

Publié par :
Published by:
Publicación de la:

Faculté des sciences de l'administration
2325, rue de la Terrasse
Pavillon Palasis-Prince, Université Laval
Québec (Québec) Canada G1V 0A6
Tél. Ph. Tel. : (418) 656-3644
Télec. Fax : (418) 656-7047

Disponible sur Internet :
Available on Internet
Disponible por Internet :

<http://www4.fsa.ulaval.ca/la-recherche/publications/documents-de-travail/>

DOCUMENT DE TRAVAIL 2018-019

Les implications actuelles et futures
de l'intelligence artificielle sur le
marché des emplois qualifiés

Guillaume TOGAY
Zhan SU

Novembre 2018

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2018
Bibliothèque et Archives Canada, 2018

ISBN 978-2-89524-476-9 (PDF)

Les implications actuelles et futures de l'intelligence artificielle sur le marché des emplois qualifiés

Guillaume Togay¹, Zhan Su^{1*}

¹ Chaire Stephen-A.-Jarislowsky en gestion des affaires internationales et Département de management, Faculté des sciences de l'administration, Pavillon Palasis-Prince, 2325, rue de la Terrasse, Université Laval, Québec, Canada, G1V 0A6

**Auteur correspondant : zhan.su@fsa.ulaval.ca*

RÉSUMÉ

Les résultats de cette étude montrent que les avancées de l'intelligence artificielle (IA) pourraient conduire à une déqualification voire à la précarisation possible des métiers qualifiés. L'IA n'est cependant pas qu'un simple outil de substitution de la main-d'œuvre qualifiée, mais elle est à l'origine de la création de nombreux autres emplois relatifs à son développement. Ainsi, une croissance des emplois qualifiés dans les services d'accompagnement aux nouvelles technologies est même attendue. Des métiers inimitables par l'IA se distinguent par la mise en valeur de compétences managériales plus « abstraites » – des critical et system thinking skills – que les algorithmes intelligents ne sont pas encore en mesure de comprendre. Les implications grandissantes de l'IA dans les professions qualifiées ont conduit au développement de nouveaux liens entre l'homme et la machine intelligente. Dans ce scénario des « travailleurs augmentés », les tâches les plus créatives seraient laissées aux hommes. Cette vision de l'augmentation permettrait la mise en place d'un empowering mutuel et la définition de nouveaux modèles salariaux dont les tâches dépendraient de leurs implications dans le processus créatif de l'IA.

Mots-clés : Intelligence artificielle, emplois qualifiés, métiers inimitables, nouveaux liens entre l'homme et la machine intelligente, nouveaux modèles salariaux

Introduction.

Le début des années 2010 a connu un enthousiasme renouvelé des chercheurs pour l'intelligence artificielle (IA). En 2011, le logiciel *Watson* d'IBM arrive à vaincre ses concurrents humains au jeu télévisé de questions-réponses « Jeopardy! ». ¹ Cette réussite tient à la vitesse d'innovation en matière d'IA. Celle-ci s'est accélérée en raison d'une nette amélioration de ses capacités d'apprentissage au moyen du *deep learning*, du *machine learning* et du *reinforcement learning*. Le taux d'erreur dans la reconnaissance d'images (*image recognition*) passe par exemple de 26 % en 2011 à 3,5 % en 2015. ²

Selon le bureau exécutif du président des États-Unis, l'exploitation des *big data* serait la raison de ces fulgurants progrès. Le décloisonnement de nouvelles sources de données, dont celles du e-commerce, des réseaux sociaux et des gouvernements, aurait apporté un vaste matériau capable de mieux concevoir les systèmes d'apprentissage (*machine learning*) des logiciels intelligents. ³

Ces progrès ont permis une introduction progressive de l'IA dans de nombreux champs économiques. Dans le domaine de la robotique, elle confère aux machines une indépendance physique. ⁴ Grâce à l'utilisation de capteurs qui ne nécessitent plus aucune intervention humaine, les capacités de reconnaissance de l'environnement réel des véhicules autonomes ne cessent d'augmenter. ⁵ L'émergence de l'internet des objets pourrait grandement améliorer les différents emplois des assistants personnels numériques dont *SIRI* d'Apple ou *Alexa* d'Amazon n'en seraient que les prémices. ⁶ Enfin, la faculté d'auto-apprentissage conférée par le *deep learning* pourrait même prochainement remplacer les experts humains. ⁷

Au contraire des précédentes révolutions industrielles, l'IA ne renoue pas avec le traditionnel schéma des innovations technologiques passées. Celle-ci se concentre sur l'outil de travail indissociable de l'humain : son intelligence. ⁸ Cette disposition lui octroie la capacité de réaliser une multitude de tâches autrefois propres à l'homme. Ces dernières sont mieux réalisées, plus efficacement et à moindre coût, ôtant au travailleur toute marge de manœuvre pour s'adapter à ce nouvel environnement de travail. ⁹ Allant au-delà du simple outil complémentaire au travail du salarié, l'IA remplace l'homme dans sa fonction économique, le menaçant ainsi de perdre toute valeur sur le marché de l'emploi. ¹⁰ L'avenir du monde du travail semble donc plus que jamais menacé.

¹ Gabbatt, A. (2011). *IBM computer Watson wins Jeopardy clash*. Repéré à <https://www.theguardian.com/technology/2011/feb/17/ibm-computer-watson-wins-jeopardy>

² Aoun, J.E. (2016). *Higher education for the AI age: Let's think about it before the machines do it for us*. Repéré à https://www.washingtonpost.com/news/grade-point/wp/2016/10/27/higher-education-for-the-ai-age-lets-think-about-it-before-the-machines-do-it-for-us/?utm_term=.d190f8da0e5d

³ Executive Office of the President. (2016). *Artificial Intelligence, Automation, and the Economy*. Washington, USA: auteur.

⁴ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B. (2017). *Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace* [version électronique]. Repéré à https://www.ibanet.org/LPD/Human_Resources_Section/Global_Employment_Institute/Projects.aspx

⁵ Dirjish, M. (2018). *Artificial Intelligence Powered Radar Advances Autonomous Driving*. Repéré à <https://www.sensorsmag.com/components/artificial-intelligence-powered-radar-advances-autonomous-driving>

⁶ Mallard, S. (2018). *Disruption : Intelligence artificielle, Fin du salariat, Humanité augmentée*. Paris, France: Dunod.

⁷ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., *op. cit.*, p. 11.

⁸ Mallard, S., *op. cit.*, p. 60.

⁹ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 60.

¹⁰ Harari, Y. N. (2017). *Homo Deus : Une brève histoire de l'avenir*. Paris, France: Éditions Albin Michel.

Dans son dernier ouvrage, l'auteur Y. N. Harari en dresse par exemple un portrait dystopique prédisant une précarisation aggravée d'une partie de la population¹¹ ayant perdu toute valeur économique¹², la « classe inutile » :

*Une classe non laborieuse massive (...) qui ne contribue en rien à la prospérité, à la puissance et au rayonnement de la société.*¹³

Dans *The future of employment : how susceptible are jobs to computerisation?*, les auteurs C.B. Frey et M.A. Osborne prédisent ainsi que 47 % des emplois aux États-Unis sont à risque¹⁴ et que tout emploi indirectement associé le sera d'ici 10 à 20 ans.¹⁵ Cette étude, reprise par le think tank anglais Institute for Public Policy Research (IPPR)¹⁶, a été appliquée à l'échelle du Royaume-Uni. Ce sont dès lors 35 % des emplois qui sont menacés sur la même période de temps.¹⁷ Les mêmes méthodes de calcul furent également appliquées en Allemagne, où plus de 18 millions d'emplois sont concernés.¹⁸ Le cabinet McKinsey suggère enfin que les nouveaux algorithmes développés seraient capables de se substituer à une main-d'œuvre équivalente à 140 millions d'emplois à temps plein.¹⁹

L'impact de l'IA s'avèrerait donc significatif sur tous les emplois, notamment qualifiés. Cependant, il ne s'agit que de prévisions statistiques fondées sur un avenir incertain. Malgré des résultats alarmants, les modes de calcul de ces études ne reposent que sur le seul facteur d'automatisation, sans prendre en considération la variation des salaires, le taux d'investissement des entreprises ou encore les lois en vigueur.²⁰ La capacité que détient l'IA de créer de nouveaux emplois a également été écartée.²¹ De nombreux contre-exemples contestent donc ces conclusions. La Banque d'Angleterre prévoit par exemple un phénomène de moindre ampleur, avec un total de 15 millions d'emplois impactés.²²

Pour le spécialiste S. Mallard, toutes ces conclusions, alarmistes ou non, restent trompeuses, car elles ne sont pas comparables. Les études citées s'attardent sur différents domaines technologiques sans pour autant les distinguer entre eux. Les conséquences des phénomènes d'automatisation, d'IA et de robotisation sont indifféremment mêlées.

¹¹ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B. (2017). *Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace* [version électronique]. Repéré à https://www.ibanet.org/LPD/Human_Resources_Section/Global_Employment_Institute/Projects.aspx

¹² Davidow, W.H. (2014). *What Happens to Society When Robots Replace Workers?*. Repéré à <https://hbr.org/2014/12/what-happens-to-society-when-robots-replace-workers>

¹³ Harari, Y.N., *op. cit.*, p. 350

¹⁴ Frey, C.B. et Osborne, M.A. (2013). *The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?*. Oxford, England: Oxford Martin Programme on Technology and Employment.

¹⁵ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 30.

¹⁶ Dromey, J., McNeil, C. et Roberts, C. (2017). *A skills 2030 report: Another lost decade? Building a skills system for the economy of the 2030s* [version électronique]. Repéré à <https://www.ippr.org/files/2017-07/another-lost-decade-skills-2030-july2017.pdf>

¹⁷ Deloitte. (2014). *London Futures: the relentless march of technology and London's response* [version électronique]. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/uk-futures/london-futures-agiletown.pdf>

¹⁸ Brzeski, C. et Fechner, I. (2018). *Die Roboter kommen: Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt* [version électronique]. Repéré à https://www.ing-diba.de/binaries/content/assets/pdf/ueber-uns/presse/publikationen/ing-diba-economic-analysis_roboter-2.0.pdf

¹⁹ Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. et Marrs, A. (2013). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy* [version électronique]. Repéré à https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Disruptive%20technologies/MGI_Disruptive_technologies_Full_report_May2013.ashx

²⁰ Dromey, J., McNeil, C. et Roberts, C., *op. cit.*, p. 18.

²¹ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 19.

²² Elliott, L. (2015). *Robots threaten 15m UK jobs, says Bank of England's chief economist*. Repéré à <https://www.theguardian.com/business/2015/nov/12/robots-threaten-low-paid-jobs-says-bank-of-england-chief-economist>

De plus, la majorité de ces études reste muette quant à l'impact potentiel de l'IA dans ses dernières avancées en matière de *deep learning* ou de *reinforcement learning*.²³

Les impacts spécifiques de l'IA sur les métiers qualifiés ne sont donc pour l'heure pas encore clairement identifiés par la littérature scientifique. Une croyance populaire laisse même penser que ces derniers seraient à l'abri des avancées toujours plus impressionnantes de l'IA. Cette recherche tend à faire la synthèse des principales idées portées à ce sujet et à mettre en lumière les évolutions des métiers qualifiés en réaction au phénomène de l'IA.

De fait, quels sont les réels impacts de l'IA sur les professions qualifiées? Comment ces dernières répondent-elles à ce nouveau phénomène technologique? Ce sont autant de questions auxquelles nous tenterons d'apporter quelques éléments de réponse dans les pages qui suivent.

Cette recherche a pris en considération trois principaux types de sources d'information : des revues scientifiques, des livres dédiés aux implications de l'IA dans le monde du travail ou de l'éducation et des rapports officiels ou d'agences de management. Plus spécifiquement, les principales idées de cet article sont issues de sources considérées comme de référence.

1. La fin de la conception traditionnelle du métier qualifié

Grâce à l'accroissement continu de ses performances, l'intelligence artificielle est de nos jours en mesure d'accomplir des tâches humaines de plus en plus complexes propres aux métiers qualifiés, remettant en cause la définition même d'emploi.

1.1. Une « routinisation » continue des métiers qualifiés

1.1.1. Une distinction critiquable

Il faut remonter aux travaux de l'économiste D.H. Autor pour trouver l'une des premières distinctions notables entre les tâches « routinières » et les tâches « non routinières ». ²⁴ Si des tâches désignées peuvent être résumées comme un ensemble d'activités spécifiques suivant des instructions et des procédures bien définies, la profession est alors considérée comme un emploi de routine. ²⁵ Ces tâches doivent être indépendantes, répétitives et réalisées avec une certaine régularité pour permettre l'utilisation efficace d'une machine plutôt que d'un employé humain. ²⁶ Les professions routinières sont souvent définies comme les métiers intermédiaires de services, notamment dans la banque ou les services administratifs. ²⁷

Cette thèse tend à être de plus en plus fausse. L'intelligence artificielle va de nos jours au-delà d'une simple systématisation des tâches simples facilement automatisables et des tâches compliquées demeurant hors de sa portée. De plus en plus de missions d'emplois qualifiés tombent dans le champ de l'automatisation grâce à des algorithmes intelligents toujours plus performants.

