « Programme d'utilisation prolongée » (voir détails en annexe).

4.16 LE ROBOT : UN SURCÔÛT DE 659€ PAR PROSTATECTOMIE EN MOYENNE

Le coût d'amortissement du robot s'élève à 327 306€ par an (toutes procédures confondues), soit 659€ par prostatectomie. Le coût du robot comprend le coût d'achat du robot et le coût de maintenance. Il n'existe pas de prix d'achat unique pour le robot da Vinci, celui-ci dépendant du modèle utilisé (Si, X ou Xi, simple ou double console) et de la politique commerciale du fournisseur (le prix peut varier selon le type d'établissement et le volume de la commande). D'après deux études françaises récentes, le coût d'achat du robot se situerait entre 1,0 M€ et 1,9 M€(44,45). Asterès retient la valeur médiane de 1,5 M€, soit 213 242€ par an en considérant un amortissement sur 7 ans¹⁵. D'après les deux mêmes études, le coût annuel de la maintenance se situerait entre 78 129€ et 150 000€ par an. Asterès a retenu la valeur médiane de 114 065€ par an. Le coût par prostatectomie est ensuite calculé en se

¹⁵ Règle de comptabilité pour les hôpitaux publics.

basant sur le volume d'opération moyen d'un robot en France, soit 171 opérations par an¹⁶ et sur la part des prostatectomies dans le total des interventions robot-assistées, soit 35% (voir annexe 9 pour les détails).

4.1.7 LES TROUBLES MUSCULOSQUELETTIQUES : DES DIFFÉRENCES DE COÛT NÉGLIGEABLES RAPPORTÉES AU VOLUME ANNUEL

Le coût des troubles musculosquelettiques affectant une part des chirurgiens et infirmières est négligeable. Le coût socio-économique direct et indirect des troubles musculosquelettiques serait, selon les estimations et les pays, situé entre 1 078€ et 7 704€ par personne par an (46–49). Asterès retient le chiffre de 1 372€ par an par personne, qui provient, à notre connaissance, de l'étude européenne la plus récente(48). En prenant en compte la part des chirurgiens ayant, au cours de leur carrière, souffert au moins une fois d'une blessure nécessitant un traitement (entre 3% et 8% selon l'approche chirurgicale), le coût moyen obtenu se situe entre 41€ et 110€. Ce coût n'est pas annuel mais à rapporter sur toute la carrière du chirurgien. Étant donné que les chirurgiens interrogés dans l'enquête avaient en moyenne 15 années d'expérience, le coût annuel se situerait entre de 3€ à 7€ selon l'approche chirurgicale et en faisant l'hypothèse, faute de données plus précises, que les chirurgiens n'ont été blessés qu'une seule fois au cours de leur carrière, pour une durée inférieure ou égale à un an. Rapporté, au nombre annuel de procédures, l'impact économique des TMS dont souffrent les chirurgiens apparaît négligeable.

4.2 IMPACT TOTAL EN 2021 : LES GAINS SUR LES DÉPENSES VARIABLES SONT COMPENSÉS PAR LE COÛT DU ROBOT

4.2.1 SUBSTITUTION À LA CHIRURGIE OUVERTE : 5,1 M€ D'ÉCONOMIES HORS ROBOT EN 2021

Sans prendre en compte le coût du robot, la chirurgie robot-assistée a généré 5,1 M€ d'économies pour la collectivité en 2021 en se substituant à la chirurgie ouverte, soit 783€ par prostatectomie. La première source d'économie est le coût de séjour (-8,3 M€), loin devant les arrêts de travail (-0,9 M€), les complications (-0,4 M€) et les réinterventions (-0,1 M€). Une partie de ces économies a été compensée par le coût plus élevé de l'opération (+4,6 M€). Ces économies profitent essentiellement aux hôpitaux (83%) *via* la réduction du coût de séjour, des complications et des réinterventions et, dans

¹⁶ 33 770 interventions robot-assistées en 2021 pour 197 robots selon le fabricant. Les données sur le nombre de procédures robotiques sont collectées par le fabricant *via* le logiciel des systèmes da Vinci. Ces données diffèrent des données publiques (27 781 procédures en 2021 selon le PMSI) car la liste des codes CCAM pour la chirurgie robot-assistée n'est pas exhaustive : certaines procédures robot-assistées (chirurgie hépato-biliaires, chirurgie de la paroi...) ne disposent pas de code CCAM et ne sont donc pas retracées dans le PMSI.

une moindre mesure, aux entreprises (9%), à l'Assurance maladie (6%) et aux patients (3%) *via* la réduction du coût des arrêts de travail.

4.2.2 SUBSTITUTION À LA COELIOSCOPIE : 2,2 M€ D'ÉCONOMIES HORS ROBOT EN 2021

Sans prendre en compte le coût du robot, la chirurgie robot-assistée a généré 2,2 M€ d'économies pour la collectivité en 2021 en se substituant à la chirurgie coelioscopique, soit 427€ par prostatectomie. La première source d'économie est le coût de séjour (-2,9 M€), loin devant les complications (-0,7 M€). Ces économies ont en partie été compensées par le surcoût lié à l'opération (+0,7 M€) et le surcoût lié aux réinterventions (+0,2 M€). La totalité de ces économies profite aux hôpitaux étant donné qu'aucune économie n'est réalisée sur les arrêts de travail.

4.2.3 AU TOTAL : UN SURCÔÛT NET DE 0,4 M€ APRÈS INTÉGRATION DU COÛT DU ROBOT

En prenant en compte le coût du robot, la chirurgie robot-assistée a engendré un surcoût net de 0,4 M€ en 2021, soit 34€ par prostatectomie. Au total, la chirurgie robot-assistée a généré 7,3 M€ d'économies en 2021 sur les dépenses variables (hors robot), soit 626€ par prostatectomie. Ces économies ont été compensées par le coût des robots qui s'élève à 7,7 M€ en 2021. À noter que le coût des robots repose sur deux hypothèses structurantes : un volume de 171 opérations par an (qui correspond à la moyenne nationale) et un amortissement sur 7 ans. Cette estimation comporte donc deux limites : d'une part, le coût calculé est valable en moyenne et occulte la diversité des réalités selon les hôpitaux, d'autre part, les robots dont la durée de vie est supérieure à la durée d'amortissement comptable coûtent moins cher, voire sont plus rentables, que le chiffre calculé à partir de la durée d'amortissement.

Tableau 7. Coût net de la chirurgie robot-assistée en 2021 (en milliers d'euros).

	Opération (hors robot)	Séjour initial	Complications	Réinterventions	Arrêts de travail	Total
Chirurgie ouverte	4 572 €	- 8 265 €	- 405 €	- 105 €	- 888 €	- 5 091 €
Coelioscopie	729 €	- 2 883 €	- 74 €	21 €	-	- 2 207 €
Total hors robot	5 301 €	- 11 148 €	- 478 €	- 83 €	- 888 €	- 7 298 €
Total avec robot						395 €

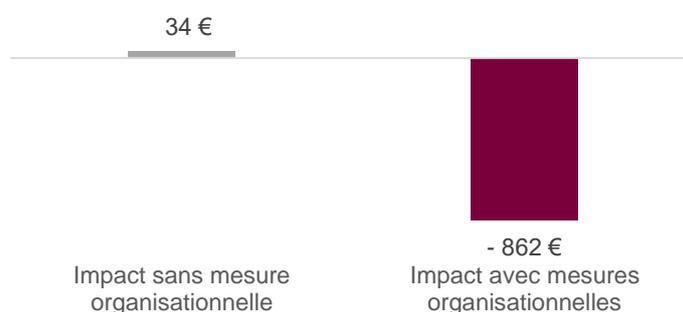
Sources : ATIH, Carbone (2014), Insee, Pôle emploi, Assurance maladie, Stolzenburg et al. (2016), Raft et al. (2014), Al-Shaiji et al. (2010), Haese et al. (2019), Intuitive Surgical, calculs Asterès

4.3 SIMULATIONS : L'ACHAT DE NOUVEAUX ROBOTS EST RENTABLE AVEC UNE ORGANISATION OU UN USAGE OPTIMISÉ

4.3.1 OPTIMISATION DU PROGRAMME ROBOTIQUE : LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE DEVIENT LARGEMENT RENTABLE

