



**HAL**  
open science

## Le coût des innovations numériques : l'impossible évaluation

C. Pascal

### ► To cite this version:

C. Pascal. Le coût des innovations numériques : l'impossible évaluation. *Ethics, Medicine and Public Health*, 2020, 15, pp.100595 -. [⟨10.1016/j.jemep.2020.100595⟩](https://doi.org/10.1016/j.jemep.2020.100595). [⟨hal-03492079⟩](https://hal.science/hal-03492079)

**HAL Id: hal-03492079**

**<https://hal.science/hal-03492079v1>**

Submitted on 17 Oct 2022

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

**Le coût des innovations numériques : l'impossible évaluation**

*The cost of digital innovations: the impossible evaluation*

Christophe PASCAL

Maître de conférences en sciences de gestion, Univ Lyon, Jean Moulin, IFROSS, GRAPHOS,

F-69007, Lyon, France

[christophe.pascal@univ-lyon3.fr](mailto:christophe.pascal@univ-lyon3.fr)

Reçu le 15 juillet 2020

Accepté le 17 août 2020

Conflits d'intérêts : aucun

Financement : Nous avons reçu un financement de l'entreprise BD pour évaluer le coût de l'implantation d'un robot de distribution des médicaments dans un centre hospitalier (la publication qui en a résulté est citée en bibliographie).

## **Résumé**

Le numérique sous-tend désormais une grande partie des innovations dans le champ de la santé. La télémédecine et l'intelligence artificielle sont sans doute les manifestations les plus connues de ces innovations numériques. Alors que la part des dépenses de santé dans la richesse nationale ne cesse d'augmenter, le coût consacré à ces nouvelles technologies est un sujet de préoccupation, car la technologie en général est identifiée dans la littérature économique comme l'un des facteurs principaux d'augmentation des dépenses médicales. L'évaluation du coût de ces innovations numériques se heurte à de nombreuses difficultés, qui tiennent à la fois aux limites des méthodes classiques d'évaluation médico-économiques face aux technologies de santé, et aux obstacles spécifiques introduits par le numérique. Dans ces conditions, calculer le coût d'une innovation numérique au niveau de la société apparaît comme impossible. Ce constat plaide pour une approche constructiviste du coût, entendu comme un élément permettant la délibération collective dans la société et les organisations autour des finalités de l'innovation.

**Mots-clés :** Coût ; Digitalisation ; Évaluation médico-économique ; Innovation ; Numérique ; Technologie de santé

## **Abstract**

Digital technology now underpins much of the innovation in the health field. Telemedicine and artificial intelligence are probably the best-known manifestations of these digital innovations. As the share of health expenditure in national wealth continues to rise, the cost of these new technologies is a matter of concern, as technology in general is identified in the economic literature as one of the main factors in the increase in medical expenditure. The evaluation of the cost of these digital innovations faces many difficulties, which stem both from the limitations of traditional methods of medico-economic evaluation of health technologies and from the specific barriers introduced by digital technology. Under these conditions, calculating the cost of a digital innovation at the societal level seems impossible. This observation argues in favour of a constructivist approach to cost, understood as an element allowing collective deliberation in society and organisations around the aims of innovation.

**Keywords :** Cost; Digitalisation; Medico-economic evaluation; Innovation; Health technology

Pouvons-nous nous payer cette technologie ? Telle est en substance la question que se posent les décideurs quel que soit leur niveau, sociétal, institutionnel, collectif ou individuel, lorsqu'ils se voient présenter une nouvelle technologie dont les services leur semblent prometteurs. La simplicité de la question cache en réalité des interrogations redoutables. Dans le champ sanitaire tout particulièrement, le recours croissant à la technologie est une source constante d'inquiétude pour les financeurs, alors que les dépenses de santé représentent une part croissante de la richesse nationale : 11,6 % du PIB au Québec, 10,1 % au Canada, 11 % en France en 2015. Si les facteurs démographiques comme le vieillissement de la population et l'amélioration de l'état de santé jouent un rôle dans cette augmentation, le progrès technologique médical en constituerait en réalité le principal contributeur aux côtés de l'augmentation des prix relatifs [1]. Le secteur de la santé serait ainsi l'un des seuls secteurs où paradoxalement l'innovation technologique rimerait avec augmentation des coûts [2] . La numérisation, entendue comme la conversion des informations d'un support (texte, image, audio, vidéo) ou d'un signal électrique en données numériques que des technologies informatiques peuvent exploiter est omniprésente dans ce processus. La télémédecine, la e-santé, mais aussi l'intelligence artificielle sont quelques-unes des manifestations les plus emblématiques de ce phénomène de digitalisation.