²³ Mallard, S., *op. cit.*, p. 58-59.

²⁴ Autor, D.H, Levy, F. et Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118 (4), 1279-1333.

²⁵ Jaimovich, N. et Siu, H.E. (2012). *The Trend is the Cycle: Job Polarization and Jobless Recoveries*. Repéré à <http://www.nirjaimovich.com/assets/jpr.pdf>

²⁶ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., *op. cit.*, p. 32.

²⁷ Jaimovich, N. et Siu, H.E., *op. cit.*, p. 8.

Les progrès du *deep learning* et du *neural network* sont des facteurs clés dans l'automatisation des métiers qualifiés.²⁸ L'IA est en effet capable d'automatiser les tâches associées aux connaissances humaines explicites. Il est de plus en plus facile de transformer ces connaissances en code informatique. Grâce à ces systèmes d'apprentissage, les tâches les plus complexes deviennent accessibles et programmables conduisant à rendre la main-d'œuvre humaine qualifiée obsolète.²⁹ Loin de n'avoir qu'une application localisée, ces innovations menacent les emplois qualifiés de pans entiers de l'économie. 42 % des métiers de la finance et de l'assurance sont ainsi hautement menacés selon une étude de Deloitte réalisée en 2018.³⁰

Les avancées technologiques de l'IA, notamment dans la reconnaissance visuelle ou vocale, sont aussi en mesure d'intégrer des emplois auparavant jugés inaptes à l'automatisation. La définition de problèmes issus du monde réel en différents algorithmes permet de nos jours de transformer des tâches non routinières en problèmes bien définis.³¹ Par exemple, la navigation automobile est désormais suffisamment bien comprise pour être transformée en code informatique et exploitée par l'IA.³²

1.1.2. Les limites de la « routinisation »

La « routinisation » n'est pas absolue. Tout d'abord, plus la tâche à réaliser est complexe, plus il est difficile de l'automatiser.³³ La capacité d'exécution autonome par l'IA des tâches « de routine » dépend de la capacité d'un programmeur à écrire un ensemble suffisamment précis de procédures ou de règles qui peuvent en outre répondre à toute éventualité possible.³⁴ Le programmeur doit donc être en mesure de comprendre parfaitement l'ensemble des étapes requises pour effectuer une tâche afin d'être en mesure d'écrire un programme les simulant parfaitement.³⁵

À la lumière des écrits présents, l'automatisation des emplois qualifiés en raison de l'IA n'est de plus pas systématique (Tableau 1)³⁶. D'autres carences peuvent également être soulignées. Ces diverses études ne considèrent aucune variable externe à l'utilisation des nouvelles technologies. Par exemple, elles n'incluent pas le phénomène de hausse de la main-d'œuvre en raison d'une embellie économique.³⁷

²⁸ Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. et Marrs, A., *op. cit.*, p.42.

²⁹ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 19.

³⁰ Deloitte. (2018). *Talent for survival: Essential skills for humans working in the machine age* [version électronique]. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/Growth/deloitte-uk-talent-for-survival-report.pdf>

³¹ Plötz, T. et Fink, G.A. (2009). Markov models for offline handwriting recognition: a survey. *International Journal on Document Analysis and Recognition*, 12 (4), 269-298.

³² Veres, S. M., Molnar, L., Lincoln, N. K. et Morice, C. P. (2011). Autonomous vehicle control systems – a review of decision making. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I. Journal of Systems and Control Engineering*, 225 (2), 155-195.

³³ European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion. (2018). *Digitisation and Work: How Governments are Responding to Changing Labour Markets?* [version électronique]. Prague, République Tchèque: auteur.

³⁴ Acemoglu, D. et Autor, D.H. (2010). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. *Handbook of Labor Economics*, 4 (2), 1043-1171.

³⁵ Autor, D.H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29 (3), 3-30.

³⁶ Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. et Dewhurs, M. (2017). *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity Revolution* [version électronique]. Repéré à <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>.

³⁷ European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion., *op. cit.*, p. 6.

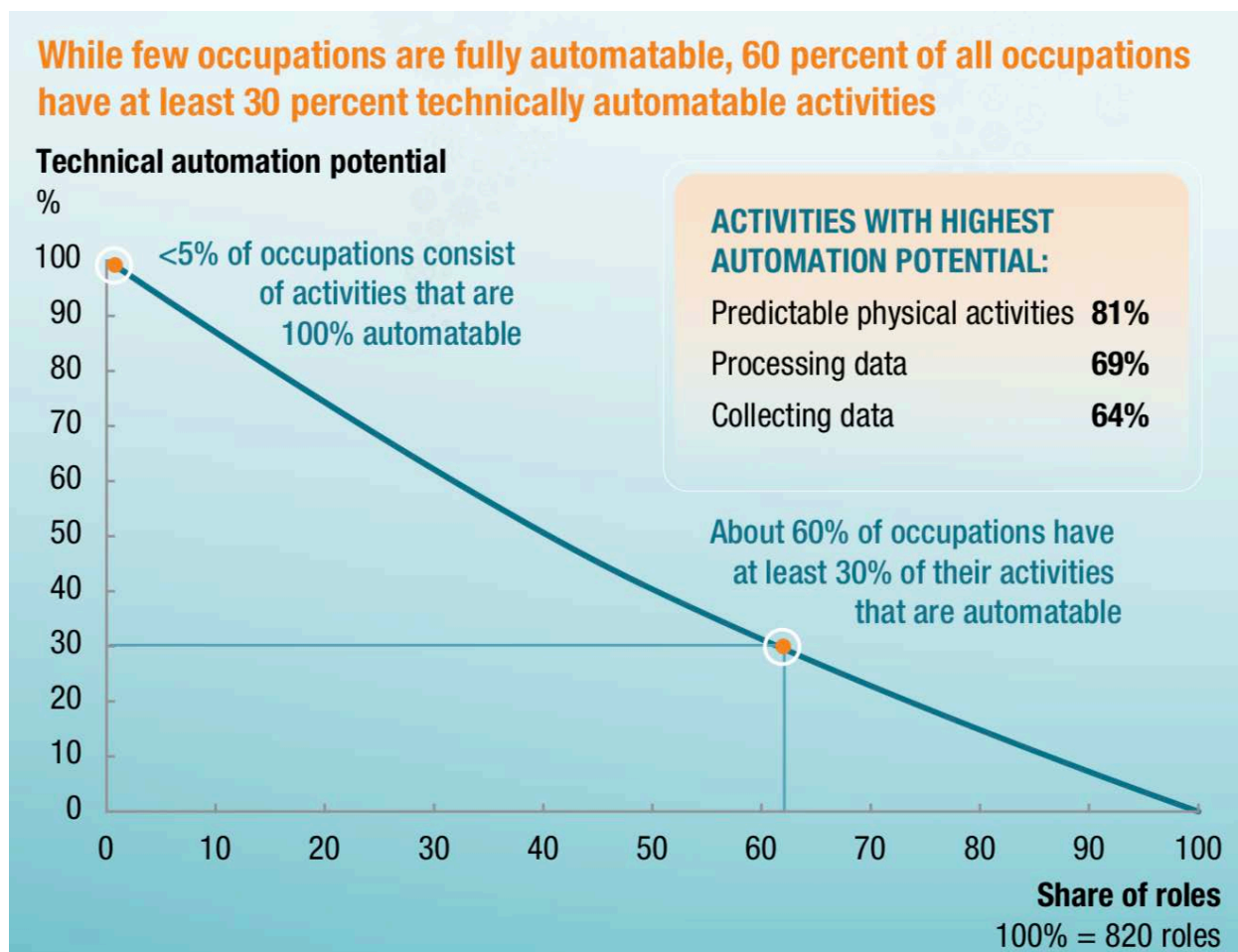


Tableau 1. Degré d'automatisation possible en fonction du degré d'utilisation des technologies actuelles

Note. McKinsey constatait par exemple en 2017 que 60 % des professions ont au moins 30 % de leurs activités qui pourraient être automatisées. En prenant en compte 2000 activités sur plus de 800 professions différentes, l'analyse de McKinsey estime également que moins de 5 % de toutes les professions pourraient être entièrement automatisées avec les technologies existantes.

Source : Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. et Dewhurs, M. (2017). *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity Revolution* [version électronique]. Repéré à Repéré à <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>.

L'IA n'est utilisée que partiellement dans les métiers qualifiés. Dans le secteur des assurances, les réclamations peuvent par exemple être faites par « auto-adjudication ». Un système peut automatiquement évaluer et approuver jusqu'à 75 % des réclamations des clients. Les professionnels experts humains ne demeurent sollicités que dans les cas les plus difficiles.³⁸

Enfin, tous les emplois qualifiés ne sont pas également menacés. La probabilité d'automatisation est moindre pour les cadres en management, les professions scientifiques et créatives.

³⁸ Davenport, T.H. et Kirby, J. (2016). *Only Humans Need Apply: Winners and Losers in the Age of Smart Machines*. Toronto, Canada: HarperCollins.

Les professions nécessitant une spécialisation ou une expertise ne sont touchées que de 11 % et de 12 % à l'image des chimistes ou des physiciens. Les travailleurs disposant donc d'une expertise quelconque, d'une expérience solide et d'une connaissance du terrain seront donc difficilement remplaçables par l'IA.³⁹ Sur un total de 46 100 professions, seulement 2 800 seraient à risque. Le secteur des nouvelles technologies est également relativement épargné.⁴⁰

T.H. Davenport, professeur à Harvard en innovation et management de la connaissance, rappelle que ces avancées technologiques permettent aussi la création d'emplois qualifiés en conseil, gestion, marketing ou en recherche par exemple.⁴¹

1.1.3. Une intelligence artificielle pourtant de plus en plus qualifiée

Les récentes améliorations et innovations de l'IA dans de nouveaux domaines économiques pourraient contribuer à terme à augmenter son potentiel compétitif face aux salariés qualifiés. Le développement de capteurs intelligents couplé au *machine learning* offre à l'IA un premier pied dans la réalité. Celle-ci est sur le point de quitter le monde numérique et d'évoluer dans le monde sensoriel pour mieux imiter l'homme.⁴² Les capteurs sont désormais en mesure de réaliser des travaux de surveillance en temps réel par exemple, allant de la vérification des moteurs d'avions à la qualité de l'eau ou aux unités de soins intensifs.⁴³ Ils peuvent aussi être capables d'améliorer la gestion de la chaîne d'approvisionnement des entreprises.⁴⁴ De récentes améliorations ont contribué de surcroît au développement rapide de l'IA dans le domaine de la reconnaissance vocale. En mai 2017, le CEO de Google annonçait que leur système de reconnaissance vocale enregistrait un taux d'erreur de moins de 4,9 %, réduisant la marge d'erreur de près de 30 % depuis 2012.⁴⁵ L'entreprise SmartAction propose depuis peu des solutions d'informatisation des appels. Celles-ci utilisent la technologie du *machine learning* et de la reconnaissance vocale avancée pour améliorer les systèmes interactifs de réponse vocale. Les économies réalisées sont estimées entre 60 à 80 % par rapport à un centre d'appel externalisé.⁴⁶

Une tendance lourde montre que l'IA a également effectué un bond dans le domaine du *decision-making*. Elle est désormais en mesure de décider par elle-même de choix plus subtils, tâche relevant usuellement de la compétence du manager.⁴⁷ Les entreprises intègrent de plus en plus l'IA dans les systèmes et les processus opérationnels, de sorte que les décisions logiques sont prises automatiquement et de façon répétitive.⁴⁸ Cette délégation de la décision à l'IA pourrait devenir fréquente pour toutes les décisions tactiques qu'une entreprise doit habituellement prendre et qui impliquent une analyse de données.⁴⁹

³⁹ Institute for the Future. (2017). *The Next Era of Human | Machine Partnerships: New Report Explores Emerging Technologies' Impact on Society & Work in 2030* [version électronique]. Repéré à http://www.iftf.org/fileadmin/user_upload/downloads/th/SR1940_IFTFforDellTechnologies_Human-Machine_070717_readerhigh-res.pdf

⁴⁰ Brzeski, C. et Fechner, I., *op. cit.*, p. 3.

⁴¹ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 190.

⁴² Ackerman, E. et Guizzo, E. (2011). 5 technologies that will shape the web. *IEEE Spectrum*, 48 (6), 40-45.

⁴³ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 17.

⁴⁴ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 18.

⁴⁵ Novet, J. (2017). *Google has slashed its speech recognition word error rate by more than 30% since 2012*. Repéré à <https://venturebeat.com/2017/01/11/google-has-slashed-its-speech-recognition-word-error-by-more-than-30-since-2012/>

⁴⁶ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 18.

⁴⁷ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 19.

⁴⁸ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 43.

⁴⁹ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 43.