Avec la mise en place de mesures organisationnelles, la chirurgie robot-assistée pourrait générer jusqu'à 862€ par prostatectomie (à volume d'opérations constant). D'après une expérience menée au CHU de Nice, la mise en place de mesures organisationnelles en parallèle du développement de l'activité robotique (voir [tableau 8](#)) entraîne une réduction de 24% de la durée de l'opération et de 25% la durée moyenne de séjour(44). Asterès applique les améliorations obtenues au CHU de Nice aux performances moyennes de l'année 2021, en faisant l'hypothèse que l'expérience est répliquable à l'échelle nationale et obtiendrait les mêmes résultats. Une organisation optimisée ferait ainsi économiser 524€ par prostatectomie sur le coût d'opération et 371€ par économie sur le coût du séjour (avec ou sans complications). Le détail des résultats est présenté en annexe 10. L'optimisation des services ayant un effet sur le volume d'opérations difficile à évaluer¹⁷, cette simulation est réalisée à volume d'opérations constant (voir conclusion en [4.3.4](#) pour les simulations combinant différentes hypothèses). À noter qu'il ne s'agit pas là d'un effet direct du robot (une réorganisation en vue de l'optimisation du bloc opératoire est possible indépendamment de la présence du robot) mais plutôt d'une condition de réussite du programme robotique : alors que les chiffres présentés en [4.2](#) sont représentatifs de la moyenne nationale, il s'agit ici d'estimer l'impact du robot pour un hôpital ayant adopté un mode d'organisation optimal. Les mesures organisationnelles, outre leur impact économique, contribuent également au bien-être des équipes du bloc opératoire. Par exemple, la minimisation des déplacements inutiles des infirmières améliore leur satisfaction et engagement(50).

Graphique 6. Coût moyen d'une prostatectomie par chirurgie robot-assistée avec et sans mesure organisationnelle



¹⁷ En l'absence de scénario contrefactuel, il est difficile de distinguer la hausse imputable à la mise en place de mesures organisationnelles de la hausse imputable à d'autres facteurs. En outre, le rythme d'augmentation du volume est fortement dépendant du volume de départ, rendant difficile la généralisation des résultats de l'expérience menée au CHU de Nice.

Sources : ATIH, Carbonne (2014), Insee, Pôle emploi, Assurance maladie, Stolzenburg et al. (2016), Raft et al. (2014), Al-Shaiji et al. (2010), Haese et al. (2019), Durand et al. (2022), Grobet-Jeandin et al. (2022), *Intuitive Surgical, calculs Asterès*

Tableau 8. Mesures d'accompagnement à la chirurgie robot-assistée mises en place par le CHU de Nice

<p>Aspect clinique : harmonisation des pratiques médicales</p>	<p>Uniformisation des indications de chirurgie robotique et partage d'expérience</p> <p>Priorisation de la voie robotique</p> <p>Réduction de la variabilité inter-opérateur par harmonisation des protocoles opératoires et des installations en salle</p>
<p>Aspect opérationnel : formation du personnel médical et paramédical</p>	<p>Formation personnalisée pour le personnel paramédical</p> <p>Formation intensive sur mesure pour le personnel médical (chirurgiens, anesthésistes, internes)</p> <p>Evaluation des pratiques organisationnelles (audit externe)</p>
<p>Aspect exécutif : management et pilotage</p>	<p>Salle et ressources de bloc dédiées à la chirurgie robotique</p> <p>Soutien au leadership médical de l'activité (gestion de la programmation opératoire, monitoring de la data, outils de gouvernance)</p> <p>Pilotage de la performance (suppression des quotas d'activité, contrôle de gestion dédié)</p>

Source : Dr. Matthieu Durand, chef programme robotique au CHU de Nice

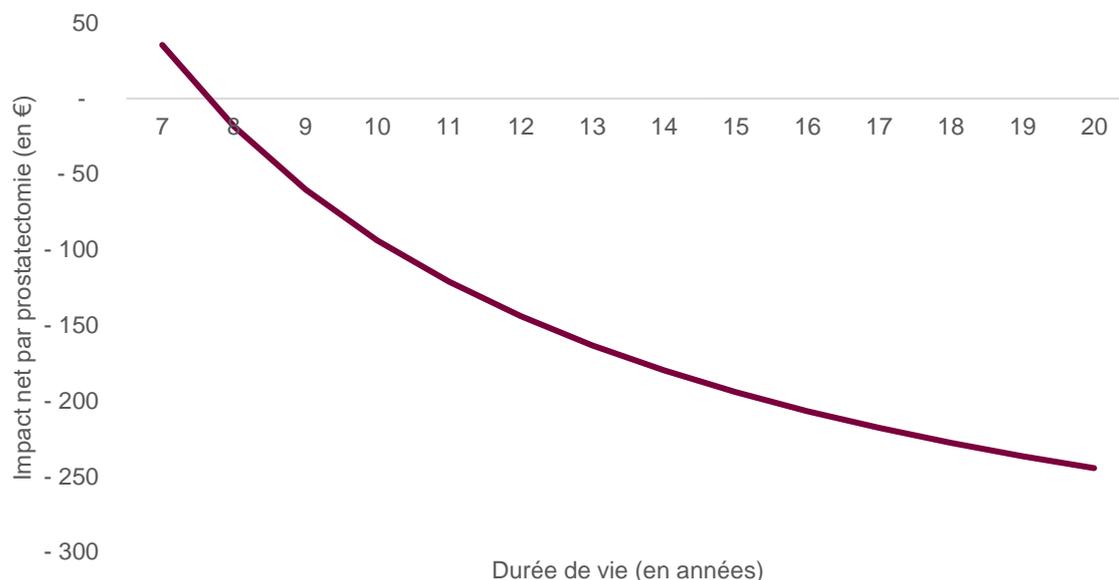
4.3.2 AU VOLUME D'OPÉRATIONS ACTUEL : LE SEUIL DE RENTABILITÉ CORRESPOND À UNE DURÉE DE VIE ÉGALE À 8 ANS

Au volume actuel, soit 171 opérations par an, et sans mise en place de mesure organisationnelle, l'achat d'un nouveau robot devient rentable pour la collectivité à partir d'une durée de vie de 8 ans¹⁸. À ce seuil, les économies réalisées sont de l'ordre de 18€ par prostatectomie. La durée de vie moyenne d'un robot da Vinci n'est pas connue en raison d'un manque de recul sur la technologie. D'après le fournisseur, les plus anciens systèmes encore en activité (les da Vinci Si) atteignent 15 ans d'âge. Les robots chirurgicaux sont donc largement rentabilisés si l'on prend en compte leur durée de vie totale. En principe, il n'existe pas de durée de vie limite à partir de laquelle le robot cesserait de fonctionner. Dans les faits, les modèles anciens sont destinés à disparaître du marché au bout d'une vingtaine d'année : soit parce que les hôpitaux souhaitent s'équiper de robots de nouvelle génération,

¹⁸ Dans cette étude, la rentabilité est entendue comme la différence entre le coût de la chirurgie robot-assistée et le coût des techniques auxquelles elle se substitue (chirurgie ouverte et chirurgie coelioscopique). Ce calcul coût-avantage vise à capturer l'impact de la chirurgie robot-assistée sur le système de soins dans son ensemble. Cette étude se distingue donc des études médico-économiques classiques où la rentabilité est entendue au sens comptable (la différence entre les recettes et les dépenses). Pour plus de détails concernant la méthode, consulter la partie 1.3.

soit parce que le fabricant cesse de produire les pièces de rechange pour les anciens modèles. Suivant ce raisonnement, la durée de vie maximale du robot a été fixée à 20 ans, ce qui correspond à des économies de l'ordre de 245€ par prostatectomie, à volume d'opération constant (voir graphique 7).

Graphique 7. Impact net de la chirurgie robot-assistée selon la durée de vie, pour un volume de 171 opérations par an.