Dans ce contexte, il s'agit de savoir dans quelle mesure il est possible d'apprécier le coût de ces innovations numériques. Si ces dernières sont confrontées aux difficultés classiques de l'évaluation économique de n'importe quelle technologie de santé (1), elles n'en soulèvent pas moins des enjeux particuliers liés à leurs spécificités (2).

## **L'évaluation économique des technologies de santé : un chemin pavé d'obstacles**

### *Des méthodes de plus en plus standardisées et sophistiquées*

Le coût des technologies de santé est de longue date un sujet de recherche pour les économistes de la santé. En effet, si l'on considère que les ressources dédiées à un système de santé sont finies, la question de l'efficacité des investissements réalisés, autrement dit le rapport entre le coût de ces investissements et leurs résultats en termes d'état de santé individuel ou collectif, devient un élément central de réflexion. C'est dans ce contexte qu'ont été développées et sophistiquées dès les années soixante-dix des méthodes d'évaluation médico-économique visant à rationaliser les choix des financeurs confrontés à de nouvelles technologies. Ces dernières peuvent être extrêmement variées et ne se limitent pas au numérique, comme le montre la définition des technologies de santé proposée par l'OMS : l'application de connaissances et de compétences organisées sous la forme de dispositifs, de médicaments, de vaccins, de procédés et de systèmes mis au point pour résoudre un problème de santé et améliorer la qualité de la vie [3].

Originellement, et aujourd'hui encore, les molécules restent le champ principal d'application de ces méthodes, même si les dispositifs médicaux représentent une part sans cesse croissante. Ces derniers regroupent tout article, instrument, appareil ou équipement utilisé pour prévenir, diagnostiquer ou traiter une affection ou une maladie, ou détecter, mesurer, rétablir, corriger ou modifier la structure ou la fonction de l'organisme à des fins de santé. En théorie, l'action d'un dispositif médical n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques, ni par métabolisme. C'est pourquoi la dimension numérique occupe une grande part dans ce type de technologies, qui englobent notamment les logiciels traitant des données médicales et soignantes et une multitude de dispositifs embarquant de l'électronique.

**Les analyses dites de minimisation des coûts** comparent les coûts de plusieurs traitements ou technologies dont les résultats cliniques sont identiques. Cette méthode est particulièrement attirante du fait de son apparente simplicité, mais aussi parce qu'elle est intuitivement facile à comprendre par les décideurs, puisque la solution la moins chère est considérée comme la meilleure. L'équivalence clinique en constitue le talon d'Achille, car elle est souvent difficile à établir de façon robuste. C'est pourquoi les économistes sont très méfiants vis-à-vis de ce genre d'étude. Idéalement, la preuve clinique doit reposer sur des essais randomisés dédiés ou, à défaut, sur une revue des essais randomisés déjà réalisés, qui doivent alors être interprétés avec prudence. La comparaison doit intégrer non seulement les résultats primaires, mais aussi les résultats secondaires, qui peuvent révéler des différences significatives en termes de sécurité, de coût ou de commodité [4]. Ces différences peuvent parfois se révéler suffisamment importantes pour interférer avec les résultats cliniques. Cette nécessité de preuve préalable de l'équivalence clinique rend très difficile la réalisation d'une évaluation prospective d'une nouvelle technologie sur la base de cette méthode.

Cette approche a été supplantée dans les années 60-70 par trois méthodes qui cherchent à mettre en perspective de différente façon les ressources consommées avec des résultats.