Dans le secteur financier, les algorithmes sont capables de traiter un très grand nombre d'annonces financières, de communiqués de presse et autres informations. Le trader humain ne peut rivaliser.⁵⁰ L'entreprise Future Advisor utilise l'IA pour offrir des conseils financiers personnalisés à plus grande échelle et à moindre coût.⁵¹

En informatique, le *machine learning* permet de laisser à un algorithme le soin de concevoir ou d'optimiser des programmes informatiques complexes à la place d'un programmeur.⁵² L'IA s'immisce également dans la prise de décision des métiers les plus qualifiés. En 2014, le fonds d'investissement Deep Knowledge Venture nomma Vital, une IA, membre de son comité exécutif.⁵³ En raison de sa capacité d'analyse des dossiers et de la viabilité de son opinion sur de potentiels investissements, celle-ci dispose d'un droit de vote égal à celui des autres membres humains du comité.⁵⁴

1.2. Automatisation vs. Qualification

1.2.1. Une automatisation généralisée des métiers qualifiés

Sur le marché de l'emploi, les performances accrues de l'IA pourraient conduire à une vague d'automatisation de plus en plus importante des professions qualifiées. La Commission for Employment and Skills (UKCES) indique par exemple que le marché du travail britannique pourrait connaître un « bouleversement massif pour les services professionnels et administratifs, incluant les métiers hautement qualifiés », mais dont les tâches seraient répétitives.⁵⁵ Le président de l'Université de Northeastern, J.E. Aoun, affirme également que même les emplois les plus prestigieux ne sont plus sûrs.⁵⁶ Une automatisation allant de l'emploi traditionnel à l'expertise de haute volée reste donc à craindre.

Ce remplacement de la main-d'œuvre qualifiée par l'IA se retrouve tout d'abord dans les secteurs de la finance, de l'assurance et de l'audit. Dès 2009, une étude de Deloitte révélait que 30 % des grandes compagnies d'assurance-vie utilisaient la souscription intelligente automatisée et que 60 % avaient l'intention de la mettre en œuvre.⁵⁷ En finance, l'IA s'insère de plus en plus en bourse et dans les sociétés financières. Certaines estimations indiquent que les algorithmes remplaceront entre un tiers et la moitié de tous les emplois de la finance dans la prochaine décennie.⁵⁸ La Chicago Mercantile Exchange est entièrement automatique depuis 2015.⁵⁹ Les analystes financiers sont conséquemment concernés.⁶⁰ La société AnalytixInsight est par exemple capable de créer des analyses d'investissement automatiques sur plus de 40 000 entreprises avec son service *CapitalCube*.⁶¹

⁵⁰ Mims, C. (2010). *AI That Picks Stocks Better Than the Pros*. Repéré à <https://www.technologyreview.com/s/419341/ai-that-picks-stocks-better-than-the-pros/>

⁵¹ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 19.

⁵² Hoos, H.H. (2012). Programming by optimization. *Communications of the ACM*, 55 (2), 70-80.

⁵³ Mallard, S., *op. cit.*, p. 83.

⁵⁴ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 83.

⁵⁵ UK Commission for Employment and Skills (UKCES). (2014). *The Future of Work: Jobs and skills in 2030* [version électronique]. Repéré à https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/thefutureofwork.pdf

⁵⁶ Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 725.

⁵⁷ Batty, M. et Kroll, A. (2009). *Automated Life Underwriting: A Survey of Life Insurance Utilization of Automated Underwriting Systems* [version électronique]. Repéré à <https://www.soa.org/research-reports/2010/research-automated-underwriting/>

⁵⁸ Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 107 et Popper, N. (2016). The Robots Are Coming for Wall Street. Repéré à <https://www.nytimes.com/2016/02/28/magazine/the-robots-are-coming-for-wall-street.html?smprod=nytcore-ipad&smid=nytcore-ipad-share>

⁵⁹ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 11.

⁶⁰ Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 436 et Popper, N., *op. cit.*

⁶¹ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 21-22.

Les gestionnaires de patrimoine et les courtiers seraient les prochaines professions touchées. Leurs missions de conseil peuvent être concurrencées par les propositions d'algorithmes perfectionnés.⁶² Kensho, une société de logiciels dans laquelle Goldman Sachs a investi, fournit par exemple des réponses complexes aux questions financières posées en anglais courant.⁶³ RAGE Frameworks dispose d'outils intelligents suffisamment sophistiqués pour analyser les documents financiers des sociétés, d'en identifier les principales déclarations et d'en déduire les implications pour les investisseurs.⁶⁴ Watson d'IBM est en mesure de scanner des documents, d'écouter et d'analyser les conversations lors de réunions pour fournir des recommandations stratégiques en fonction des questions précises qui lui sont posées.⁶⁵ En audit, HALO, le logiciel de PwC, a été conçu pour rechercher les erreurs dans les états financiers des entreprises.⁶⁶ La société Digital Reasoning utilise son IA pour détecter les fraudes réalisées dans les institutions financières.⁶⁷

Les métiers de la recherche sont également menacés par les avancées de l'IA dans le secteur du *deep learning*. À la suite d'un concours commandité par Merck, des chercheurs ont réussi à programmer un logiciel intelligent qui est capable d'identifier des molécules nécessaires pour développer de nouveaux médicaments.⁶⁸ Un partenariat entre IBM et le Baylor College of Medicine a conduit au développement du système *KnIT* (*Knowledge Integration Toolkit*) qui analyse la recherche médicale existante et génère des nouvelles hypothèses sur des problèmes de recherche spécifiques.⁶⁹ À Framingham (Massachusetts, É.-U.), l'IA de la société Berg est en mesure d'analyser des échantillons de tissus atteints de tumeur et de les comparer avec des antécédents médicaux déjà enregistrés pour trouver de nouveaux modèles d'étude.⁷⁰

Le monde du digital n'est pas épargné non plus. Autrefois des métiers recherchés, les administrateurs systèmes et *support specialists* risquent d'être soumis à la concurrence de l'IA sur son domaine de prédilection selon McKinsey.⁷¹ L'exemple de Facebook est d'autant plus parlant. Un seul spécialiste s'occupe de la maintenance de 25 000 serveurs.⁷² Les experts informatiques et les programmeurs risqueront d'être aussi prochainement remplacés.⁷³ Au total, ce sont 23 % des métiers dans les technologies de l'information et de la communication qui sont fortement menacés par l'automatisation.⁷⁴

⁶² *Ibid.*, op. cit., p. 21-22.

⁶³ Financial times. (2014). *Goldman Sachs leads \$15m financing of data service for investors*. Repéré à <https://www.ft.com/content/db9e08b2-71d7-11e4-9048-00144feabdc0>

⁶⁴ Davenport, T.H. et Kirby, J., op. cit., p.45.

⁶⁵ Susskind, R. (2015). *The Future of the Professions: How Technology Will Transform the Work of Human Experts*. Oxford, UK: OUP Oxford.

⁶⁶ *Ibid.*, op. cit., p. 92.

⁶⁷ Davenport, T.H. et Kirby, J., op. cit., p. 44.

⁶⁸ Markoff, J. (2012). *Scientists See Promise in Deep-Learning Programs*. Repéré à <https://www.nytimes.com/2012/11/24/science/scientists-see-advances-in-deep-learning-a-part-of-artificial-intelligence.html>

⁶⁹ Picton, G. (2014). *Study shows promise in automated reasoning, hypothesis generation over complete medical literature*. Repéré à <https://www.bcm.edu/news/research/automated-reasoning-hypothesis-generation>

⁷⁰ Davenport, T.H. et Kirby, J., op. cit., p. 60.

⁷¹ Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S. (2017). *Jobs lost, Jobs gained: Workforce Transitions in a Time of Automation* [version électronique]. Repéré à : <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Report-December-6-2017.ashx>

⁷² Davenport, T.H. et Kirby, J., op. cit., p. 19.

⁷³ Mallard, S., op. cit. p.150.

⁷⁴ Dromey, J., McNeil, C. et Roberts, C., op. cit., p. 19.

L'intrusion de l'IA dans les métiers du management commence aussi à devenir palpable. Le *deep learning* concurrence de nos jours les managers sur les compétences de *problem-solving* (résolution de problèmes) et de gestion. L'IA est par exemple utilisée pour surveiller, contrôler et diagnostiquer les défaillances dans les usines de fabrication.⁷⁵ 39 % des professions managériales pourraient être touchées à terme.⁷⁶ Prenant une position extrême, l'auteur S. Mallard suppose que cette automatisation se poursuivra jusqu'à la disparition du *marketing* et de la *communication corporate*, outils qui seront entièrement dirigés par des algorithmes intelligents.⁷⁷

Toutefois, bien que ce risque soit majoritairement considéré comme mineur pour les métiers juridiques (3 à 5 %) en raison des liens interpersonnels avec les clients⁷⁸, les logiciels intelligents sont néanmoins aptes de nos jours à analyser les documents juridiques. Le système de reconnaissance optique de caractères (OCR) est capable d'effectuer un examen préliminaire de documents juridiques sans intervention humaine.⁷⁹ Le système *Clearwell* de Symantec peut par exemple identifier les concepts généraux dans les documents, présenter graphiquement les résultats et analyser et trier plus de 570 000 documents en deux jours.⁸⁰ Un algorithme récemment développé est maintenant capable de prédire les décisions de la Cour européenne des Droits de l'Homme avec une précision de 79 %.⁸¹ Selon une étude réalisée par Deloitte en 2016, ce sont 100 000 emplois dans le secteur juridique britannique qui pourraient être automatisés dans les 20 prochaines années.⁸²

Le domaine de la santé occupe aussi une place majeure dans les innovations en IA. Le programme *Watson* d'IBM s'impose progressivement comme conseiller en oncologie au Centre Sloan-Kettering à New York.⁸³ Avec une connaissance de 600 000 rapports de données médicales, 1,5 million de dossiers de patients et d'essais cliniques et 2 millions de pages de revues médicales, *Watson* peut diagnostiquer et développer des soins personnalisés en fonction des symptômes, de la génétique et des antécédents familiaux.⁸⁴ La chirurgie est également concernée avec des robots intelligents de plus en plus habiles.⁸⁵ En 2012, la clinique Elizabeth Wende à New York a découvert que l'utilisation d'algorithmes lors des scans de mammographies réduisait le taux d'erreur de 39 % pour la détection des cancers.⁸⁶ En 2016, *Watson* a réussi à diagnostiquer un rare type de leucémie sur une patiente alors qu'aucun médecin n'avait jusqu'alors réussi à identifier son mal.⁸⁷

⁷⁵ Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. et Marrs, A., *op. cit.*, p. 46.

⁷⁶ Yusuf, S. (2017). *Can the New World of Work be Rendered Inclusive?* [version électronique]. Repéré à <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/11/new-world-of-work-brief.pdf>

⁷⁷ Mallard, S. (2018). La disparition inévitable du marketing. La mort de la communication corporate. Dans *Disruption : Intelligence artificielle, Fin du salariat, Humanité augmentée* (p. 136-141). Paris, France: Dunod.

⁷⁸ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., *op. cit.*, p. 35.

⁷⁹ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 35.

⁸⁰ Markoff, J. (2011). *Armies of Expensive Lawyers, Replaced by Cheaper Software*. Repéré à <https://www.nytimes.com/2011/03/05/science/05legal.html>

⁸¹ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., *op. cit.*, p. 35.

⁸² Deloitte. (2016). *Developing legal talent: Stepping into the future law firm* [version électronique]. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/audit/deloitte-uk-developing-legal-talent-2016.pdf>

⁸³ Aoun, J. E., *op. cit.*, p. 80-83.

⁸⁴ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 17.

⁸⁵ The Financial Times. (2016). *US Researchers Enter the Cutting Edge with First Robot Surgeon*. Repéré à <https://www.ft.com/content/d23c7a4e-11d9-11e6-91da-096d89bd2173>

⁸⁶ Susskind, R., *op. cit.*, p. 48.

⁸⁷ Otake, Tomoko. (2016). *IBM big data used for rapid diagnosis of rare leukemia case in Japan*. Repéré à https://www.japantimes.co.jp/news/2016/08/11/national/science-health/ibm-big-data-used-for-rapid-diagnosis-of-rare-leukemia-case-in-japan/#.W19H_C8ZNbU

Les seules professions épargnées par ce phénomène croissant d'automatisation pourraient être les nouveaux métiers issus du développement de l'IA et ceux contribuant à l'amélioration de ses algorithmes. Les emplois en haute technologie dans les STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) sont moins susceptibles d'être touchés, car ils sont complémentaires voire indispensables à l'implémentation des technologies intelligentes actuellement mises en œuvre.⁸⁸ Cette hypothèse ne convainc pourtant pas. Les auteurs S. Mallard, R. Susskind, E. Brynjolfsson et A. McAfee estiment qu'aucun secteur ni emploi ne sera épargné par l'IA.