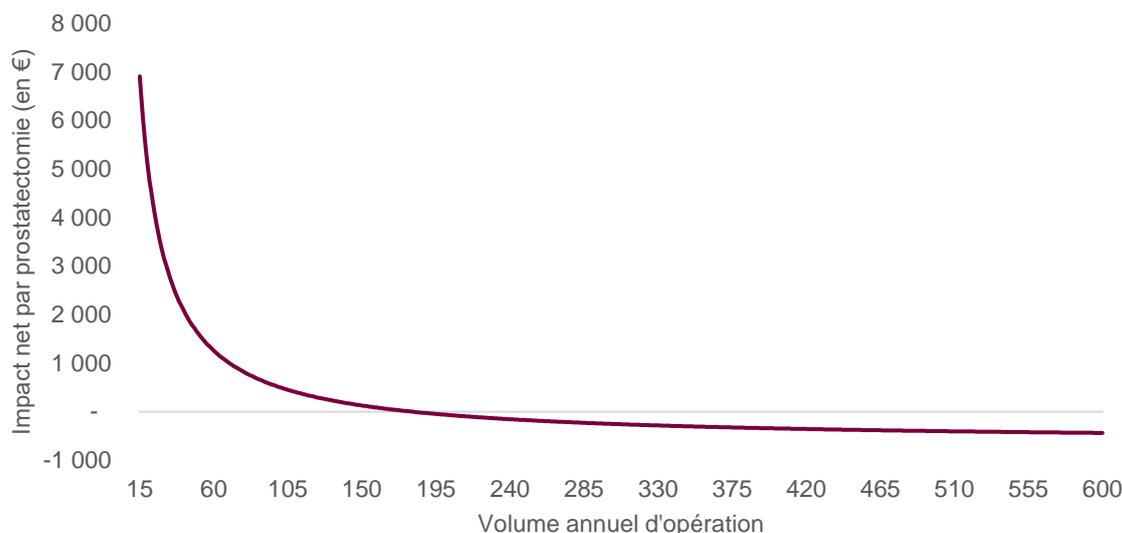
Sources : ATIH, Carbonne (2014), Insee, Pôle emploi, Assurance maladie, Stolzenburg et al. (2016), Raft et al. (2014), Al-Shaiji et al. (2010), Haese et al. (2019), Durand et al. (2022), Grobet-Jeandin et al. (2022), Intuitive Surgical, calculs Asterès

4.3.3 POUR UNE DURÉE DE VIE DE 7 ANS : LE SEUIL DE RENTABILITÉ S'ÉTABLIT À 181 OPÉRATIONS PAR AN (TOUTES PROCÉDURES CONFONDUES)

En postulant une durée de vie égale à la durée d'amortissement, soit 7 ans, et une absence de mesure organisationnelle, l'achat d'un nouveau robot devient rentable à partir de 181 opérations par an. À ce point la chirurgie robot-assistée génère 1€ d'économie par prostatectomie. En théorie, un robot pourrait réaliser jusqu'à 780 opérations par an¹⁹. En pratique, les hôpitaux commencent à se heurter à des contraintes organisationnelles (programmation, compétences) à partir de 250 à 325 opérations par an selon une étude américaine(51). Les hôpitaux français les plus performants atteignent jusqu'à 600 opérations par an selon un chirurgien interrogé dans le cadre de cette étude. À 325 opérations par an (toutes procédures confondues), les économies générées par les prostatectomies robot-assistées atteindraient 278€ par prostatectomie, pour une durée de vie de 7 ans (voir graphique 8). À 600 opérations par an (toutes procédures confondues), la chirurgie robot-assistée ferait économiser 437€ par prostatectomie. Ces calculs se basent sur une proportion des prostatectomies dans le total des interventions robot-assistées inchangée.

¹⁹ En fonctionnant 3 fois par jour, 5 jours par semaine, 52 semaines par an, ce qui correspond à 780 opérations par an

Graphique 8. Impact net de la chirurgie robot-assistée selon le volume annuel d'opérations, en faisant l'hypothèse d'une durée de vie de 7 ans.



Sources : ATIH, Carbonne (2014), Insee, Pôle emploi, Assurance maladie, Stolzenburg et al. (2016), Raft et al. (2014), Al-Shaiji et al. (2010), Haese et al. (2019), Durand et al. (2022), Grobet-Jeandin et al. (2022), Intuitive Surgical, calculs Asterès

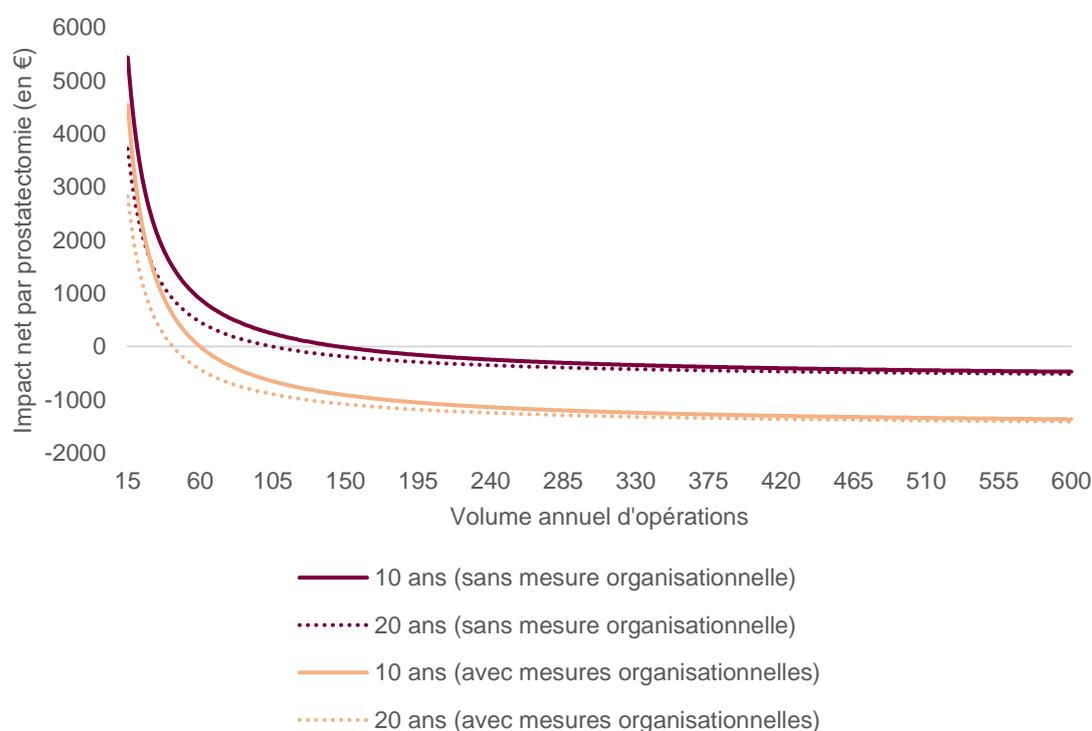
4.3.4 CONCLUSION : L'ACHAT DE NOUVEAUX ROBOTS PEUT CONSTITUER UN INVESTISSEMENT RENTABLE POUR LA COLLECTIVITÉ DANS DES HYPOTHÈSES RÉALISTES

La chirurgie robot-assistée peut constituer un investissement rentable pour la collectivité, moyennant une optimisation de l'utilisation du robot. Les hôpitaux peuvent agir sur trois paramètres pour améliorer la rentabilité du robot : le volume d'opérations, la durée de vie et l'organisation des soins et des équipes. D'après les calculs d'Asterès, l'achat d'un nouveau robot deviendrait rentable pour les hôpitaux à partir d'un volume de 43 à 146 opérations par an (toutes procédures confondues), selon la durée de vie (10 à 20 ans) et selon la mise en place ou non de mesures organisationnelles (voir graphique 9). Pour une durée de vie de 20 ans, un volume de 600 opérations par an et avec la mise en place de mesures organisationnelles, soit l'hypothèse la plus optimiste, la chirurgie robot-assistée engendre 1 413€ d'économie par prostatectomie. À l'inverse, pour une durée de vie 10 ans et un volume de 25 opérations par an et sans mesure organisationnelle, la chirurgie robot-assistée engendre un surcoût de 3 013€ par prostatectomie. Les résultats détaillés des simulations sont disponibles en annexe 11. La maximisation des économies générées par la chirurgie robot-assistée implique donc de limiter le renouvellement du stock et/ou d'optimiser l'organisation des soins à l'échelle des hôpitaux et à l'échelle des régions :

- **La rentabilité du robot peut être améliorée en limitant le renouvellement du stock de capital.** Ce levier implique cependant que l'hôpital se prive des innovations réalisées dans le domaine pendant toute la durée de vie du robot, soit potentiellement une vingtaine d'années. Si la technologie progresse rapidement, ce choix peut se faire au détriment du patient et des chirurgiens.

- **La rentabilité du robot peut être améliorée en optimisant l'organisation des soins au sein des hôpitaux.** L'expérience menée au CHU de Nice a démontré que des mesures telles que l'harmonisation des procédures et protocoles opératoires, la formation du personnel médical et paramédical, l'ouverture d'une salle dédiée à la chirurgie robotique ou encore l'optimisation de la programmation des opérations (liste non-exhaustive) ont un impact sur les résultats péri-opératoires et le volume d'opérations(44).
- **La rentabilité du robot peut être améliorée en optimisant l'organisation des soins au sein des territoires.** Les pouvoirs publics peuvent concentrer les interventions robot-assistées au sein de centres régionaux. Cette solution implique cependant de demander aux patients de parcourir, en moyenne, une distance plus longue pour accéder aux soins robot-assistés.