**La méthode coût-efficacité** compare des interventions ou des technologies qui diffèrent à la fois par leurs coûts et leur efficacité. Les effets pour le patient (patient outcomes) sont mesurés en unités non monétaires, par exemple la diminution de la pression artérielle, la réduction de l'anxiété ou de la douleur. Ils sont comparés aux ressources qu'il faut utiliser pour améliorer d'une unité la mesure du résultat engagé. Cette approche est appropriée seulement si les interventions ou les technologies comparées entraînent une modification de même nature de l'état de santé, et portent sur des patients similaires en termes de pathologies

et de caractéristiques biologiques.

**L'analyse coût-utilité prend en compte** le résultat pour le patient sous la forme d'un indicateur synthétique qui combine la qualité de vie et la durée de vie, mesuré en termes de Quality-Adjusted Life Years (QALY) ou de Disability-Adjusted Life Years (DALY). Il est alors possible de calculer un coût par année de vie en bonne santé. Cette méthode permet de comparer des interventions ou des technologies qui produisent des bénéfices différents, par exemple une intervention chirurgicale comparée à la mammographie.

**Enfin, l'analyse coût-bénéfice** adopte une perspective plus globale en se positionnant dans une perspective d'efficience allocative. Les effets sur le patient sont valorisés en unités monétaires. De ce fait, la méthode permet de comparer les coûts et les bénéfices liés à l'implantation de technologies ou d'interventions partageant un même objectif. Il est ainsi possible de choisir les innovations qui présentent le meilleur rapport coût/bénéfice. Ce type d'analyse est néanmoins très discuté et plus rarement utilisé, compte tenu de la difficulté et des limites méthodologiques qui entourent la valorisation monétaire des résultats pour le patient.

Ces 3 dernières méthodes se sont considérablement répandues ces quarante dernières années et constituent aujourd'hui la référence. Elles constituent, aux côtés des considérations sur la sécurité et sur l'efficacité clinique, la clé de voûte de la démarche de *Health Technology Assessment* (HTA) qui s'est développée dans les années soixante-dix et quatre-vingt [5,6], soutenue par un réseau d'experts et d'agences nationales dédiées, et formalisée dans un document de référence, the Core Model Version 3.0, issued January 25th 2016 (EUnetHTA Joint Action 2, Work Package 8. HTA Core Model ® Version 3.0.' 2016). La plupart des

systèmes d'assurance maladie exigent leur utilisation pour examiner les demandes d'éligibilité au remboursement de nouveaux traitements ou de nouveaux dispositifs.

### ***Des difficultés méthodologiques nombreuses***

Ces méthodes d'évaluation médico-économiques se heurtent néanmoins à plusieurs difficultés. La première d'entre elles, et sans doute la plus importante, porte sur la définition de l'*outcome* et plus largement sur ce que les économistes appellent la fonction d'utilité. La nécessité de choisir un *outcome* clinique principal conduit à négliger ou à minorer les autres *outcomes* cliniques. Se pose également la question des *outcomes* non médicaux comme l'amélioration de l'accessibilité ou encore le renforcement de la sûreté des dispositifs, qui font souvent partie des plus-values mises en avant par les technologies numériques, mais qui sont exceptionnellement prises en compte dans les évaluations médico-économiques, faute de capacité à les quantifier.

La seconde difficulté relève des cycles de développement de la technologie. Les demandes d'évaluation des innovations portent en effet par construction sur des technologies situées dans les premières phases de leur cycle de vie, au début de la phase de déploiement. Cette phase correspond à des attentes fortes en termes de chiffre d'affaires futur de la part des industriels, qui parient sur une diffusion croissante de leurs produits et services en fonction de l'intérêt des utilisateurs, bien modélisée par le cycle du Hype conceptualisé par le groupe Gartner [7]. Comme l'illustre cette courbe, les nouvelles fonctionnalités envisagées lors de la phase de conception donnent lieu à des attentes exagérées lors de la commercialisation, qui laissent ensuite la place à une forme de désillusion. Les prévisions en termes de volumes s'avèrent de ce fait souvent trop optimistes, et diminuent les coûts unitaires de la technologie. Ce risque de biais est majoré par l'intensité de l'innovation : une innovation radicale, c'est-à-dire qui introduit un processus ou un service avec des caractéristiques non-familiales et des