1.2.2. Une automatisation massive encore irréaliste

Malgré la tendance actuelle à craindre une automatisation systématique de tous les métiers qualifiés existants en raison de l'emploi de l'IA, de nombreux auteurs rappellent que cette peur doit être temporisée. L'IA ne représente qu'une seule donnée de l'équation économique. Bien que son coût ait baissé et la rende plus facilement substituable à la main-d'œuvre humaine⁸⁹, le quasi-monopole des GAFA (Google Apple Facebook Amazon) dans ce secteur de l'économie pourrait à terme fixer les prix de l'IA, limiter l'innovation et séculariser les emplois qualifiés existants.⁹⁰

Les avancées de l'IA sont pour l'heure encore fragiles et nécessitent systématiquement une expertise humaine pour se développer et se renforcer. L'IA *Watson* est par exemple capable d'interagir dans les domaines de la santé et de l'assurance.⁹¹ Pour autant, une intervention humaine est nécessaire en amont de cet algorithme pour lui permettre d'élargir son champ de connaissances; sans quoi, l'IA ne reste qu'un outil limité au secteur où elle a été programmée. L'IA peut aussi servir à aider la main-d'œuvre et non systématiquement la remplacer. Pour le Global Employment Institute, des systèmes informatiques intelligents pourraient être utilisés pour intégrer les personnes âgées, les malades ou les handicapés dans le monde du travail.⁹²

La tendance montre qu'au niveau des employeurs, l'IA reste encore relativement peu utilisée, ce qui remet également en cause l'idée d'une automatisation massive.

⁸⁸ Goos, M., Konings, J. et Rademakers, E. (2016). *Future of work in the digital age: evidence from OECD countries* [version électronique]. Repéré à <https://www.randstad.gr/ugc/wf360/Randstad-Flexibility@work-2016.pdf>

⁸⁹ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 14.

⁹⁰ European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion., *op. cit.*, p. 7.

⁹¹ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 193.

⁹² Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., *op. cit.*, p. 55.

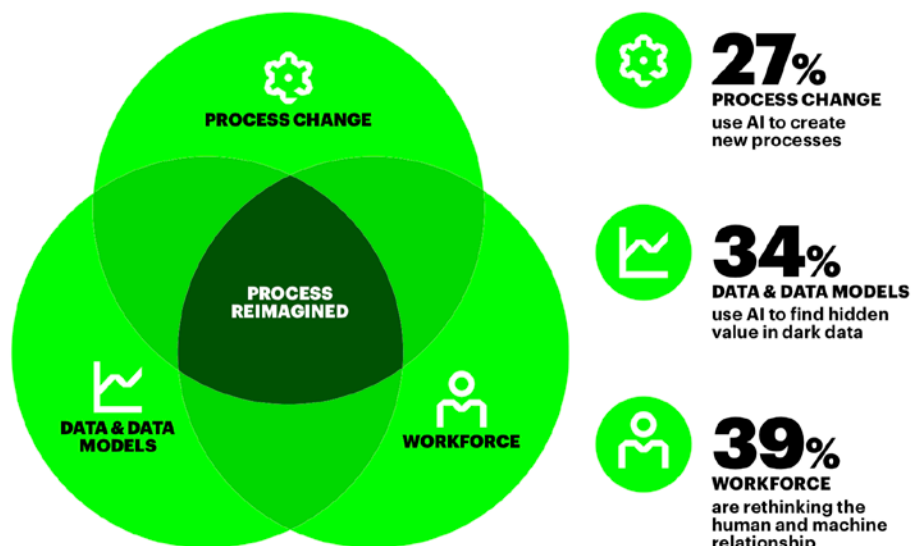


Tableau 2. Une automatisation des métiers sous plusieurs contraintes

Note. Pour P.R. Daugherty et H.J. Wilson, H.J., seulement 9 % des 1075 employeurs interrogés dans leur étude examinent simultanément les trois « secteurs » indispensables à l'utilisation pleine et entière de l'IA.⁹³ Curieusement, la majorité d'entre eux (près des 2/3) se questionnent toutefois sur les liens futurs entre les machines intelligentes et leur main-d'œuvre.

Source : Accenture. (2018). Process Reimagined: Together, People and AI are Reinventing Business Processes from the Ground Up [version électronique]. Repéré à https://www.accenture.com/t20180424T033308Z_w_us-en/acnmedia/PDF-76/Accenture-Process-Reimagined.pdf

L'Institute for the Future dresse un portrait similaire au Tableau 2. Seulement 1 500 entreprises en Amérique du Nord exercent aujourd'hui des activités en rapport avec l'IA, ce qui équivaut à moins de 1 % de toutes les moyennes et grandes entreprises.⁹⁴ 40 % des concernés annoncent utiliser l'IA pour rendre leurs processus autoréparables et 34 % souhaitent entièrement automatiser leurs processus pour ne plus avoir de main-d'œuvre humaine.⁹⁵ Cette dernière portion reste une minorité. 77 % des employeurs songent plutôt à former leur main-d'œuvre aux nouvelles technologies et tirer profit de leurs compétences.⁹⁶

L'utilisation de l'IA nécessite avant tout de savoir comment la superviser lors de sa mise en service; sans quoi, elle ne risque pas de pouvoir remplacer un quelconque emploi. C'est donc toute la formation de la main-d'œuvre qualifiée actuelle qui est à revoir. Outre une familiarisation du personnel nécessaire, une assistance doit aussi être présente pour permettre l'accompagnement du personnel d'un lieu de travail spécifique.⁹⁷ La formation volontaire et continue des salariés à l'IA est de plus en plus envisagée.⁹⁸ Mais une partie de la population resterait tout de même exclue.

⁹³ Daugherty, Paul R. et Wilson, H.J. (2018). *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*. Boston, USA: Harvard Business Review Press.

⁹⁴ Institute for the Future., *op. cit.*, p. 4.

⁹⁵ Accenture., *Process Reimagined.*, p. 6.

⁹⁶ Schwartz, J., Collins, L., Stockton, H., Wagner, D. et Walsh, B. (2017). The future of work: The augmented workforce. *Rewriting the rules for the digital age 2017 Deloitte Global Human Capital Trends*, 119-127. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/human-capital/hc-2017-global-human-capital-trends-us.pdf>

⁹⁷ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., *op. cit.*, p. 55.

⁹⁸ Dromey, J., McNeil, C. et Roberts, C., *op. cit.*, p. 33.

Selon l'économiste S. Yusuf, « les travailleurs, en particulier les plus âgés, se sont révélés moins (...) capables d'améliorer et de diversifier leurs compétences. »⁹⁹

À l'image de l'entreprise AT&T, certaines entreprises commencent à établir des incitations financières pour encourager leurs salariés à se former de nouveau.¹⁰⁰ Ces formations, souvent internes, soulèvent néanmoins le risque de pourvoir aux employés des formations trop centrées sur les activités de l'entreprise concernée, réduisant ainsi l'efficacité d'un apprentissage sur l'IA qui nécessite d'avoir une vision élargie sur son mode de fonctionnement.¹⁰¹

Le remplacement de la main-d'œuvre qualifiée prendrait donc la forme d'un mouvement progressif. L'adoption de l'IA dépend fortement de facteurs extérieurs tant économiques, sociaux que politiques.¹⁰² Compte tenu de ces variables externes, une modélisation de McKinsey suggère par exemple qu'il faudrait attendre le milieu des années 2050 pour atteindre une automatisation de 50 % des activités professionnelles au Royaume-Uni.¹⁰³ L'impact total de l'IA sur les métiers qualifiés est donc difficilement mesurable dans l'avenir. McKinsey estime une automatisation des métiers qualifiés voguant entre 15 % et 20 % d'ici 2030.¹⁰⁴ Dans cette même étude, ce serait entre 3 % et 14 % de la main d'œuvre mondiale qui serait touchée soit une fourchette allant de 75 à 375 millions de travailleurs.¹⁰⁵

1.2.3. D'une déqualification à une précarisation possible des métiers qualifiés

1.2.3.1. La déqualification des métiers qualifiés

Avec un emploi actuel de l'IA à de hauts niveaux de gestion, les tâches humaines des métiers qualifiés pourraient cependant se réduire comme peau de chagrin. Cette situation laisse craindre une déqualification des emplois et le remplacement du personnel qualifié par des travailleurs moins gradés dans la réalisation de certaines tâches encore non programmables en raison de leur simplification.¹⁰⁶ L'auteur T.H. Davenport définit la déqualification comme une situation dans laquelle l'introduction de nouvelles technologies dans un corps de métier n'exige plus des travailleurs de détenir certaines compétences auparavant nécessaires. Les travailleurs semi-qualifiés ou non qualifiés peuvent dès lors occuper ces emplois.¹⁰⁷ Par exemple, l'utilisation de l'IA dans l'imagerie médicale permet au personnel moyennement qualifié de poser un diagnostic médical, réduisant ainsi la demande en spécialistes.¹⁰⁸ L'introduction des logiciels de déclarations de revenus permet désormais à des salariés moins qualifiés d'exercer des missions autrefois réservées à des comptables agréés.¹⁰⁹

⁹⁹ Yusuf, S., *op. cit.*, p. 3.

¹⁰⁰ Dickson, B. (2017). *Artificial intelligence creates new job opportunities*. Repéré à <https://www.scribd.com/article/349192011/Artificial-Intelligence-Creates-New-Job-Opportunities>

¹⁰¹ Dromey, J., McNeil, C. et Roberts, C., *op. cit.*, p. 49.

¹⁰² Lawrence, M., Roberts, C. et King, L. (2017). *Managing Automation: Employment, Inequality and Ethics in the Digital Age* [version électronique]. Repéré à <https://www.ippr.org/files/2017-12/cej-managing-automation-december2017-1-.pdf>

¹⁰³ Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. et Dewhurs, M., *op. cit.*, p. 12.

¹⁰⁴ Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S., *op. cit.*, p. vi.

¹⁰⁵ *Ibid.*, *op. cit.*, p. vi.

¹⁰⁶ UKCES., *op. cit.*, p. 37.

¹⁰⁷ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 15.

¹⁰⁸ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 16.

¹⁰⁹ Executive Office of the President., *op. cit.*, p. 23.

Progressivement, les définitions professionnelles pourraient changer en raison d'une confusion des tâches continue entre les différents degrés de qualification. McKinsey ou R. Susskind rappellent par exemple qu'avec l'IA les infirmiers seront désormais autorisés dans certains cas à accomplir des tâches que les médecins accomplissaient auparavant.¹¹⁰

Dans *The Future of the Professions: How Technology Will Transform the Work of Human Expert*, R. Susskind envisage même l'émergence d'un nouveau système d'emplois. Dans le modèle « para-professionnel », tous les spécialistes seraient progressivement remplacés par des personnes de qualification moindre équipées de systèmes intelligents les aidant à réaliser des tâches à forte valeur ajoutée.¹¹¹ L'économiste H. Braverman qualifiait déjà cette situation de « *white-collar proletariat* » en 1974.¹¹²

1.2.3.2. Un risque de précarisation des métiers qualifiés

Parallèlement au risque de déqualification, l'émergence d'une *gig-economy* des emplois qualifiés pourrait être observée. La *gig-economy* se définit comme la tendance accrue des entreprises à embaucher des travailleurs indépendants pour des missions définies et de court-terme.¹¹³ Intuit, le propriétaire de *TurboTax*, estime que ces travailleurs représentent actuellement 34 % de la masse salariale américaine et qu'ils atteindront 43 % de celle-ci en 2020¹¹⁴ voire 50 % des effectifs.¹¹⁵ 20 à 30 % de la population active en Europe et aux États-Unis percevrait un revenu supplémentaire par ce biais. 70 % de ces personnes le font par préférence, et non parce qu'elles ne trouvent pas un emploi traditionnel.¹¹⁶

Cette situation pose naturellement la question de savoir si l'IA pourrait conduire à terme au renversement du modèle salarial connu jusqu'à présent. Deloitte se montre clairvoyant sur ce point et appelle les entreprises à inclure les travailleurs de la *gig-economy* dans leurs modèles.¹¹⁷ S. Mallard affirme l'émergence d'un marché de la micro-tâche au détriment du marché de l'emploi actuel. Le salarié y laisserait la place au travailleur indépendant.¹¹⁸ Les *digital nomads*, travailleurs indépendants du numérique, préfigureraient cet avènement.¹¹⁹ Le Global Employment Institute insiste aussi sur cette idée. L'expansion du *crowdworking* serait devenue le symbole d'une mutation progressive des cols blancs vers la *gig-economy*.¹²⁰

¹¹⁰ Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S., *op. cit.*, p. 77. et Susskind, R., *op. cit.*, p. 49-50.

¹¹¹ Susskind, R., *op. cit.*, p. 219-220.

¹¹² Braverman, H. (1974). *Labor and Monopoly Capital. The Degradation of Work in the Twentieth Century*. New York City, USA: Monthly Review Press.

¹¹³ Alton, L. (2018). *Why The Gig Economy Is The Best And Worst Development For Workers Under 30*. Repéré à <https://www.forbes.com/sites/larryalton/2018/01/24/why-the-gig-economy-is-the-best-and-worst-development-for-workers-under-30/>

¹¹⁴ Gillespie, P. (2017). *Intuit: Gig economy is 34% of US workforce*. Repéré à <https://money.cnn.com/2017/05/24/news/economy/gig-economy-intuit/index.html>

¹¹⁵ Institute for the Future., *op. cit.*, p. 14.

¹¹⁶ Manyika, J., Lund, S., Bughin, J., Robinson, K., Mischke, J. et Mahajan, D. (2016). *Independent Work: Choice, Necessity, and the Gig Economy*. Repéré à

<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Employment%20and%20Growth/Independent%20work%20Choice%20necessity%20and%20the%20gig%20economy/Independent-Work-Choice-necessity-and-the-gig-economy-Executive-Summary.ashx>

¹¹⁷ Schwartz, J., Collins, L., Stockton, H., Wagner, D. et Walsh, B., *op. cit.*, p. 13.