Graphique 9. Impact net de la chirurgie robot-assistée selon le volume annuel d'opérations et la durée de vie.



Sources : ATIH, Carbonne (2014), Insee, Pôle emploi, Assurance maladie, Stolzenburg et al. (2016), Raft et al. (2014), Al-Shaiji et al. (2010), Haese et al. (2019), Durand et al. (2022), Grobet-Jeandin et al. (2022), Intuitive Surgical, calculs Asterès

5. ANNEXES

ANNEXE 1 : CALCUL DE LA PART DES PARCOURS DE SOINS HOSPITALIERS AVEC ET SANS COMPLICATIONS

Les parcours de soins sans complication intra ou post-opératoire représentent 95% des cas (90% des chirurgies ouvertes, 95% des chirurgies coelioscopiques et 97% des chirurgies robot-assistées). Par déduction, les parcours de soins avec au moins une complication représentent 5% des cas (5% des patients opérés par chirurgie coelioscopique et 3% des patients opérés par chirurgie robot-assistée, soit 5% de patients toutes approches chirurgicales confondues). Dans le système français, les patients sont classés selon quatre niveaux de « sévérité » en fonction des complications rencontrées pendant le parcours de soins et des comorbidités préopératoires(11). Les données de l'ATIH déclinée par niveau de sévérité permettent de déduire la part des patients ne rencontrant aucune complication au cours de leur parcours de soins :

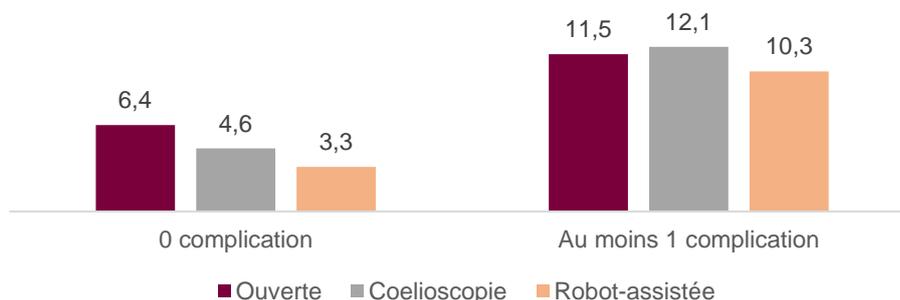
- **100% des patients classés niveau 1 ou 2 ne rencontrent aucune complication au cours de leur parcours de soins.** Par définition, les patients classés dans le premier niveau ne présentent aucune comorbidité et n'ont rencontré aucune complication lors de leur parcours de soins. Les patients classés dans le deuxième niveau présentent au moins une comorbidité mais n'ont rencontré aucune complication lors de leur parcours de soins.
- **15% des patients classés niveau 3 et 4 ne rencontrent aucune complication au cours de leur parcours de soins.** D'après une étude de référence, 85% des patients classés dans les niveaux 3 et 4 ont rencontré des complications au cours de leur parcours de soins, donc 15% n'en ont rencontré aucune(52).

Il convient de noter que si l'indice de sévérité est utilisé dans plusieurs études françaises comme un proxy pour les complications(3,11,53), le fait que cet indice prenne également en compte les conditions préopératoires du patient implique un risque de biais. Cela reste la meilleure approximation disponible.

ANNEXE 2 : CALCUL DE LA DURÉE MOYENNE DE SÉJOUR

La durée moyenne de séjour pour une prostatectomie totale varie, selon l'approche chirurgicale, de 3,3 à 6,4 jours en moyenne pour un parcours de soins sans complication et de 10,3 à 12,1 jours en moyenne pour un parcours de soins avec au moins une complication. Les données à partir desquelles ces moyennes ont été réalisées proviennent de la base de données de l'ATIH sur les « Données de synthèse de l'activité MCO par diagnostic ou acte CCAM » et sont disponibles sur la plateforme ScanSanté(54). Les données utilisées sont celles de l'année 2021. Les données publiques étant déclinées par type d'hôpital, une moyenne pondérée des données sur les hopitaux publics et privés a été réalisée.

Graphique 10. Durée moyenne de séjour à l'hôpital pour une prostatectomie totale, par approche chirurgicale et par scénario (2021)



Source : ATIH, calculs Asterès

ANNEXE 3 : CALCUL DES TAUX DE RÉINTERVENTION

En moyenne, 6% des patients subissent une réintervention au cours des douze mois suivant l'opération. Aucune donnée officielle française sur les réadmissions ou réinterventions n'étant disponible, Asterès s'appuie sur les données de l'étude de Stolzenburg *et al.* (2016)(25). Cette étude allemande portant sur des données nationales est la seule, à notre connaissance, à détailler les réinterventions par type d'intervention pour chaque approche chirurgicale. Il convient toutefois de noter que cette étude présente des risques de biais : les prostatectomies ont été réalisées entre 2005 et 2012 et la chirurgie ouverte était l'approche majoritaire à cette période en Allemagne (88% des PT en 2005 et 71% en 2012), suggérant que les chirurgiens disposaient peut-être encore de peu d'expérience dans les techniques mini-invasives – auquel cas les résultats seraient biaisés en faveur de la chirurgie ouverte. Cela reste la seule étude en mesure de fournir les données nécessaires au calcul du coût des réinterventions. Seules les réinterventions dont l'occurrence est supérieure ou égale à 1% pour au moins une technique et pour lesquelles il existe des données économiques ont été retenues, soit quatre types de réinterventions. En faisant l'hypothèse qu'un patient ne peut subir qu'une seule réintervention, ce quatrième scénario concernerait 6% des patients :

- **Une procédure pour hernie incisionnelle serait nécessaire dans respectivement 0,5%, 0,2% et 1,6% des cas après une prostatectomie totale par chirurgie ouverte, coelioscopique et robot-assistée.** Une hernie incisionnelle est une « hernie qui saillit à travers une ancienne incision »²⁰. Une hernie incisionnelle peut être traitée par une intervention chirurgicale appelée « cure de hernie de la paroi abdominale antérieure ».
- **Une procédure pour lymphocèle serait nécessaire dans respectivement 4,3%, 4,1% et 1,9% des cas après une prostatectomie totale par chirurgie ouverte, coelioscopique et robot-assistée.** Un lymphocèle est une accumulation de lymphes formée à la suite d'une opération chirurgicale. Dans la majorité des cas, la présence de lymphocèle ne nécessite pas d'intervention mais dans certains cas une ponction est nécessaire. La ponction du lymphocèle

²⁰ Source : Hôpitaux Universitaire de Genève

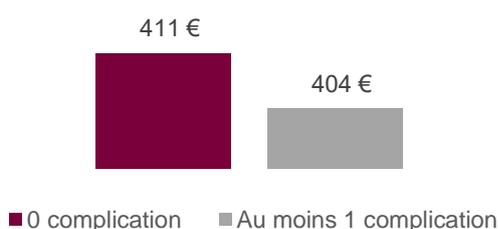
peut être réalisée en cabinet et ne nécessite pas d'intervention chirurgicale. Dans certains cas rares, une mise à plat chirurgicale peut s'avérer nécessaire.

- **Une incision du col de la vessie serait nécessaire dans respectivement 2,9%, 0,4% et 0,5% des cas après une prostatectomie totale par chirurgie ouverte, coelioscopique et robot-assistée.** L'incision du col de la vessie est un traitement chirurgical visant à améliorer l'écoulement des urines.
- **La pose d'une endoprothèse urétérale serait nécessaire dans respectivement 2,9%, 0,4% et 0,5% des cas après une prostatectomie totale par chirurgie ouverte, coelioscopique et robot-assistée.** La fonction d'une endoprothèse urétérale est d'assurer l'écoulement de l'urine du rein vers la vessie. Sa pose nécessite une intervention chirurgicale.

ANNEXE 4 : CALCUL DU COÛT JOURNALIER D'UN SÉJOUR

Le coût journalier moyen d'un séjour à l'hôpital pour une prostatectomie totale est de 411€ dans le cas d'un parcours de soins sans complication, et de 404€ dans le cas d'un parcours de soins avec au moins une complication. Ces coûts ont été calculés à partir des données de l'Étude Nationale des Coûts (ENC), disponibles sur la plateforme Scan Santé(55) (voir encadré 3). Seules les dépenses pouvant varier avec la durée de séjour ont été intégrées, à savoir : les dépenses des activités cliniques, la logistique et la gestion générale et la logistique médicale. Les dépenses de structure, les charges directes et les dépenses médico-techniques n'ont pas été intégrées. L'estimation la plus récente porte sur les données de 2019. Comme pour la durée moyenne de séjour, une moyenne pondérée des données des hôpitaux publics et privés a été calculée. Le coût plus élevé pour un parcours de soins sans complication s'explique par la répartition non uniforme des coûts sur toute la durée du séjour : les principales dépenses sont réalisées au début du séjour. Une des limites de cette étude est qu'il n'a pas été possible de s'appuyer sur le coût marginal d'une journée à l'hôpital.