avantages sans précédent offrant des améliorations significatives en transformant les marchés existants ou en en créant de nouveaux [8, 9], introduit une part d'incertitude fondamentale au sens de Knight [10], c'est-à-dire non probabilisable, sur les réponses du marché et la capacité de l'organisation à absorber et à utiliser efficacement le changement requis [11]. L'incertitude est encore plus forte lorsque l'innovation est disruptive, c'est-à-dire lorsqu'elle prétend bouleverser la répartition de la chaîne de valeur et les modèles d'affaires qui lui sont liés en exploitant des savoirs et/ou des savoir-faire nouveaux en utilisant des technologies nouvelles afin d'augmenter les performances de l'offre [12]. Les conséquences d'une innovation incrémentale, fondée sur une simple amélioration progressive des performances (fonctionnalités, coûts) de l'offre existante n'exigeant pas de savoirs et savoir-faire nouveaux [12], sont quant à elles beaucoup plus prévisibles. La juste estimation de l'intensité des effets de l'innovation est un sujet central car elle conditionne à la fois le numérateur et le dénominateur du rapport coût/efficacité ou coût/utilité ou coût/valeur des nouvelles technologies de santé.

Enfin, la détermination du coût de la technologie porte la dernière série de difficultés.

En dépit de la multiplication des recommandations de bonnes pratiques édictées par les agences et les sociétés savantes d'évaluation (Haute Autorité de Santé, Collège des Économistes de la Santé) et les organisations internationales (Commission Européenne, OCDE), la question de la nature des éléments à prendre en compte dans le calcul des ressources consommées par une technologie demeure un défi conceptuel et pratique. En effet, tout calcul de coût est dépendant des choix réalisés concernant 3 dimensions :

- Le champ d'application du calcul, autrement dit le périmètre de l'objet que l'on veut étudier ;

- La nature et le périmètre des charges retenues (en totalité ou partiellement, variables ou fixes, indirectes ou directes) ;
- Et le moment du calcul : antérieur (coût préétabli) ou postérieur (coût constaté) à la période considérée.

Le périmètre de la technologie étudiée constitue une question structurante : faut-il se limiter à la seule acquisition et installation de la technologie, faut-il inclure également les frais liés à la gestion du projet d'acquisition et d'installation par un établissement ou un service, ou bien inclure également les effets plus indirects de cette technologie sur l'organisation ? Étonnamment, la précision des guides méthodologiques décrivant les postes de dépenses à prendre en compte contraste avec l'absence de cadre structuré bien établi d'analyse de ces impacts organisationnels dans la littérature. Des auteurs [13] distinguent ainsi « 12 modes d'impact *propres à l'impact organisationnel d'un dispositif médical* », dont les effets économiques pourraient être investigués, mais ces travaux n'ont pas donné lieu à des applications pratiques en termes d'évaluation.

Au sein d'un périmètre donné, l'analyse peut également varier selon que l'on prend en compte les seuls produits et charges effectivement constatés en comptabilité ou bien les flux de trésorerie (cash-flow) générés, ou bien encore la structure financière de l'établissement (bilan). Le calcul peut se limiter aux seuls flux économiques externes tracés par la comptabilité générale et habituellement utilisés dans le calcul du retour sur investissement, ou s'étendre aux flux internes qui n'apparaissent pas en entrée-sortie de la « boîte noire » [14]. Ces flux internes sont liés à l'allocation (ou à la réallocation) des ressources internes aux établissements du fait de la nouvelle technologie mise en place (comme des glissements de tâches ou le temps consacré à de la formation du personnel).

Enfin, le recours à des coûts préétablis dans le cadre des évaluations *a priori* est une source potentielle d'écart importante si l'on considère la diminution constante du coût de certaines

technologies comme l'illustre par exemple la baisse des coûts de la puissance de calcul ces cinquante dernières années [15-17].

La diversité des options possibles à chacune des étapes de la détermination du coût souligne son caractère éminemment relatif. Ainsi, selon les hypothèses retenues, l'évaluation à périmètre constant d'une innovation numérique telle qu'un robot de distribution de médicaments dans une pharmacie hospitalière passe d'un coût de 371 k€ à un bénéfice de 443 k€ avec des temps de retour sur investissement allant de 15 ans à 4 ans [18, 19].