¹¹⁸ Mallard, S. (2018). Demain, être salarié sera synonyme d'incompétence. Dans *Disruption : Intelligence artificielle, Fin du salariat, Humanité augmentée* (p. 92-102). Paris, France: Dunod.

¹¹⁹ *Ibid.*, Les digital nomads ou la génération CEO qui refuse le salariat. Dans *Disruption : Intelligence artificielle, Fin du salariat, Humanité augmentée* (p. 102-104). Paris, France: Dunod.

¹²⁰ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., *op. cit.*, p. 28.

Cette idéalisation du marché du travail passe néanmoins sous silence le risque de précarisation des emplois qualifiés qui seraient totalement déconstruits par la *gig-economy*.¹²¹ Quelques réserves sont donc à émettre sur les avantages de la *gig-economy*. Divisés en simples tâches, ces métiers seraient dès lors plus facilement remplaçables par l'IA.¹²² Le Forum Économique Mondial a par exemple prévu l'arrivée prochaine d'un *crowdsourcing* mondialisé utilisé sur des plates-formes en ligne proposant des travaux hautement qualifiés, mais répétitifs.¹²³ De plus, le numérique ne résout pas de nombreuses autres limites propres au monde de l'entreprise comme le secret professionnel ou les clauses d'exclusivité. Cette vision d'un travail indépendant ne se justifie enfin pour les auteurs que par la seule motivation financière. D'autres facteurs pourraient néanmoins être pris en compte comme la culture d'entreprise, la sécurité de l'emploi, la vie familiale, etc.¹²⁴ Les bénéfices dans ce secteur sont par ailleurs limités. Depuis 2014, le nombre de personnes qui gagnent 50 % ou plus de leurs revenus grâce à la *gig-economy* a diminué.¹²⁵ Dans la majorité des cas, cela ne suffit pas pour vivre décemment.¹²⁶

1.3. L'intelligence artificielle : une destruction pourtant créatrice

1.3.1. La création d'emplois relatifs au développement de l'IA

Loin de n'être qu'un outil de substitution ou de précarisation de la main-d'œuvre qualifiée, l'IA est pourtant à l'origine de la création de nombreux autres emplois qualifiés relatifs à son développement. Elle a aussi permis l'émergence d'emplois dérivés. Le Forum Économique Mondial prévoit ainsi que les familles d'emplois en informatique et en mathématiques connaîtront une très forte croissance notamment celles centrées sur la *data*.¹²⁷ L'IA nécessite une main-d'œuvre importante. IBM projette à court terme d'employer 2 000 personnes pour l'aider à développer *Watson*, 2 000 personnes pour *Watson Health* et 2 000 autres pour sa maintenance.¹²⁸

Le *data scientist* demeure l'exemple phare des nouveaux emplois créés par l'IA. Ce dernier est chargé de structurer les volumes de données collectés par le *big data* pour établir des prévisions en fonction des corrélations et tendances trouvées dans ces blocs de données.¹²⁹ Son rôle n'existe que depuis quelques années seulement, mais une connaissance informatique complète (*ICT*, *big data knowledge* et *data literacy*) s'avère essentielle. Celui-ci doit également être familier avec le fonctionnement économique d'une entreprise. Des connaissances en gestion, en marketing et en économie sont donc nécessaires.¹³⁰ Les compétences plus sociales sont également de mise. Un *data scientist* doit être capable d'adapter ses services aux attentes des clients ou de l'employeur et de savoir les communiquer correctement.¹³¹

¹²¹ Yusuf, S., *op. cit.*, p. 3.

¹²² Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 494.

¹²³ World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution* [version électronique]. Repéré à http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

¹²⁴ Fudge, J. et Owens, R. (2006). *Precarious Work, Women, and the New Economy: The Challenge to Legal Norms*. Sydney, Australia: Bloomsbury Publishing.

¹²⁵ Morath, E. (2016). *Gig Economy Attracts Many Workers, Few Full-Time Jobs*. Repéré à <https://blogs.wsj.com/economics/2016/02/18/gig-economy-attracts-many-workers-few-full-time-jobs/>

¹²⁶ Smykal, E. (2016). *Flexible Jobs: How the Gig Economy Is Impacting Recruiting*. Repéré à <https://www.jibe.com/blog/what-recruiters-should-know-about-flexible-jobs-today/>

¹²⁷ World Economic Forum., *op. cit.*, p. 15.

¹²⁸ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 175.

¹²⁹ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., *op. cit.*, p. 27. et Susskind, R., *op. cit.*, p. 267.

¹³⁰ Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., *op. cit.*, p. 27.

¹³¹ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 27.

Les profils plus scientifiques sont également très recherchés pour poursuivre la création et le développement de l'IA. Ces programmeurs et autres professionnels de l'informatique sont demandés en raison de leur capacité à maîtriser le langage de la programmation, des mathématiques et pour avoir été familiarisés aux outils de stockage et de traitement des données.¹³² Évidemment, les chercheurs en intelligence artificielle le sont aussi.¹³³

Les potentiels de l'IA ouvrent la voie à de nombreuses spéculations sur les prochains métiers créés. Parmi les plus raisonnables, R. Susskind prédit par exemple l'apparition du « *knowledge engineer* » qui se chargera de la digitalisation du savoir des experts.¹³⁴ Il sera accompagné du « *process analyst* » pour les aspects plus pratiques de cette digitalisation des connaissances.¹³⁵ Le « *system engineer* » créera les machines intelligentes capables de remplacer n'importe quel expert dans n'importe quel domaine.¹³⁶ Les « *moderators* », « *designers* » et « *system providers* » sont autant d'autres exemples d'emplois chargés de la mise en place, de la surveillance et de la maintenance de l'IA.¹³⁷

Le domaine des ICT (*Information and Communications Technology*) révèle donc un dynamisme économique futur fort enviable. Ce secteur concentre l'ensemble des salariés qualifiés dont les compétences détenues sont nécessaires au développement des algorithmes de l'IA. Dans l'Union européenne (UE) par exemple, les spécialistes ICT constituent la catégorie d'emplois connaissant la plus forte croissance et figurent parmi les 20 % d'emplois les mieux rémunérés.¹³⁸ Des métiers qualifiés émergeant le plus dans les ICT, ceux liés à la *data* sont les plus nombreux. Ils sont directement reliés au développement de l'IA. Une augmentation dans ce secteur de près de 1,3 millions de « *data workers* » est même attendue dans l'UE.¹³⁹

Ces métiers qualifiés sont la nouvelle manne financière des entreprises. Le nombre de diplômés des STEM présents dans une industrie serait fortement corrélé à l'innovation. Environ 45 % des diplômés très qualifiés travaillant dans des entreprises innovantes avaient étudié une matière relative aux STEM.¹⁴⁰ Les États sont conscients de ce potentiel économique et mettent en place des incitations financières pour accroître la main-d'œuvre dans ce bassin d'emplois. Par exemple, le projet *TechHire* de l'ancien président américain B. Obama comprenait une subvention de 100 millions de dollars destinée à ouvrir la voie à un plus grand nombre d'emplois dans le secteur des technologies.¹⁴¹

¹³² Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 177.

¹³³ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 180.

¹³⁴ Susskind, R., *op. cit.*, p. 266.

¹³⁵ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 266.

¹³⁶ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 267.

¹³⁷ Susskind, R., *op. cit.*, p. 266.

¹³⁸ European Commission, Directorate-General for Communication Networks, Content and Technology. (2017). *A concept paper on digitisation, employability and inclusiveness* [version électronique]. Brussels, Belgique: auteur.

¹³⁹ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 4.

¹⁴⁰ Wakeham, W. (2016). *Wakeham review of STEM degree provision and graduate employability* [version électronique]. Repéré à https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/518582/ind-16-6-wakeham-review-stem-graduate-employability.pdf

¹⁴¹ Dickson, B., *op. cit.*

1.3.2. Une pénurie de main-d'œuvre qualifiée dans le secteur de l'IA

Toutefois, ce marché connaît parallèlement une grave pénurie de main-d'œuvre. En Europe, le départ de la génération des *baby-boomers* pourrait se traduire par de grandes lacunes dans les professions *STEM* (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*).¹⁴² C'est pourtant dans ce secteur que la création d'emplois qualifiés est la plus importante. D'ici 2030, 4,5 millions d'emplois dans le secteur des STEM seront à combler.¹⁴³

En 2011, McKinsey déclarait déjà le risque d'un manque de 190 000 *data scientists* aux États-Unis et de 1,5 millions de managers et d'analystes capables de prendre des décisions en travaillant de pair avec l'IA.¹⁴⁴ Au Royaume-Uni, le secteur des ICT manque actuellement de près de 300 000 emplois.¹⁴⁵ 40 % des entreprises recrutant dans ces catégories de métiers déclarent rencontrer des problèmes pour trouver des candidats possédant les compétences requises.¹⁴⁶ Ce nombre ne cesse de croître. D'ici les 5 prochaines années, la demande mondiale en *data scientists* et *data analysts* augmenterait de 28 %. En cyber-sécurité, le taux de chômage est actuellement de 0 % avec une pénurie de plus d'un million d'experts dans le monde.¹⁴⁷ Le géant chinois Tencent Research Institute a même affirmé que sur les millions d'employés nécessaires, seulement 300 000 ingénieurs en IA sont actuellement disponibles sur le marché du travail.¹⁴⁸

1.3.3. L'IA à l'origine de la création de métiers qualifiés dérivés

L'IA est également à l'origine de la création de métiers qualifiés dérivés. La convergence de différentes disciplines comme les sciences naturelles et l'informatique a conduit à l'apparition de nouveaux marchés et de nouveaux domaines d'application.¹⁴⁹ L'IA évolue dans un nouvel écosystème économique faisant appel à des fournisseurs de matériel, des compagnies d'assurance, des organisateurs événementiels et des services spécifiques à son domaine.¹⁵⁰ eCommerce Europe estime par exemple que 2 millions d'emplois peuvent être directement ou indirectement attribués au secteur du commerce électronique.¹⁵¹ T.H. Davenport s'inscrit dans cette hypothèse. Les « *product managers* » seront essentiels dans la gestion de produit pour s'assurer que les nouveaux logiciels intelligents disposeront bien des fonctionnalités répondant aux besoins du client. Le marketing jouera aussi un rôle déterminant pour mieux éduquer les consommateurs.¹⁵² Les entreprises disposeront même d'un « *internal automation leader* » capable de développer des systèmes intelligents en interne.¹⁵³

¹⁴² Business Europe. (2011). *Plugging the skills gap the clock is ticking* [version électronique]. Repéré à <https://www.businesseurope.eu/sites/buseur/files/media/imported/2011-00855-E.pdf>

¹⁴³ Deloitte., *Talent for survival.*, p. 3.

¹⁴⁴ Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C. et Hung Byers, A. (2011). *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity* [version électronique]. Repéré à https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Big%20data%20The%20next%20frontier%20for%20innovation/MGI_big_data_exec_summary.ashx

¹⁴⁵ UKCES, *op. cit.*, p. 65

¹⁴⁶ European Commission, Directorate-General for Communication Networks, Content and Technology., *op. cit.*, p. 8.

¹⁴⁷ Morgan, S. (2016). *Cybersecurity Unemployment Rate Drops To Zero Percent*. Repéré à <https://cybersecurityventures.com/cybersecurity-unemployment-rate/>

¹⁴⁸ Vincent, J. (2017). *Tencent says there are only 300,000 AI engineers worldwide, but millions are needed*. Repéré à <https://www.theverge.com/2017/12/5/16737224/global-ai-talent-shortfall-tencent-report>

¹⁴⁹ UKCES., *op cit.*, p. 22.

¹⁵⁰ European Commission, Directorate-General for Communication Networks, Content and Technology., *op. cit.*, p. 8.

¹⁵¹ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 9.

¹⁵² Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 180-182.

¹⁵³ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, *op. cit.*, p. 188.

Une croissance des emplois qualifiés dans les services d'accompagnement aux nouvelles technologies est par ailleurs attendue. Deloitte possède un nouveau service dédié à l'IA pour évaluer les besoins de ses clients et pour mettre en place les technologies existantes les plus à même de répondre à leurs besoins. Ce service n'est toutefois proposé qu'après une évaluation sérieuse des clients demandeurs. Celle-ci tient compte de leur niveau réel de préparation pour intégrer l'IA dans leurs systèmes.¹⁵⁴

Les domaines de la propriété intellectuelle ou du conseil en gestion stratégique sont aussi évoqués.¹⁵⁵ Dans son essai *Who Will Teach Our Machines Right From Wrong?*, le spécialiste D. Rose estime qu'un besoin en anthropologues, en spécialistes de la communication, en philosophes et en experts culturels sera aussi nécessaire pour fixer les limites à l'IA.¹⁵⁶

2. L'émergence de l'emploi inimitable

Alors que l'intelligence artificielle marque actuellement une avancée notable dans les métiers qualifiés « routiniers », plus facilement automatisables, la main-d'œuvre se tourne vers des emplois de connaissance « cognitifs » plus difficilement imitables par l'intelligence artificielle, qui se distinguent notamment par la mise en valeur de leurs compétences managériales et humaines.