Graphique 11. Coût moyen d'un séjour à l'hôpital (public et privé) pour une prostatectomie totale selon le scénario (2019)



Source : ATIH (ENC), calculs Asterès

ANNEXE 5 : CALCUL DU COÛT MOYEN D'UN PARCOURS DE SOINS AVEC COMPLICATIONS

Le coût moyen d'un séjour avec complication s'élève à 2 040€ pour la chirurgie ouverte, 2 979€ pour la chirurgie coelioscopique et 2 802€ pour la chirurgie robot-assistée. Un séjour avec au moins une complication (DMS avec au moins une complication * coût journalier avec au moins une complication) coûte 4 654€ pour la chirurgie ouverte, 4 881€ pour la chirurgie coelioscopique et 4 145€ pour la chirurgie robot-assistée. Le coût de l'opération ne varie pas, et Asterès fait l'hypothèse le coût

des arrêts maladie ne varie pas non plus (faute de données plus précises). Le coût des complications correspond donc à la différence entre le coût du séjour avec complications et le coût du séjour sans complication.

ANNEXE 6 : CALCUL DU COÛT DES RÉINTERVENTIONS

Une réintervention coûte entre 46€ et 802€ selon le type. Le coût des réinterventions de type chirurgical correspondent à la durée moyenne de séjour multipliée par le coût journalier moyen de l'acte. Le coût des réinterventions non chirurgicales correspond au tarif de base d'une consultation chez un spécialiste. Pour les réinterventions chirurgicales les sources utilisées sont les mêmes que pour le séjour initial. Les autres types de coût (opération, socio-économique) ne sont pas pris en compte dans le coût des réinterventions chirurgicales. Pour les réinterventions non chirurgicales, Asterès se base sur les tarifs communiqués par l'Assurance maladie. Un seul scénario étant consacré aux quatre types de réinterventions, un coût moyen des réinterventions a été calculé à partir des données sur le coût et l'occurrence des réinterventions.

- **Le coût moyen d'une cure de hernie de la paroi abdominale est de 416€.** Le coût journalier moyen est de 436€ et la durée moyenne de séjour d'un peu moins d'un jour.
- **Le coût moyen d'une ponction de lymphocèle est de 46€.** Ce coût correspond au tarif de base d'une consultation « complexe » chez un spécialiste²¹. La part exacte des lymphocèles traités par intervention chirurgicale est inconnue, mais nous savons que ce type de traitement est rare. Asterès fait donc l'hypothèse que les lymphocèles sont uniquement traités par ponction.
- **Le coût moyen d'une incision du col de la vessie est de 802€.** Le coût journalier moyen est de 327€ et la durée moyenne de séjour de 2,5 jours.
- **Le coût moyen d'une pose d'endoprothèse urétérale est de 627€.** Le coût journalier moyen est de 483€ et la durée moyenne de séjour de 1,3 jours.

ANNEXE 7 : CALCUL DU COÛT JOURNALIER DES ARRÊTS MALADIE

Étant donné que seulement 11% des patients sont en emploi, le coût journalier moyen par prostatectomie des arrêts maladie n'est que de 17€. Pour ce calcul, Asterès s'est appuyé sur méthode développée antérieurement dans le cadre d'une étude sur l'impact économique de la sclérose en plaques(56). Selon ce modèle, le coût socio-économique d'une pathologie ou d'un traitement comporte trois composantes : le coût pour l'Assurance maladie obligatoire (50% du salaire net du salarié), le coût pour le salarié (entre 10% et 40% du salaire net selon la prise en charge par l'employeur) et le coût pour l'entreprise (44% du revenu « super brut »)²². Trois données sont nécessaires pour calculer le coût

²¹ Source : Ameli

²² Nous faisons l'hypothèse que la perte de production induite par un congé maladie d'un salarié est en partie compensée par l'augmentation de la production de ses collègues. Dans une étude précédente, Asterès s'est appuyé sur une étude estimant cette part à 56%. Dans cette étude, nous nous appuyons sur cette même estimation. Pour plus d'information sur la méthode de calcul du coût socio-économique d'un traitement développée par Asterès, voir « La Sclérose en plaques : le coût socio-économique égale le coût médical » par Alice Bouleau et Charles-Antoine Schwerer (mai 2022)(56).

journalier moyen de l'arrêt maladie : le revenu moyen des patients en emploi, le revenu « super brut » des patients en emploi et, la part des patients en emploi.

- **La première donnée provient de l'Insee** : le salaire net annuel moyen des 40 – 54 ans est de 26 417€ et celui des 55 ans et plus de 25 970€(57), soit respectivement 103€ et 101€ par jour.
- **La deuxième donnée a ensuite été calculée à partir du simulateur de Pôle emploi** (« coût total dépensé par l'entreprise »)(58). Le revenu super brut annuel des deux catégories d'âge est de respectivement 44 853€ et 44 237€, soit 175€ et 172€ par jour.
- **Enfin, la dernière donnée a été calculé à partir des données de l'Assurance maladie et de l'Insee**. D'après l'Assurance maladie, 17% des patients pris en charge pour un cancer de la prostate sont en âge de travailler(59). Asterès fait l'hypothèse que la répartition selon l'âge des patients subissant une prostatectomie totale est la même que la répartition selon l'âge des patients pris en charge pour un cancer de la prostate. D'après l'Insee, le taux d'emploi des 15 – 64 ans est de 67% en 2021. En appliquant ce taux aux patients en âge de travailler, Asterès en déduit que seulement 11% des patients subissant une prostatectomie totale sont en emploi(60).

Tableau 9. Détail du calcul du coût des arrêts maladie

	40 - 54 ans	55 ans et +
Salaire net	103 €	101 €
Coût pour l'AM	51 €	51 €
Coût pour le salarié (min/max)	10 € 41 €	10 € 40 €
Salaire super brut	175 €	172 €
Coût pour l'entreprise	77 €	76 €
Total	154 €	152 €
Moyenne 40 - 65 ans	152 €	
Coût par prostatectomie	17 €	

Sources : Insee, Pôle emploi, Assurance maladie, calculs Asterès

Note : pour le coût pour le salarié, Asterès a basé a retenu la valeur médiane entre la fourchette basse et la fourchette haute.

ANNEXE 8 : CALCUL DU COÛT DE L'OPÉRATION (HORS ROBOT)

Le coût de l'opération se compose du coût du bloc opératoire et du coût des instruments chirurgicaux. Le coût du robot sera intégré dans un second temps et est donc séparé du coût de l'opération. Les données utilisées proviennent de sources académiques (Raft *et al.* 2014, Al-Shaiji *et al.* 2010, Haese *et al.* 2019) et privées (Intuitive Surgical) :

- **Le coût du bloc opératoire est de 10,80€/min.** Cette donnée provient d'un « exemple de calcul du coût de fonctionnement d'un bloc opératoire avec la salle de surveillance post interventionnelle » figurant dans les Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation(61).

54

L'estimation a été réalisée pour l'année 2012 mais aucune mise à jour du coût n'a été faite à ce jour à notre connaissance.

- **Le coût des instruments chirurgicaux varie entre 200€ et 1030€ par opération, selon l'approche chirurgicale.** Pour la chirurgie ouverte et la chirurgie coelioscopique, les données proviennent d'une étude médico-économique conduite au Canada(62). Les coûts présentés en US\$ (2010) ont été convertis en EUR (2021). Le coût des instruments chirurgicaux est ainsi de 200€ pour une chirurgie ouverte et 557€ pour une chirurgie coelioscopique. Le détail des instruments utilisés et de leur coût n'est pas connu. Les données pour la chirurgie robot-assistée ont été fournies par Intuitive. La combinaison d'instruments la plus régulièrement utilisée pour réaliser une prostatectomie totale par chirurgie robot-assistée est la suivante : un porte aiguille (220€), une pince prograsp (220€), une pince bipolaire maryland (270€) et une paire de ciseaux courbe monopolaire (320€). Au total, le coût des instruments pour une chirurgie robot-assistée s'élève donc à 1030€, hors programme d'utilisation prolongée. Avec le programme d'utilisation prolongée, le coût des instruments passe progressivement à 130€, 110€, 170€ et 288€, soit 698€ au total.