## **L'innovation numérique au cœur de nouveaux enjeux évaluatifs**

### *Une cible mouvante*

Les innovations numériques en santé couvrent un champ immense : la santé numérique, telle que la définit l'OMS, ne se limite pas à la télémédecine à laquelle on la réduit bien souvent, mais recouvre les applications mobiles pour téléphone, les dispositifs portables, la robotique, la réalité virtuelle, l'intelligence artificielle et la génomique. Ces différentes expressions de l'innovation numérique recèlent des spécificités porteuses de difficultés supplémentaires pour l'évaluation des technologies.

En effet, les technologies numériques sont des technologies habilitantes [20], autrement dit elles recouvrent, selon l'Office Québécois de la Langue Française, un ensemble de nouveaux procédés et de nouvelles techniques qui permettent le développement et l'amélioration de technologies mais aussi de pratiques et de modes d'organisation déjà existants. Une récente revue de littérature [21] montre ainsi que 14 techniques liées aux technologies de l'information et de la communication servent de piliers à 6 modèles de TIC, qui sous-tendent eux-mêmes cinq nouveaux paradigmes de soins (qui peuvent être en partie redondants) tels que la santé personnalisée, la santé pervasive, la santé intelligente, la santé ubiquitaire et la

santé mobile. Les combinaisons et interactions possibles de ces différents éléments sont si nombreuses qu'il est impossible de prévoir avec certitude les applications futures et leurs conséquences sur les modèles d'organisation des soins, et donc les coûts et les bénéfices qu'elles provoqueront. La nature des technologies numériques démultiplie ainsi l'incertitude qui entoure les innovations radicales et de rupture. L'objet à évaluer, l'innovation numérique, est donc une cible mouvante. Les délais de réalisation des études sont trop longs par rapport à ces évolutions, ce qui rend bien souvent les conclusions des études obsolètes dès leur publication.

### *Des mutualisations difficiles à appréhender*

La numérisation de la santé repose sur des technologies génériques, dont les usages ne bénéficient pas exclusivement à ce secteur. La Cour des Comptes dans son rapport de 2012 [22] sur le coût et l'efficacité du dossier médical personnel (projet qui sera suspendu à l'automne 2012 pour laisser la place à partir de 2017 au dossier médical partagé) estime ainsi le coût minimum du dispositif à 210 millions d'euros, voire 500 millions si l'on intègre toutes les dépenses induites, comme les investissements des hôpitaux dans des systèmes d'information capables de traiter les dossiers médicaux personnels. Il est extrêmement difficile d'apprécier dans quelle mesure ces investissements bénéficient exclusivement à ce projet ou bien participent à une amélioration généralisée des systèmes d'information de production de soins qui, de toute façon, aurait eu lieu par ailleurs. De même, les capteurs de santé à domicile viennent le plus souvent s'insérer dans un écosystème numérique domestique préexistant dont les fonctions (et donc les coûts) sont mutualisées, ce qui rend difficile l'appréciation du juste prix de ces prestations.

Plus largement, les infrastructures de communication, mais aussi les matériels comme les ordinateurs, les téléphones, les objets communicants ne sont pas spécifiquement dédiés à des

fonctionnalités santé, ou bien à une finalité santé en particulier. D'importantes économies d'envergure (*economies of scope*) sont ainsi réalisables, mais elles sont souvent mal appréhendées, ce qui conduit à surestimer les coûts de fonctionnement futurs. Il en va ainsi par exemple de toutes les solutions informatiques conçues pour suivre une pathologie particulière, qui reposent en fait sur un seul et même dossier informatisé du patient et sur des plateformes informatiques mutualisées qui peuvent également servir pour d'autres pathologies ou d'autres prestations. Ces prestations de service déployées au niveau local dans des établissements ou sur des territoires intègrent parfois dans leur prix de vente la totalité des frais d'infrastructure alors que ceux-ci sont en réalité partagés au niveau national avec d'autres prestations ou des prestations identiques proposées sous des marques ou des modalités un peu différentes.