2.1. Le cognitif, barrière de l'IA

Le développement de l'IA et le risque d'automatisation des emplois ont progressivement modifié la structure du marché des emplois qualifiés. La tendance est à la recherche de métiers où la réflexion est majeure. Ceci explique une inclination naturelle à l'augmentation des métiers "non routiniers" dans le total de la masse salariale.¹⁵⁷ Ces emplois ne sont pas forcément nouveaux, mais promeuvent des caractéristiques inimitables par l'IA.¹⁵⁸

Pour D.H. Autor, cette situation révèle « l'avantage comparatif » des travailleurs qualifiés. Ces derniers peuvent se concentrer sur des compétences de résolution de problèmes (*problem-solving*) et de créativité.¹⁵⁹ Ces caractéristiques fondamentales définissent les emplois dits « cognitifs ». Ces métiers requièrent de la flexibilité, de la créativité, une capacité au *problem-solving* (résolution de problèmes) et des compétences sociales.¹⁶⁰ Deloitte rejoint aussi cette perspective.¹⁶¹

Toutefois, cette classification par compétence est néanmoins incomplète en ce qu'elle regroupe autant les métiers qualifiés qu'intermédiaires. McKinsey y distingue donc une sous-catégorie, les métiers de connaissance (*knowledge work*) qui regroupe l'ensemble des professions cognitives

¹⁵⁴ *Ibid.*, op. cit., p. 186-187.

¹⁵⁵ UKCES., op. cit., p. 95. et Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B., op. cit., p. 33.

¹⁵⁶ Rose, D. (2017). *Who Will Teach Our Machines Right from Wrong?*. Repéré à <https://www.linkedin.com/pulse/who-teach-our-machines-right-from-wrong-doug-rose/>

¹⁵⁷ Acemoglu, D. et Autor, D.H. op. cit. p. 1076.

¹⁵⁸ Harari, Y.N., op. cit., p. 351.

¹⁵⁹ Autor, D.H., op. cit., p. 5.

¹⁶⁰ Jaimovich, N. et Siu, H.E., op. cit., p. 8. et Brynjolfsson, E. et McAfee, A. (2011). *Race Against the Machines: How the Digital Revolution Is Accelerating Innovation, Driving Productivity, And Irreversibly Transforming Employment and The Economy* [version électronique]. Repéré à : <http://b1ca250e5ed661ccf2f1-da4c182123f5956a3d22aa43eb816232.r10.cf1.rackcdn.com/contentItem-5422867-40675649-ew37tmdujwhnj-or.pdf>

¹⁶¹ Schwartz, J., Collins, L., Stockton, H., Wagner, D. et Walsh, B., op. cit., p. 126.

qualifiées.¹⁶² Pour T.H. Davenport, ces métiers se définissent par leur faculté de « manipulation de la connaissance et de l'information ». ¹⁶³ Ces travailleurs seraient à l'origine de l'innovation et de la croissance. Ils inventent de nouveaux produits et services, conçoivent des programmes de marketing et créent des stratégies d'entreprise par exemple. ¹⁶⁴ Pour T. Austin, leurs interactions professionnelles aboutissent à la découverte et à l'innovation. ¹⁶⁵ S'y retrouvent aussi des métiers traditionnels comme les médecins, les avocats ou les scientifiques. ¹⁶⁶

2.2. L'abstrait, cœur de défense des métiers qualifiés

Les métiers qualifiés encore inimitables pour l'heure requièrent des tâches « non routinières » cognitives particulières. Ces dernières ne seraient pas menacées, car les algorithmes ne sont pas en mesure d'accomplir des missions trop « abstraites ». Seul le cerveau humain est capable de les accomplir. ¹⁶⁷ Ces activités exigent une capacité à résoudre des problèmes complexes et à être créatif. Elles font également appel au domaine sensoriel avec la détention d'un sens aigu de l'intuition et d'un don de persuasion. ¹⁶⁸ Les travailleurs les plus compétents dans ces tâches ont généralement de hauts niveaux d'éducation et une forte propension à utiliser leur capacité analytique et un raisonnement inductif. ¹⁶⁹ Leurs missions professionnelles sont encore peu atteintes par l'IA. Leurs décisions et jugements ne peuvent pas encore être remplacés. ¹⁷⁰ Le paradoxe de Polanyi en explique la raison. Tout raisonnement de haut niveau n'est pas imperméable à l'IA, mais certaines compétences « sensorimotrices » le seraient en raison de leur aptitude à évoluer constamment. ¹⁷¹ Ces métiers impliquent une évolution constante de leur environnement lors de la prise de décision, une situation encore difficilement traitable pour l'IA.

De surcroît, les algorithmes intelligents ne sont pas encore prêts à comprendre l'implicite, l'instinct voire la compréhension tacite. Ces concepts posent beaucoup de difficultés aux programmeurs pour les exprimer clairement en langage informatique. ¹⁷² La notion de contexte échappe également à l'intelligence artificielle. J.E. Aoun rappelle par exemple que l'IA peut expliquer la signification exacte des mots d'un homme d'affaires, mais qu'elle n'est pas pour autant capable de négocier un accord en tenant compte des sous-entendus ou des habitudes culturelles, ¹⁷³ car cette dernière ne vit pas dans le « chaos du monde humain ». ¹⁷⁴

M.O. Riedl et B. Harrison, chercheurs à l'Institut technologique de Géorgie (É.-U.), ont néanmoins mis au point un prototype d'IA appelé *Quixote* qui peut apprendre à reconnaître ce qu'est l'éthique grâce à la lecture de petites histoires. Les valeurs humaines sont décortiquées et comprises par cette IA en fonction de l'analyse des rapports humains qui y sont rapportés. ¹⁷⁵

¹⁶² Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. et Marrs, A., *op. cit.*, p. 4.

¹⁶³ Davenport, T.H. (2005). *Thinking for a Living: How to Get Better Performance and Results from Knowledge Workers*. Boston, USA: Harvard Business School Press.

¹⁶⁴ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 5.

¹⁶⁵ Austin, T. (2010). *Watchlist: Continuing Changes in the Nature of Work, 2010-2020*. London, UK: Gartner.

¹⁶⁶ *Ibid.*, *op. cit.*, p.5.

¹⁶⁷ Acemoglu, D. et Autor, D.H., *op. cit.*, p. 1076.

¹⁶⁸ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 1076.

¹⁶⁹ Autor, D.H., Levy, F. et Murnane, R.J., *op. cit.*, p. 1286.

¹⁷⁰ Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. et Marrs, A., *op. cit.*, p. 42.

¹⁷¹ Autor, D.H., *op. cit.*, p. 11-12.

¹⁷² Goos, M., Konings, J. et Rademakers, E., *op. cit.*, p. 12.

¹⁷³ Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 1419.

¹⁷⁴ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 1596.

¹⁷⁵ Flood, A. (2016). *Robots could learn human values by reading stories, research suggests*. Repéré à <https://www.theguardian.com/books/2016/feb/18/robots-could-learn-human-values-by-reading-stories-research-suggests>

Quelques réserves seraient à émettre. Des tentatives de l'IA sont existantes grâce au *deep learning* qui permet de plus en plus de faire comprendre à la machine plutôt que de lui expliquer. L'IA apprend ainsi par elle-même dans les jeux vidéo.¹⁷⁶ Grâce au contexte d'une conversation téléphonique, l'autosuggestion d'Apple ou d'Android permet de prévoir les prochains mots utilisés.¹⁷⁷ Cependant, l'IA reste limitée dans ce domaine, car elle n'est configurée que pour la réalisation d'une tâche précise sans pouvoir prendre en compte des possibilités annexes ou quasi-similaires.¹⁷⁸

2.3. Des compétences managériales et humaines salvatrices

2.3.1. Des compétences en *critical* et le *system thinking* demandées

L'engouement actuel pour les missions abstraites redessine l'arsenal de compétences requis pour tout professionnel qualifié. Les tâches les plus fréquentes aujourd'hui sont les exceptions d'autrefois (Tableau 3). La concentration sur ces dernières s'explique en raison de leur très forte valeur ajoutée. 20 % des tâches "non routinières" représentent 80 % de la création de valeur d'un emploi.¹⁷⁹

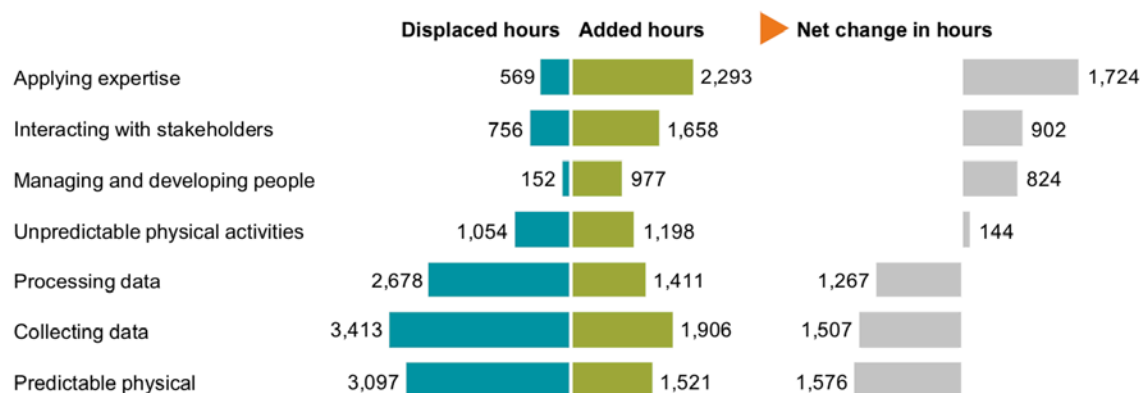


Tableau 3. Croissance nette du travail par type d'activité, prévisions 2016-2030

Note. Selon McKinsey, l'utilisation par un travailleur de son expertise en Allemagne a augmenté de 2.293 heures alors que la collecte de données a baissé de 3.413 heures en raison des performances de l'IA dans ce domaine.¹⁸⁰ Un même phénomène est observé dans les tâches plus interactives (interagir avec les parties prenantes, la gestion d'équipe, etc.).

Source : Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S. (2017). *Jobs lost, Jobs gained: Workforce Transitions in a Time of Automation* [version électronique]. Repéré à <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Report-December-6-2017.ashx>

¹⁷⁶ Mallard, S., *op. cit.*, p. 49-50.

¹⁷⁷ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 53.

¹⁷⁸ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 53.

¹⁷⁹ Accenture. (2017). *Why is artificial intelligence important?* [version électronique]. Repéré à <https://www.accenture.com/~acnmedia/PDF-54/Accenture-Artificial-Intelligence-AI-Overview.pdf>

¹⁸⁰ Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S., *op. cit.*, p. 16.

Au regard des lectures actuelles à ce sujet¹⁸¹, ces tâches se rassemblent toutes sous la bannière du *critical* et du *system thinking*. Le Forum Économique Mondial les classe comme les compétences clés nécessaires en 2020.¹⁸² Celles-ci se définissent comme la capacité intellectuelle que détient tout individu à pouvoir analyser des idées d'une manière suffisamment intelligente pour être capable de les appliquer en pratique.¹⁸³ Pour cela, la personne en question doit observer, réfléchir, savoir synthétiser, pouvoir imaginer de nouveaux concepts, pouvoir les appliquer et en communiquer les résultats.¹⁸⁴ Pour E. Brynjolfsson, ces différentes facultés se regroupent sous le concept d'« *ideation* ». Cette notion se définit comme l'avantage comparatif que détient l'homme par rapport à la machine intelligence de pouvoir élaborer de nouvelles idées ou de nouveaux concepts.¹⁸⁵ D'autres auteurs tels que F. Levy et R. Murmane avancent la même idée sous la notion d'« *expert thinking* » et de « *complex communication* ».¹⁸⁶

L'IA n'exerce actuellement que deux de ces facultés : la communication et l'observation. Au contraire, l'ensemble des autres capacités managériales ou sociales lui font défaut. Elle ne sait pas mobiliser les différents talents nécessaires à la réalisation d'un projet ni leur donner une direction ou interpréter des résultats avec recul pour décider des changements à opérer.¹⁸⁷

Bien que les machines soient aptes à comprendre le fonctionnement de systèmes complexes, celles-ci sont incapables d'appliquer la même information à différents contextes.¹⁸⁸ Par exemple, un algorithme peut modéliser l'impact du changement climatique sur une zone côtière, mais il sera incapable de réutiliser les mêmes données pour les appliquer dans un domaine plus économique.¹⁸⁹ Toutefois, des recherches sur le *Transfert Learning*, soit la capacité à réutiliser certaines compétences que l'IA maîtrise dans d'autres tâches où elle n'a pas été initialement programmée, sont actuellement en cours.¹⁹⁰

Ces tâches cognitives et créatives restent exceptionnelles et ne semblent pas en mesure de constituer à elles seules l'entièreté d'une profession. Il est donc difficile de croire qu'elles se substitueront entièrement aux tâches abandonnées à l'intelligence artificielle.¹⁹¹ Le risque d'une démultiplication des « *bullshit jobs* », situation dans laquelle les avancées technologiques ont augmenté les emplois sans finalité, est même avancé.¹⁹²

¹⁸¹ Davenport, T.H. et Kirby J. (2016); Aoun, J.E. (2017); Manyika, J. (2017); UKCES (2014) et le World Economic Forum (2016).