ANNEXE 9 : CALCUL DU COÛT DU ROBOT

Les données retenues pour cette étude sont de 1,5 M€ pour le coût d'achat du robot et 121 668€ pour le coût annuel de la maintenance. Étant donné qu'il n'existe pas de prix unique du robot (en raison des différences de modèles et de la politique commerciale d'Intuitive), Asterès a retenu, pour le coût d'achat et la maintenance, la valeur médiane entre la borne basse et de la borne haute. Asterès s'est appuyé sur les données de deux études françaises récentes(44,45). La première est l'étude de référence pour la borne basse, la seconde l'étude de référence pour la borne haute :

- **Dans la première étude, la borne basse du coût d'achat du robot s'élève à 1,0 M€ et celle du coût de la maintenance à 78 129€(45).** Entre le début et la fin de cette étude, le coût de plateforme robotique (capital et services) passe de 1 335€ (822€ + 513€) à 779€ (la répartition entre le capital et les services n'est pas connue) grâce à l'achat du modèle de dernière génération (da Vinci Xi). En faisant l'hypothèse que la répartition entre le capital et les services reste identique, alors le coût d'achat s'élève à 480€ par procédure et le coût de la maintenance à 296€ par procédure. Étant donné que le capital est amorti sur 7 ans et que 261 procédures ont été réalisées pour cette étude et en faisant l'hypothèse d'une dépréciation de 3% du capital, le coût d'achat du robot est estimé à 1,0 M€. Sur la base des mêmes hypothèses, le coût de la maintenance peut être estimé à 78 129€ par an.
- **Dans la seconde étude, la borne haute du coût d'achat du robot s'élève à 1,9M€ et celle du coût de la maintenance à 150 000€(44).** Les prix rapportés dans cette étude sont de 1 734 K€ pour une modèle d'ancienne génération et 1 939 K€ pour un modèle de nouvelle génération. Le coût de la maintenance est de 135 000 pour les modèles d'ancienne génération et 150 000€ pour les modèles de nouvelle génération.

Le coût de 659€ par procédure est ensuite obtenu en pondérant le coût total de la plateforme robotique de la part des prostatectomies dans le total des chirurgies robot-assistées et en rapportant le résultat au volume annuel moyen du robot. Les prostatectomies totales représentent 35% des interventions robot-assistées en 2021 (voir partie 1) et un robot réalise en moyenne 171 opérations par an (33 770 interventions pour 197 robots).

Tableau 10. Détail du coût du robot (achat et maintenance)

Coût annuel du robot	213 242 €
Coût annuel de la maintenance	114 065 €
Coût de la plateforme robotique	327 306 €
Coût amorti par les prostatectomies	137 421 €
Coût total, par procédure	989 €

Sources : Durand *et al.* (2022), Grobet-Jeandin *et al.* (2022), calculs Asterès

ANNEXE 10 : IMPACT NET DE LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE, AVEC MESURES ORGANISATIONNELLES.

Pour estimer l'impact de la généralisation des réorganisations, Asterès fait l'hypothèse d'une réduction de la durée de séjour de 25% et d'une réduction de la durée d'opération de 24%, en s'appuyant sur une expérience menée au CHU de Nice(44). La nouvelle durée moyenne de séjour est alors 2,4 jours pour un séjour sans complication et de 7,7 jours pour un séjour avec au moins une complication (contre respectivement 3,3 jours et 10,3 jours dans le modèle sans mesures organisationnelles). La nouvelle durée d'opération est de 151 minutes contre 200 minutes. Dans ce scénario hypothétique, l'impact net de la chirurgie robot-assistée en 2021 passerait de +4,2 M€ à -10,1 M€.

Tableau 11. Impact net de la chirurgie robot-assistée en 2021, avec mesures organisationnelles (en milliers d'euros).

	Opération (hors robot)	Séjour initial	Complications	Réinterventions	Arrêts de travail	Total
Chirurgie ouverte	1 164 €	- 10 448 €	- 635 €	- 105 €	- 888 €	- 10 913 €
Coelioscopie	- 1 978 €	- 4 617 €	- 257 €	21 €	-	- 6 830 €
Total hors robot	- 814 €	- 15 065 €	- 892 €	- 83 €	- 888 €	- 17 743 €
Total avec robot						- 10 050 €
Différence avec le modèle sans mesure organisationnelle	- 6 115 €	- 3 917 €	- 414 €	- €	- €	- 14 291 €

Sources : ATIH, Carbonne (2014), Insee, Pôle emploi, Assurance maladie, Stolzenburg *et al.* (2016), Raft *et al.* (2014), Al-Shaiji *et al.* (2010), Haese *et al.* (2019), Durand *et al.* (2022), Grobet-Jeandin *et al.* (2022), Intuitive Surgical, calculs Asterès

ANNEXE 11 : IMPACT NET DE LA CHIRURGIE ROBOT-ASSISTÉE SELON LE VOLUME ANNUEL D'OPÉRATION (LIGNES) ET LA DURÉE DE VIE (COLONNES)

Tableau 12. Impact net de la chirurgie robot-assistée selon le volume annuel d'opération et la durée de vie du robot, dans l'hypothèse d'une substitution à la coelioscopie et à la chirurgie ouverte, sans mesure organisationnelle.

	10	15	20	25
50	1193	850	678	575
100	284	112	26	-25
150	-19	-134	-191	-226
200	-171	-257	-300	-326
250	-262	-331	-365	-386
300	-322	-380	-408	-426
350	-366	-415	-439	-454
400	-398	-441	-463	-476
450	-424	-462	-481	-492
500	-444	-478	-495	-506
550	-460	-492	-507	-517
600	-474	-503	-517	-526

Sources : ATIH, Carbonne (2014), Insee, Pôle emploi, Assurance maladie, Stolzenburg et al. (2016), Raft et al. (2014), Al-Shaiji et al. (2010), Haese et al. (2019), Durand et al. (2022), Grobet-Jeandin et al. (2022), Intuitive Surgical, calculs Asterès

Tableau 13. Impact net de la chirurgie robot-assistée selon le volume annuel d'opération et la durée de vie du robot, dans l'hypothèse d'une substitution à la coelioscopie et à la chirurgie ouverte, avec mesures organisationnelles.

	10	20
50	298	-218
100	-612	-869
150	-915	-1087
200	-1066	-1195
250	-1157	-1260
300	-1218	-1304
350	-1261	-1335
400	-1294	-1358
450	-1319	-1376
500	-1339	-1391
550	-1356	-1403
600	-1370	-1413

Sources : ATIH, Carbonne (2014), Insee, Pôle emploi, Assurance maladie, Stolzenburg et al. (2016), Raft et al. (2014), Al-Shaiji et al. (2010), Haese et al. (2019), Durand et al. (2022), Grobet-Jeandin et al. (2022), Intuitive Surgical, calculs Asterès

BIBLIOGRAPHIE

1. Les traitements du cancer de la prostate [Internet]. Institut National du Cancer; 2010 nov. (Guide des patients). Disponible sur: <https://www.e-cancer.fr/content/download/63394/570461/file/GUIPROS10.pdf>
2. Guillonnet B, Vallancien G. Laparoscopic Radical Prostatectomy: The Montsouris Technique. *J Urol.* juin 2000;163(6):1643-9.
3. Ploussard G, Grabia A, Barret E, Beauval JB, Brureau L, Créhange G, et al. Annual nationwide analysis of costs and post-operative outcomes after radical prostatectomy according to the surgical approach (open, laparoscopic, and robotic). *World J Urol.* févr 2022;40(2):419-25.
4. Baek SJ, Kim SH, Cho JS, Shin JW, Kim J. Robotic versus Conventional Laparoscopic Surgery for Rectal Cancer: A Cost Analysis from A Single Institute in Korea. *World J Surg.* nov 2012;36(11):2722-9.
5. Dispositifs médicaux et progrès en robotique [Internet]. Snitem; 2017 déc [cité 6 juill 2022]. (Les innovations technologiques médicales). Disponible sur: <http://www.theragora.fr/pdfs/SNITEM%20Appareil%20Digestif%20Web.pdf>
6. Carbonne M. Réflexion sur l'utilisation du robot chirurgical: construction d'une matrice valeur/risque [Internet] [other]. Université de Lorraine; 2014 [cité 22 sept 2022]. p. non renseigné. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01732005>
7. Évaluation des dimensions clinique et organisationnelle de la chirurgie robot-assistée dans le cadre d'une prostatectomie totale [Internet]. Haute Autorité de la Santé; 2016 nov [cité 19 mai 2022]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_2729635/fr/evaluation-des-dimensions-clinique-et-organisationnelle-de-la-chirurgie-robot-assistee-dans-le-cadre-d-une-prostatectomie-totale-rapport-d-evaluation
8. Fassier JB, Charbotel B, Fort E, Rebillard X, Moreau JL, Borgogno C, et al. Enquête de l'Association française d'urologie sur les pratiques de prescriptions d'arrêt de travail auprès de 145 chirurgiens urologues. *Prog En Urol.* juill 2011;21(7):479-85.
9. Raimondeau J. Manuel de santé publique: connaissances, enjeux et défis. Rennes: Presses de l'École des hautes études en santé publique; 2020. (Références santé social).
10. Doumerc N, Yuen C, Savdie R, Rahman MB, Rasiah KK, Pe Benito R, et al. Should experienced open prostatic surgeons convert to robotic surgery? The real learning curve for one surgeon over 3 years: LEARNING CURVE FOR OPEN TO ROBOTIC PROSTATECTOMY. *BJU Int.* août 2010;106(3):378-84.
11. Ploussard G, Grabia A, Beauval JB, Mathieu R, Brureau L, Rozet F, et al. Impact of Hospital volume on postoperative outcomes after radical prostatectomy: A 5-Year nationwide database analysis. *Eur Urol Focus.* juin 2021;S240545692100167X.
12. Wallerstedt A, Tyritzis SI, Thorsteinsdottir T, Carlsson S, Stranne J, Gustafsson O, et al. Short-term Results after Robot-assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy Compared to Open Radical Prostatectomy. *Eur Urol.* avr 2015;67(4):660-70.