### ***La télémédecine, archétype des défis évaluatifs***

La télémédecine est particulièrement révélatrice des difficultés d'évaluation des coûts posée par le numérique. Alors que cette technologie présente un engouement considérable du fait de ses perspectives prometteuses en termes de transformation de la production de soins et d'amélioration de l'efficacité, et alors qu'elle s'implante de plus en plus dans la pratique quotidienne, aucune évidence scientifique ne se dégage nettement dans la littérature quant à son impact économique [23, 24]. La principale raison avancée de cette variabilité est la difficulté des méthodes classiques d'évaluation médico-économique à identifier et quantifier les coûts évités (par exemple les déplacements ou encore le temps de travail perdu) mais aussi les coûts induits et en particulier les gains ou pertes de productivité liés aux changements organisationnels nécessaires. Comme le note un rapport récent de l'OCDE [25] reprenant les travaux de Brynjolffson [26] et Brynjolffson et Hitt [27] qui analysent l'effet de la technologie numérique sur la productivité des entreprises, la numérisation échoue souvent à générer une

efficacité sur le lieu de travail jusqu'à ce que la nature du travail soit également reconfigurée. « La leçon évidente était que l'achat de matériel informatique représentait la plus petite partie du coût total... Les coûts les plus importants concernaient le changement d'organisation » [27]. Ce constat peut sans doute être extrapolé à la télémédecine en raison de la profonde transformation sociotechnique qu'elle implique, et qui nécessite un temps long, de même que l'amélioration significative de la productivité des moteurs électriques n'est apparue que près de 40 ans après leur introduction dans les usines [28]. Cette lente diffusion des effets est incompatible avec les durées actuelles des évaluations médico-économiques, qui ne dépassent pas 3 à 5 ans dans le meilleur des cas.

Le cas de la télémédecine est emblématique des enjeux évaluatifs soulevés par l'ensemble des innovations numériques en santé. Il vient souligner la nécessité de développer un agenda de recherche sur les nouvelles méthodes d'investigation à même de capter et quantifier les effets induits de ces innovations, en particulier sur les organisations de santé dans lesquelles ils s'insèrent.

## **Conclusion**

Le coût de l'innovation numérique en santé se situe au cœur du paradoxe entre l'impérieuse nécessité de maîtriser les dépenses de santé et le caractère en partie insaisissable de ses contours et de ses apports. Si l'appréciation de l'impact économique d'une nouvelle technologie au niveau local d'un établissement est possible au prix d'une explicitation claire des points de vue retenus et des limites méthodologiques, l'intrication et la diversité des effets au niveau national rend l'exercice macroscopique quasiment impossible. Pas plus que l'on a calculé le coût du déploiement du téléphone ou de l'électrification d'un pays, on ne peut calculer de façon absolue le coût de l'innovation numérique en santé. Le coût d'un bien, d'un service ou d'une technologie est avant tout une opinion [29]. Il est une représentation

conventionnelle de la réalité, dont le choix des paramètres doit être guidé par « l'existence réelle d'un espace de négociation où se rencontrent des demandeurs et les offreurs de crédits budgétaires » [30]. Le coût retrouve ainsi sa vocation première qui consiste avant tout à questionner les acteurs, et à leur fournir un cadre de délibération collective, plutôt que de nourrir des jugements définitifs.