¹⁸² World Economic Forum., *op. cit.*, p.21.

¹⁸³ Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 950.

¹⁸⁴ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 950.

¹⁸⁵ Brynjolfsson, E. et McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age* [version électronique]. Repéré à https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/622156/mod_resource/content/1/Erik-Brynjolfsson-Andrew-McAfee-Jeff-Cummings-The-Second-Machine-Age.pdf

¹⁸⁶ Levy, F. et Murmane, R. J. (2004). *The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market*. Princeton, USA: Princeton University Press.

¹⁸⁷ Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 962.

¹⁸⁸ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 1311.

¹⁸⁹ Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 1311.

¹⁹⁰ Mallard, S., *op. cit.*, p. 67.

¹⁹¹ Susskind, R., *op. cit.*, p. 279.

¹⁹² Graeber, D. (2013). *On the Phenomenon of Bullshit Jobs: A Work Rant*. Repéré à <https://strikemag.org/bullshit-jobs/>

2.3.2. Des compétences sociales de plus en plus demandées

Les métiers qualifiés tendent également à se recentrer vers des compétences plus sociales.¹⁹³ Pour l'auteur D. Rose, le futur exige des salariés qualifiés une solide expérience dans les sciences humaines pour mieux combler la distance entre les logiciels et les besoins humains.¹⁹⁴ Cette « part humaine » du travail regroupe de fait différentes compétences telles que l'empathie, la persuasion, la communication, le *problem-solving* et le *decision-making*.¹⁹⁵ Ces facultés font même partie du top-10 des compétences de Deloitte.¹⁹⁶

La tendance actuelle montre que cette demande de temps consacrée aux compétences humaines ne cesse de croître. La réalisation exclusive des tâches répétitives par l'IA expliquerait cette reconversion. Libérés de ces dernières, les travailleurs qualifiés se retourneraient vers les aspects plus « humains » de leurs métiers qui exigent des compétences sociales et émotionnelles.¹⁹⁷ McKinsey estime par exemple qu'en Allemagne les travailleurs de demain consacreront plus de temps de travail à des activités nécessitant une expertise (+2,9 milliards d'heures en équivalent temps plein), l'interaction avec les parties prenantes (+1,5 milliard d'heures) et la gestion des personnes (+1,4 milliard d'heures).¹⁹⁸ Selon Deloitte, le temps consacré aux compétences sociales a augmenté de 10,06 % et de 12,06 % pour les capacités cognitives.¹⁹⁹ Deloitte UK constate également une augmentation de 1,4 million d'emplois pour les métiers nécessitant une compétence solide en négociation.²⁰⁰

Bien que cette demande soit nouvelle, le système de formation semble toutefois déjà obsolète. L'offre de ce type de formations n'est pas encore suffisamment développée. Les pouvoirs publics en sont conscients et songent à créer des organismes spécifiques offrant des formations relatives aux compétences cognitives et sociales.²⁰¹ Le think tank britannique Institute for Public Policy Research (IPPR) propose par exemple la création d'un système de formation des compétences national, à l'image de celui de Singapour.²⁰²

Il faut néanmoins s'attendre à ce que la population active actuelle soit vite dépassée. Dans le scénario d'une automatisation moyenne, jusqu'à 75 millions de travailleurs pourraient devoir modifier leur niveau d'éducation, et pas moins de 375 millions dans le cas d'une automatisation plus rapide.²⁰³ Les performances de l'IA font en effet vieillir plus rapidement les connaissances professionnelles actuelles qui se retrouvent vite obsolètes. Par exemple, la durée de vie des compétences d'un ingénieur logiciel est estimée entre un et deux ans.²⁰⁴ Une formation continue apparaît donc absolument nécessaire. Pourtant, 50 % des employeurs ne savent pas encore comment former leur personnel face aux nouvelles exigences de l'IA.²⁰⁵

¹⁹³ Schwartz, J., Collins, L., Stockton, H., Wagner, D. et Walsh, B., *op. cit.*, p. 119.

¹⁹⁴ Dickson, B., *op. cit.*

¹⁹⁵ Schwartz, J., Collins, L., Stockton, H., Wagner, D. et Walsh, B., *op. cit.*, p. 120. et Executive Office of the President., *op. cit.*, p. 1.

¹⁹⁶ Deloitte. *Talent for survival.*, p. 9.

¹⁹⁷ Abbatiello, A., Boehm, T., Schwartz, J., Chand., S. (2018). No-collar workforce. *Tech Trends 2018 The Synphonic Enterprise*, 24-40. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/technology-media-telecommunications/TechTrends-2018.pdf>

¹⁹⁸ Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S., *op. cit.*, p. 77.

¹⁹⁹ Deloitte., *Talent for survival.*, p. 16.

²⁰⁰ *Ibid.*, *op.cit.*, p. 8.

²⁰¹ Villani, C. (2018). *Donner un sens à l'intelligence artificielle. Pour une stratégie nationale et européenne*. Paris, France : auteur.

²⁰² Dromey, J., McNeil, C. et Roberts, C., *op. cit.*, p. 75.

²⁰³ Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S., *op. cit.*, p. 86.

²⁰⁴ Schwartz, J., Collins, L., Stockton, H., Wagner, D. et Walsh, B., *op. cit.*, p. 30.

²⁰⁵ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 122.

2.4. L'inimitable imitable?

2.4.1. De fortes avancées de l'IA dans le domaine cognitif

L'acceptation de métiers inimitables est toutefois à temporiser. Les algorithmes actuels réagissent de plus en plus en-dehors du carcan qui leur a été assigné. La reconnaissance de formes, le traitement du langage et la vision par ordinateur sont autant de percées de l'IA qui concurrencent directement les êtres humains.²⁰⁶ La réorientation actuelle des métiers qualifiés vers des tâches plus cognitives ne pourrait donc être qu'une quête sans but. Avec l'IA, plus aucun métier ne serait exclusivement accessible aux humains.²⁰⁷ IBM prévoit par exemple d'introduire *Watson* dans le système scolaire public pour améliorer les pédagogies d'enseignement.²⁰⁸

Dans la reconnaissance d'images, alors que le taux d'erreur est de 5 % pour les hommes, ce dernier est passé de 26 % en 2011 à 3,5 % en 2015 pour l'IA.²⁰⁹ Cette progression peut permettre l'automatisation des tâches sur les lieux de travail qui exigent une compréhension de l'image.²¹⁰ L'IA *DeepMind* de Google a développé un service de lecture labiale plus performant que le système humain actuel en visionnant tous les programmes de la BBC.²¹¹

Au niveau de la communication, le service de traduction *Google Translate* a été grandement amélioré grâce à l'utilisation de la *statistical machine translation* qui permet de déterminer la traduction la plus probable en analysant une grande variété d'exemples de travaux déjà traduits.²¹² La société de traduction Lionbridge a annoncé en 2011 la création de *GeoFluent*, un algorithme capable de traduire instantanément une conversation en ligne d'une langue à une autre. Cette innovation laisse entrevoir de nouvelles possibilités dans le secteur de la traduction et du service à la clientèle.²¹³ Dans ce même secteur, l'assistante numérique *Amelia* d'IPsoft est capable d'analyser le langage parlé pour comprendre le problème de service d'un client et de le résoudre pour eux.²¹⁴

Cependant, l'intelligence sociale resterait l'un des derniers bastions humains malgré de nombreuses recherches dans le domaine de l'informatique affective.²¹⁵ *Mattersight* est une invention capable de transmettre un appel au représentant le plus à même de répondre au besoin du client en fonction de l'état émotionnel et de la personnalité de ce dernier.²¹⁶ Conjuguant les sciences émotionnelles et la médecine moderne, l'IA est aussi capable de prédire les troubles dépressifs majeurs chez les patients²¹⁷ ou de permettre le contrôle des chaises roulantes par la pensée.²¹⁸ L'*affective computing* pourrait conduire à la relève des métiers sociaux et d'échange

²⁰⁶ Brynjolfsson, E. et McAfee, A. *The Second Machine Age.*, p. 52.

²⁰⁷ Lawrence, M., Roberts, C. et King, L., *op. cit.*, p. 6.

²⁰⁸ Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 88.

²⁰⁹ Executive Office of the President., *op. cit.*, p. 6.

²¹⁰ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 6.

²¹¹ Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S., *op. cit.*, p. 24.

²¹² Davenport, T.H. et Kirby J., *op. cit.*, p. 43-44.

²¹³ Brynjolfsson, E. et McAfee, A., *Race Against the Machines.*, p. 113.

²¹⁴ Davenport, T.H. et Kirby J., *op. cit.*, p. 44-45.

²¹⁵ Scherer, K. R., Bänziger, T. et Roesch, E. B. (2010). *Blueprint for Affective Computing: A Sourcebook and Manual*. Oxford, UK: Oxford University Press.

²¹⁶ Lebowitz, S. (2015). *Every time you dial into these call centers, your personality is being silently assessed*. Repéré à <https://www.businessinsider.com/how-mattersight-uses-personality-science-2015-9>

²¹⁷ Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S., *op. cit.*, p. 24.

²¹⁸ Brynjolfsson, E. et McAfee, A. *The Second Machine Age.*, p. 53.

comme les psychologues.²¹⁹ Dans le domaine de l'art, l'algorithme *Painting Fool* est capable de peindre en fonction de sa propre humeur.²²⁰

Avec ces récentes découvertes dans les champs sensoriels et cognitifs, l'IA sera très prochainement en mesure de réaliser certaines tâches complexes constitutives des emplois de connaissance²²¹ voire d'arriver à proposer des solutions jugées créatives et innovantes.²²² Les algorithmes actuels peuvent en effet apprendre à partir de n'importe quel modèle rencontré et développer leurs propres règles pour interpréter de nouvelles informations (*machine learning*). À mesure que l'algorithme exploite des données, il devient plus intelligent et affine son comportement. La contribution humaine dans la résolution de problèmes devient dès lors anecdotique.²²³ Pour McKinsey, l'automatisation des emplois qualifiés est rendue possible grâce aux progrès de trois domaines : la technologie informatique, le *machine learning* et la reconnaissance vocale.²²⁴ Ces derniers permettent en effet d'établir des relations professionnelles entre le salarié qualifié et la machine intelligente grâce à la transmission d'un savoir pratique dans un environnement réel.²²⁵

2.4.2. Des limites algorithmiques importantes, mais pas insurmontables

Il est à rappeler que la principale limite rencontrée par les algorithmes demeure la compréhension de la finalité de leurs actions. Ces derniers ne peuvent pas encore raisonner sur le « but » de leurs missions ni sur les utilisations qui en découlent.²²⁶ De plus, si l'IA se développe dans le champ sensoriel humain, elle y est encore restreinte. Bien que l'identification d'objets soit possible, la même tâche exécutée dans un champ de vision encombré devient beaucoup plus difficile à accomplir.²²⁷ De fait, les emplois évoluant dans un environnement de travail non structuré sont pour l'heure moins sensibles à l'automatisation.²²⁸ L'exemple de la voiture de Google est également révélateur.²²⁹ Une intervention humaine est nécessaire dès lors que son algorithme détermine un obstacle qui n'a pas été traité en amont par des ingénieurs.²³⁰

Malgré les quelques exemples donnés dans le domaine émotionnel et la capacité des algorithmes à reproduire ou comprendre certains aspects des interactions sociales humaines, la reconnaissance en temps réel de l'émotion humaine ou la capacité d'y répondre restent toujours des problèmes difficiles à programmer.²³¹ Certains traits humains comme l'intuition, le jugement ou l'intelligence émotionnelle ne seront d'ailleurs pas même imitables dans un avenir proche.²³² C'est sur ce dernier point que le salarié qualifié conserverait un avantage comparatif sur l'IA.²³³

²¹⁹ Susskind, R., *op. cit.*, p. 170.

²²⁰ Davenport, T.H. et Kirby J., *op. cit.*, p. 126.

²²¹ Brynjolfsson, E., McAfee, A., *Race Against the Machines.*, p. 12-13.

²²² Susskind, R., *op. cit.*, p. 279-280.

²²³ Executive Office of the President., *op. cit.*, p. 8.

²²⁴ Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. et Marrs, A., *op. cit.*, p.41.

²²⁵ Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. et Marrs, A., *op. cit.*, p.41.

²²⁶ Grabner, H., Gall, J. et Van Gool, L. (2011). What Makes a Chair a Chair?. *Computer Vision and Pattern Recognition 2011*, 1529-1536. DOI: 10.1109/CVPR.2011.5995327

²²⁷ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 25.

²²⁸ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 25.

²²⁹ Autor, D.H. *op. cit.*, p. 24.

²³⁰ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 24.

²³¹ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 27.

²³² Institute for the Future., *op. cit.*, p. 7.

²³³ Executive Office of the President., *op. cit.*, p. 14.