13. Haese A, Knipper S, Isbarn H, Heinzer H, Tilki D, Salomon G, et al. A comparative study of robot-assisted and open radical prostatectomy in 10 790 men treated by highly trained surgeons for both procedures. *BJU Int.* juin 2019;123(6):1031-40.
14. Luciani LG, Mattevi D, Mantovani W, Cai T, Chiodini S, Vattovani V, et al. Retropubic, Laparoscopic, and Robot-Assisted Radical Prostatectomy: A Comparative Analysis of the Surgical Outcomes in a Single Regional Center. *Curr Urol.* nov 2017;11(1):36-41.
15. Ryu J, Kwon T, Kyung YS, Hong S, You D, Jeong IG, et al. Retropubic Versus Robot-Assisted Laparoscopic Prostatectomy for Prostate Cancer: A Comparative Study of Postoperative Complications. *Korean J Urol.* 2013;54(11):756.
16. Yaxley JW, Coughlin GD, Chambers SK, Occhipinti S, Samaratunga H, Zajdlewicz L, et al. Robot-assisted laparoscopic prostatectomy versus open radical retropubic prostatectomy: early outcomes from a randomised controlled phase 3 study. *The Lancet.* sept 2016;388(10049):1057-66.
17. Sugihara T, Yasunaga H, Horiguchi H, Matsui H, Fujimura T, Nishimatsu H, et al. Robot-assisted versus other types of radical prostatectomy: Population-based safety and cost comparison in Japan, 2012–2013. *Cancer Sci.* nov 2014;105(11):1421-6.
18. Bolenz C, Gupta A, Hotze T, Ho R, Cadeddu JA, Roehrborn CG, et al. Cost Comparison of Robotic, Laparoscopic, and Open Radical Prostatectomy for Prostate Cancer. *Eur Urol.* mars 2010;57(3):453-8.
19. Laird A, Fowler S, Good DW, Stewart GD, Srinivasan V, Cahill D, et al. Contemporary practice and technique-related outcomes for radical prostatectomy in the UK: a report of national outcomes: Contemporary practice and technique-related outcomes for RP in the UK. *BJU Int.* mai 2015;115(5):753-63.
20. Pearce SM, Pariser JJ, Karrison T, Patel SG, Eggener SE. Comparison of Perioperative and Early Oncologic Outcomes between Open and Robotic Assisted Laparoscopic Prostatectomy in a Contemporary Population Based Cohort. *J Urol.* juill 2016;196(1):76-81.
21. Trinh QD, Sammon J, Sun M, Ravi P, Ghani KR, Bianchi M, et al. Perioperative Outcomes of Robot-Assisted Radical Prostatectomy Compared With Open Radical Prostatectomy: Results From the Nationwide Inpatient Sample. *Eur Urol.* avr 2012;61(4):679-85.
22. Hohwü L, Akre O, Pedersen KV, Jonsson M, Nielsen CV, Gustafsson O. Open retropubic prostatectomy versus robot-assisted laparoscopic prostatectomy: A comparison of length of sick leave. *Scand J Urol Nephrol.* 1 janv 2009;43(4):259-64.
23. Plym A, Chiesa F, Voss M, Holmberg L, Johansson E, Stattin P, et al. Work Disability After Robot-assisted or Open Radical Prostatectomy: A Nationwide, Population-based Study. *Eur Urol.* juill 2016;70(1):64-71.
24. Beauval JB, Roumiguié M, Ouali M, Doumerc N, Thoulouzan M, Mazerolles C, et al. Étude prospective monocentrique comparant la prostatectomie totale rétropubienne à la laparoscopie robot-assistée : résultats carcinologiques et fonctionnels d'une série consécutive. *Prog En Urol.* juin 2015;25(7):370-8.
25. Stolzenburg JU, Kyriazis I, Fahlenbrach C, Gilfrich C, Günster C, Jeschke E, et al. National trends and differences in morbidity among surgical approaches for radical prostatectomy in Germany. *World J Urol.* nov 2016;34(11):1515-20.

26. Forsmark A, Gehrman J, Angenete E, Bjartell A, Björholt I, Carlsson S, et al. Health Economic Analysis of Open and Robot-assisted Laparoscopic Surgery for Prostate Cancer Within the Prospective Multicentre LAPPRO Trial. *Eur Urol.* déc 2018;74(6):816-24.
27. von Mechow S, Graefen M, Haese A, Tennstedt P, Pehrke D, Friedersdorff F, et al. Return to work following robot-assisted laparoscopic and open retropubic radical prostatectomy: A single-center cohort study to compare duration of sick leave. *Urol Oncol Semin Orig Investig.* juin 2018;36(6):309.e1-309.e6.
28. Ploussard G, de la Taille A, Moulin M, Vordos D, Hoznek A, Abbou CC, et al. Comparisons of the Perioperative, Functional, and Oncologic Outcomes After Robot-Assisted Versus Pure Extraperitoneal Laparoscopic Radical Prostatectomy. *Eur Urol.* mars 2014;65(3):610-9.
29. Porpiglia F, Morra I, Lucci Chiarissi M, Manfredi M, Mele F, Grande S, et al. Randomised Controlled Trial Comparing Laparoscopic and Robot-assisted Radical Prostatectomy. *Eur Urol.* avr 2013;63(4):606-14.
30. Stolzenburg JU, Holze S, Neuhaus P, Kyriazis I, Do HM, Dietel A, et al. Robotic-assisted Versus Laparoscopic Surgery: Outcomes from the First Multicentre, Randomised, Patient-blinded Controlled Trial in Radical Prostatectomy (LAP-01). *Eur Urol.* juin 2021;79(6):750-9.
31. Asimakopoulos AD, Pereira Fraga CT, Annino F, Pasqualetti P, Calado AA, Mugnier C. Randomized Comparison between Laparoscopic and Robot-Assisted Nerve-Sparing Radical Prostatectomy. *J Sex Med.* mai 2011;8(5):1503-12.
32. Weiner AB, Murthy P, Richards KA, Patel SG, Eggener SE. Population Based Analysis of Incidence and Predictors of Open Conversion during Minimally Invasive Radical Prostatectomy. *J Urol.* mars 2015;193(3):826-31.
33. Wells AC, Kjellman M, Harper SJF, Forsman M, Hallbeck MS. Operating hurts: a study of EAES surgeons. *Surg Endosc.* mars 2019;33(3):933-40.
34. Plerhoples TA, Hernandez-Boussard T, Wren SM. The aching surgeon: a survey of physical discomfort and symptoms following open, laparoscopic, and robotic surgery. *J Robot Surg.* mars 2012;6(1):65-72.
35. Bagrodia A, Raman JD. Ergonomic Considerations of Radical Prostatectomy: Physician Perspective of Open, Laparoscopic, and Robot-Assisted Techniques. *J Endourol.* avr 2009;23(4):627-33.
36. Stucky CCH, Cromwell KD, Voss RK, Chiang YJ, Woodman K, Lee JE, et al. Surgeon symptoms, strain, and selections: Systematic review and meta-analysis of surgical ergonomics. *Ann Med Surg.* mars 2018;27:1-8.
37. Epstein S, Sparer EH, Tran BN, Ruan QZ, Dennerlein JT, Singhal D, et al. Prevalence of Work-Related Musculoskeletal Disorders Among Surgeons and Interventionalists: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Surg.* 21 févr 2018;153(2):e174947.
38. Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU | Safety and health at work EU-OSHA [Internet]. European Agency for Safety and Health at Work; 2019 [cité 11 juill 2022]. Disponible sur: https://osha.europa.eu/sites/default/files/Work-related_MSDs_prevalence_costs_and_demographics_in_the_EU_report.pdf