## Références

1. Dormont B. Les dépenses de santé : Une augmentation salubre. Paris: Éditions Rue d'Ulm/Presses de l'École normale supérieure; 2009.
2. Skinner JS. The costly paradox of health-care technology. MIT Tech Rev <http://www.technologyreview.com/news/518876/the-costly-paradox-of-healthcare-technology/> Published September 2013;5:2013.
3. OMS. Évaluation des technologies de la santé: dispositifs médicaux. World Health Organization; 2012. Report No.: 9242501360.
4. Jones B, Jarvis P, Lewis JA, Ebbutt AF. Trials to assess equivalence: the importance of rigorous methods. *BMJ* 1996; 313: 36-9.
5. Antioch KM, Drummond MF, Niessen LW, Vondeling H. International lessons in new methods for grading and integrating cost effectiveness evidence into clinical practice guidelines. *Cost Eff Resour Alloc* 2017;15:1.
6. Banta D. What is technology assessment? *Int J Technol Assess Health Care*. 2009;25 Suppl 1:7-9.
7. Linden A, Fenn J. Understanding Gartner's hype cycles. Strategic Analysis Report N° R-20-1971 Gartner, Inc. 2003:88.
8. Leifer R, O'Connor GC, Rice M. Implementing radical innovation in mature firms: The role of hubs. *Acad Management Perspect* 2001; 15: 102-13.
9. O'Connor GC, Rice MP. A comprehensive model of uncertainty associated with radical innovation. *J Product Innov Manag* 2013; 30: 2-18.
10. Knight FH. Risk, uncertainty and profit: Houghton Mifflin; 1921.
11. Kline SJ, Rosenberg N. An overview of innovation. The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth. National Acad Sci USA. 1986.
12. Loillier T, Tellier A. Gestion de l'innovation: comprendre le processus d'innovation pour le piloter: Éditions EMS; 2013.
13. Roussel C, Carbonneil C, Audry A, Burtey S, Faré S, Langevin F, et al. Impact organisationnel : définition et méthodes d'évaluation pour les dispositifs médicaux. *Thér* 2016; 71: 69-82.
14. Martinet A, Savall H. Dysfonctionnements, coûts et performances cachés dans l'entreprise. *Rev Economie Indus* 1978; 5: 82-94.
15. Sandberg A, Bostrom N. Whole brain emulation. 2008.
16. Nordhaus WD. Productivity growth and the new economy. National Bureau of Economic Research; 2001.
17. Muehlhauser L, Rieber L. Exponential and non-exponential trends in information technology. Machine Intelligence Research Institute. 2014.

18. Mathy C, Pascal C, Délèze N, Majo J, editors. Impacts de la robotisation des fonctions supports hospitalières. GISEH 2018, 9ème Conférence Francophone en gestion et ingénierie des systèmes hospitaliers; 2018 27-29 août; Genève.
19. Mathy C, Pascal C, Fizesan M, Boin C, Délèze N, Aujoulat O. Automated hospital pharmacy supply chain and the evaluation of organisational impacts and costs. Supply Chain Forum: An International J 2020: 1-13.
20. Chaumon M-EB. Du rôle des tic dans la transformation digitale de l'activité et de la santé au travail. mieux travailler à l'ère du numérique: définir les enjeux et soutenir l'action. 2017:15.
21. Aceto G, Persico V, Pescapé A. The role of Information and Communication Technologies in healthcare: taxonomies, perspectives, and challenges. J Network Computer Appli 2018; 107: 125-54.
22. Comptes Cd. Le Coût du dossier médical personnel depuis sa mise en place. Paris: Cour des Comptes; 2012.
23. Whitten P, Mair F, Haycox A, May C, Williams T, Hellmich S. Systematic review of cost effectiveness studies of telemedicine interventions. BMJ 2002; 324: 1434 - 7.
24. de la Torre-Diez I, Lopez-Coronado M, Vaca C, Aguado JS, de Castro C. Cost-utility and cost-effectiveness studies of telemedicine, electronic, and mobile health systems in the literature: a systematic review. Telemed J E Health 2015; 21: 81-5.
25. OECD. New Health Technologies, Managing Access, Value and Sustainability. Paris: OECD Publishing, Paris.; 2017.
26. Brynjolfsson E, editor The productivity paradox of information technology. Communications of the ACM; 1993 december.
27. Brynjolfsson E, Hitt LM. Beyond the productivity paradox. Communications of the ACM 1998; 41: 49-55.
28. David PA. The dynamo and the computer: an historical perspective on the modern productivity paradox. Am Econ Rev 1990; 80: 355-61.
29. Le Lous H. Le coût d'un bien n'existe pas. Les cahiers français 1983(210):18-9.
30. Launois R, Vergnenègre A, Garrigues B. Notions et mesure des coûts en fonction de la perspective choisie. Bull Cancer 2003; 90: 946-54.