39. Lloyd GL, Chung ASJ, Steinberg S, Sawyer M, Williams DH, Overbey D. Is Your Career Hurting You? The Ergonomic Consequences of Surgery in 701 Urologists Worldwide. *J Endourol.* 1 déc 2019;33(12):1037-42.
40. Davis WT, Fletcher SA, Guillaumondegui OD. Musculoskeletal occupational injury among surgeons: effects for patients, providers, and institutions. *J Surg Res.* juin 2014;189(2):207-212.e6.
41. Kerr RR. Practicing urology takes physical toll. *Urol Times J* [Internet]. 7 août 2019 [cité 11 juill 2022];47(8). Disponible sur: <https://www.urologytimes.com/view/practicing-urology-takes-physical-toll>
42. Park A, Lee G, Seagull JF, Meenaghan N, Dexter D. Patients Benefit While Surgeons Suffer: An Impending Epidemic. *J Am Coll Surg.* mars 2010;210(3):306-13.
43. Hubert N, Gilles M, Desbrosses K, Meyer J, Felblinger J, Hubert J. Ergonomic assessment of the surgeon's physical workload during standard and robotic assisted laparoscopic procedures: Ergonomy & physical stress better in robotics than in laparoscopy. *Int J Med Robot.* juin 2013;9(2):142-7.
44. Durand M, Bentellis I, Shaikh A, Barthe F, Imbert de la Phalecque L, Tibi B, et al. Évaluation médico-économique de l'impact de mesures d'adaptation au virage de la chirurgie robot-assistée en urologie. *Prog En Urol.* mars 2022;32(3):205-16.
45. Grobet-Jeandin E, Pinar U, Parra J, Vaessen C, Chartier-Kastler E, Seisen T, et al. Medico-economic impact of onco-urological robot-assisted minimally invasive surgery in a high-volume centre. *Int J Med Robot.* n/a(n/a):e2462.
46. Coyte PC, Asche CV, Croxford R, Chan B. The economic cost of musculoskeletal disorders in Canada. *Arthritis Care Res.* oct 1998;11(5):315-25.
47. Oh IH, Yoon SJ, Seo HY, Kim EJ, Kim YA. The economic burden of musculoskeletal disease in Korea: A cross sectional study. *BMC Musculoskelet Disord.* déc 2011;12(1):157.
48. Ahlberga I. The economic costs of musculoskeletal disorders - A cost-of-illness study in Sweden for 2012 | Lund University [Internet]. [cité 15 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.lunduniversity.lu.se/lup/publication/4698739>
49. Musculoskeletal Disease Prevalence [Internet]. BMUS: The Burden of Musculoskeletal Diseases in the United States. [cité 15 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.boneandjointburden.org/fourth-edition/viiiib0/musculoskeletal-disease-prevalence>
50. Price M, Bates A, Clagett M. Improving Efficiency and Standardization in a Robotics Program: A Quality Improvement Project. *AORN J.* déc 2018;108(6):652-60.
51. Feldstein J, Schwander B, Roberts M, Coussons H. Cost of ownership assessment for a da Vinci robot based on US real-world data. *Int J Med Robot* [Internet]. oct 2019 [cité 26 sept 2022];15(5). Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rcs.2023>
52. Landais A, Morel M, Goldstein J, Loriau J, Fresnel A, Chevalier C, et al. Evaluation of financial burden following complications after major surgery in France: Potential return after perioperative goal-directed therapy. *Anaesth Crit Care Pain Med.* juin 2017;36(3):151-5.

53. Rouanet P, Mermoud A, Jarlier M, Bouazza N, Laine A, Mathieu Daudé H. Combined robotic approach and enhanced recovery after surgery pathway for optimization of costs in patients undergoing proctectomy. *BJS Open*. juin 2020;4(3):516-23.
54. MCO par diagnostic ou acte | Stats ATIH [Internet]. [cité 15 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.scansante.fr/applications/statistiques-activite-MCO-par-diagnostique-et-actes>
55. ENC MCO | Stats ATIH [Internet]. [cité 15 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.scansante.fr/applications/enc-mco>
56. Bouleau A, Schwerer CA. La Sclérose en plaques : le coût socio-économique égale le coût médical [Internet]. Asterès; 2022 mai [cité 15 juill 2022]. Disponible sur: <https://asteres.fr/site/wp-content/uploads/2022/05/ASTERES-NOVARTIS-Etude-SEP-mai-2022-VF.pdf>
57. Revenus salariaux | Insee [Internet]. [cité 15 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2381326>
58. Salaire brut, net, net après impôt, coût total : le simulateur ultime pour salariés et employeurs [Internet]. [cité 15 juill 2022]. Disponible sur: <https://mon-entreprise.urssaf.fr/simulateurs/salaire-brut-net>
59. Hommes pris en charge pour cancer de la prostate actif en 2019 [Internet]. Ameli; 2021 oct. (Fiche cancer). Disponible sur: <https://www.ameli.fr/content/fiche-cancer-de-la-prostate-actif-en-2019>
60. Emploi selon le sexe et l'âge | Insee [Internet]. [cité 15 juill 2022]. Disponible sur: https://www.insee.fr/fr/statistiques/2490449#figure1_radio4
61. Raft J, Millet F, Meistelman C. Exemple de calcul du coût de fonctionnement d'un bloc opératoire avec la salle de surveillance post interventionnelle. *Ann Fr Anesth Réanimation*. sept 2014;33:A364.
62. Al-Shaiji TF, Kanaroglou N, Thoma A, Prowse C, Comondore V, Orovan W, et al. A cost-analysis comparison of laparoscopic radical prostatectomy versus open radical prostatectomy:the McMaster Institute of Urology experience. *Can Urol Assoc J*. 1 août 2010;4(4):237-41.

CHARTRE ETHIQUE

Asterès est régulièrement sollicité par des entreprises et des fédérations professionnelles pour intervenir en amont de leurs activités de lobbying, particulièrement lors des débats d'orientation budgétaire. Asterès peut donc être amené à réaliser des travaux financés par des donneurs d'ordres et démontrant l'impact économiquement nocif d'une mesure qui pourrait leur être appliquée.

Dans ce cas, notre démarche répond à une charte éthique stricte. Notre client s'engage à accepter que les travaux menés par Asterès répondent aux principes intangibles suivants :

- Asterès ne peut s'engager sur les résultats d'une étude avant de l'avoir réalisée. Nous ne délivrons nos conclusions qu'au terme de nos analyses.
- Nos travaux suivent une méthodologie standard (*top down*), qui s'appuie sur l'utilisation de données statistiques publiques, ou conçues par nous-mêmes.
- Si un client souhaite modifier des conclusions de travaux réalisés par Asterès sans une totale approbation de nos consultants, il devient le seul signataire de l'étude, et n'a plus le droit d'utiliser la marque Asterès.
- Les consultants d'Asterès ne défendent dans le débat public que des travaux qu'ils ont réalisés eux-mêmes. En aucun cas ils n'acceptent de se faire le relais de travaux réalisés par d'autres.

Contestations & litiges

Par le présent contrat, la société ASTERES sarl s'engage à mettre en œuvre les moyens pour réaliser les travaux décrits dans le présent document contractuel. En cas de litige, les parties s'engagent à rechercher un accord amiable préalablement à toute instance judiciaire. En l'absence de conciliation dans un délai d'un mois après stipulation du litige par lettre recommandée avec accusé de réception, le litige sera soumis au Tribunal de Commerce de Paris à la requête de la partie la plus diligente.

Il est entendu entre les parties qu'Asterès intervient en tant que prestataire externe. Asterès ne saurait être tenue en aucun cas pour responsable des interprétations qui pourraient être données de ses travaux ou de leurs conséquences. Asterès est en outre tributaire de la qualité des statistiques utilisées, dont elle n'est pas responsable.

A S T E R è S
p r o d u c t e u r d ' i d é e s

ASTERES ETUDES & CONSEIL

81 rue Réaumur,

75002 PARIS 01 44 76 89 16

contact@asteres.fr