De plus, les difficultés persistantes du développement de l'IA dans ces domaines suggèrent qu'un plafond technologique serait atteint, ralentissant en conséquence la menace d'automatisation des emplois de connaissance.²³⁴ L'irréductibilité des emplois est une autre limite de l'IA.²³⁵ Si l'IA permet une automatisation de certaines tâches, elle n'est pas en mesure de toutes les imiter. Les métiers qualifiés ne disparaîtront donc qu'avec leur complète automatisation.²³⁶

Cependant, la thèse du plafond technologique semble contestable. Il suffit parfois de penser différemment. De façon pragmatique, Amazon a mis en place *Kiva Systems* en 2012 pour la gestion de ses entrepôts. Le problème de la navigation a été résolu en plaçant des autocollants à code-barres sur le sol, informant ainsi les robots de leur localisation précise.²³⁷ L'utilisation des prévisions et des statistiques permet également la réalisation de tâches complexes.²³⁸ Au lieu de tenter d'inculquer des règles tacites difficilement exprimables, les ingénieurs développent des algorithmes déduisant eux-mêmes l'inexplicable grâce à l'analyse de données, le calcul de statistiques et l'exposition à des exemples réussis de la tâche exécutée.²³⁹ Le *machine learning* inverse ainsi le paradoxe de Polanyi.²⁴⁰

3. La naissance du métier « augmenté »

Les nouvelles implications de l'IA dans les professions qualifiées ont nécessairement conduit au développement de liens entre l'homme et la machine intelligente qui n'existaient pas auparavant. Ces diverses interactions pourraient constituer les emplois qualifiés du futur. La littérature contemporaine parle des « travailleurs augmentés ». Deloitte la qualifie d'intelligence « amplifiée ».²⁴¹

3.1. Une coopération humain-machine équilibrée

Dans le scénario de l'augmentation, les humains et les ordinateurs combinent leurs forces pour obtenir de meilleurs résultats.²⁴² En santé par exemple, l'IA *Watson* d'IBM aide déjà les cliniciens à lire des IRM.²⁴³ Dans un secteur plus économique, l'introduction de l'IA par General Electric dans son processus de maintenance d'avions permet de réaliser des prévisions en temps réel sur les moteurs à réparer et de déterminer les moments les plus propices pour faire intervenir des spécialistes.²⁴⁴

Les tâches les plus créatives seraient laissées aux hommes qui exploiteraient parallèlement d'autres innovations technologiques pour améliorer la qualité de leur travail, telles que la visualisation de données, les communications à grande vitesse ou le prototypage rapide.²⁴⁵

²³⁴ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 39.

²³⁵ Davenport, T.H. et Kirby J., *op. cit.*, p. 12.

²³⁶ Davenport, T.H. et Kirby J., *op. cit.*, p. 13.

²³⁷ Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 25.

²³⁸ Autor, D.H. *op. cit.*, p. 23.

²³⁹ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 24-25.

²⁴⁰ Autor, D.H. (2014). Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth. *NBER Working Paper No. 20485*, 129-177. DOI: 10.3386/w20485

²⁴¹ Pierce, D., Shilling, M. et Danson, F. (2015). *Amplified intelligence: Power to the people*. Repéré à <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/tech-trends/2015/tech-trends-2015-amplified-intelligence.html>

²⁴² Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 61.

²⁴³ McGowan, H.E. (2017). *Preparing Students to Lose Their Jobs*. Repéré à <https://www.linkedin.com/pulse/preparing-students-lose-jobs-heather-mcgowan/>

²⁴⁴ Accenture., *Process Reimagined.*, p. 6.

²⁴⁵ Brynjolfsson, E. et McAfee, A., *Race Against the Machines.*, p. 28.

The Human Use of Human Beings de N. Wiener exprimait déjà cette idée d'amélioration de l'homme par la machine dans les années 1950.²⁴⁶

Ce rapport entre l'IA et le travailleur qualifié apporte deux avantages. Tout d'abord, il améliore considérablement la capacité de récupérer de l'information ce qui, conséquemment, augmente la qualité des décisions prises dans les situations les plus difficiles.²⁴⁷ Par exemple, aux États-Unis, le temps alloué à la créativité n'est que de 2 % et de 13 % pour le *problem-solving*.²⁴⁸ L'IA pourrait permettre aux travailleurs qualifiés de se concentrer uniquement sur ces tâches.²⁴⁹ J.E. Aoun prend l'exemple des cabinets d'avocats. L'IA y permet la sélection et le traitement des documents juridiques ce qui permet aux avocats de fournir des conseils juridiques de plus haut niveau.²⁵⁰

L'augmentation redéfinit donc la notion de travail.²⁵¹ Elle n'existe que lorsque le travailleur humain est en mesure de créer plus de valeur ajoutée grâce à l'aide d'une machine intelligente qu'il n'en aurait été capable tout seul.²⁵² Cela nécessite donc préalablement une analyse des compétences respectives de l'homme et de la machine pour trouver la meilleure combinaison entre les deux.²⁵³ Les travailleurs augmentés auront donc très probablement besoin d'une formation spécifique pour optimiser l'utilisation de l'IA.²⁵⁴ Pour Accenture, cette formation de la main-d'œuvre aux nouvelles interactions avec les machines intelligentes est absolument nécessaire.²⁵⁵ Le cabinet a même introduit l'augmentation comme une part fondamentale de la définition même de l'IA :

*Accenture considère l'IA comme une constellation de technologies qui permet aux machines intelligentes d'étendre les capacités humaines en détectant, en comprenant, en agissant et en apprenant, ce qui permet aux hommes d'accomplir beaucoup plus (...). Dès lors que les technologies IA sont intégrées, elles peuvent fortement améliorer les capacités d'adaptation de toute entreprise.*²⁵⁶

3.2. Une « augmentation » préférable à l'automatisation

En rejetant le principe d'automatisation qui ne se limite qu'au remplacement total des travailleurs qualifiés par l'IA, la vision de l'augmentation permet la mise en place d'un *empowering* mutuel.²⁵⁷ Accenture rappelle par ailleurs que la stratégie d'automatisation n'apporterait aucun bénéfice à court-terme pour l'entreprise.²⁵⁸ La réduction des coûts du travail induite par l'automatisation serait très vite imitée par l'ensemble des acteurs économiques d'une industrie donnée.²⁵⁹ Cet alignement quasi-immédiat de la concurrence rétablirait de fait la situation initiale et une perte des marges gagnées sur les coûts.²⁶⁰

²⁴⁶ Wiener, N. (1950). *The Human Use of Human Beings*. Boston, USA: Houghton, Mifflin Company.

²⁴⁷ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 65-66.

²⁴⁸ Lawrence, M., Roberts, C. et King, L., *op. cit.*, p.18.

²⁴⁹ Deloitte., *Talent for survival.*, p. 18.

²⁵⁰ Aoun, J.E., *op. cit.*, p. 808-811.

²⁵¹ Schwartz, J., Collins, L., Stockton, H., Wagner, D. et Walsh, B., *op. cit.*, p. 122.

²⁵² Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 64-65.

²⁵³ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 63. et Brynjolfsson, E. et McAfee, A. *The Second Machine Age.*, p. 79.

²⁵⁴ Abbatiello, A., Boehm, T., Schwartz, J., Chand., S., *op. cit.*, p. 29.

²⁵⁵ Accenture., *Process Reimagined.*, p. 7.

²⁵⁶ Accenture. (2017). *Why is artificial intelligence important?* [version électronique]. Repéré à <https://www.accenture.com/acnmedia/PDF-54/Accenture-Artificial-Intelligence-AI-Overview.pdf>

²⁵⁷ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 61. et *Ibid.*, *op. cit.*, p. 64.

²⁵⁸ Accenture., *op. cit.*, p. 7.

²⁵⁹ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 203.

²⁶⁰ Accenture., *op. cit.*, p. 7.

Au contraire, la diversité des collaborations possibles entre les professionnels qualifiés et l'IA ne semble pas avoir de limites. Par exemple, pour trouver des cellules cancéreuses, une approche uniquement fondée sur l'IA a un taux d'erreur de 7,5 %. Ce taux n'est que de 3,5 % pour un expert humain. En combinant les deux expertises, le taux d'erreur est abaissé à 0,5 %, ce qui représente une réduction de 85 % des erreurs.²⁶¹

Dans ce contexte d'augmentation, un bassin de métiers qualifiés entièrement dédiés aux machines intelligentes est absolument nécessaire.²⁶² Les entreprises optant pour le choix de l'augmentation doivent en effet garder à l'esprit qu'il sera nécessaire pour elles de constituer de solides parcours professionnels pour ces nouveaux travailleurs en IA.²⁶³ En effet, si ces derniers choisissaient de partir ou de prendre leur retraite et qu'aucune relève n'était assurée, l'avantage concurrentiel détenu s'évanouirait aussitôt.²⁶⁴

Garder une confiance aveugle dans l'IA pourrait néanmoins conduire à oublier sa faillibilité. Un contrôle humain est encore nécessaire de nos jours. Le « flash crash » de 2010 rappelle ce danger. En 20 minutes, la Bourse de New York perdit plusieurs milliards de dollars. La faute, aujourd'hui attribuée aux algorithmes, n'a toujours pas été identifiée avec précision.²⁶⁵

3.3. De nouveaux modèles salariaux

Le phénomène d'augmentation soulève de nombreuses questions quant aux places du salarié qualifié et de l'IA dans le monde du travail du futur. Les opinions sont très partagées. Le débat actuel tend à se polariser vers la disparition des emplois qualifiés ou de leur remplacement par de nouveaux métiers.²⁶⁶ Prenant une position extrême, R. Susskind avertit même d'une disparition de l'expertise, entièrement automatisée et disponible pour tous en ligne grâce à des algorithmes très performants.²⁶⁷

D'autres modèles moins pessimistes sont avancés. Ceux-ci opposent aux théories économiques traditionnelles une vision différente des emplois qualifiés du futur. L'IA y est considérée comme la nouvelle colonne vertébrale du marché du travail et les nouveaux emplois qualifiés interagissent avec elle à différents degrés. Ces métiers ne remplacent toutefois pas les anciens et requièrent tous une formation spécifiquement dédiée à l'IA.²⁶⁸

²⁶¹ Executive Office of the President & National Science and Technology Council Committee on Technology., *op. cit.*, p. 10-11.

²⁶² Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 71.

²⁶³ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 205.

²⁶⁴ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 205.

²⁶⁵ Treanor, J. (2015). *The 2010 "flash crash": how it unfolded*. Repéré à <https://www.theguardian.com/business/2015/apr/22/2010-flash-crash-new-york-stock-exchange-unfolded>

²⁶⁶ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 8.

²⁶⁷ Susskind, R., *op. cit.*, p. 221. et p. 303.

²⁶⁸ Wilson, H.J., Daugherty, P.R. et Morini-Bianzino, N. (2017). The Jobs That Artificial Intelligence Will Create. *MIT Sloan Management Review*, 58 (4), 14-16.

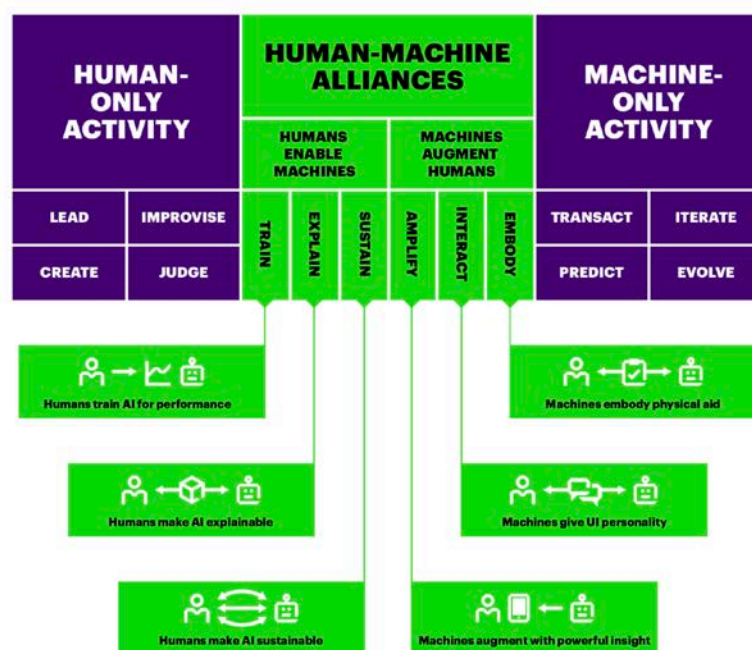


Tableau 4. Schéma de possibles alliances humaines-machines

Note. Les métiers augmentés contiennent un potentiel d'interactions entre les humains et les machines encore peu exploité. Dans ce schéma de P.R. Daugherty et H.J. Wilson, H.J.²⁶⁹, les métiers augmentés se trouvent intrinsèquement et dépendamment liés aux interactions entre les humains et les machines intelligentes. Ces alliances apparaissent bénéfiques aux deux parties, laissant aux hommes les tâches les plus cognitives et créatrices. Dans ce système, la défaillance ou la carence de la composante « humaine » ou « machine » entraînerait nécessairement la disparition de l'autre, et réciproquement.

Source : Accenture. (2018). Process Reimagined: Together, People and AI are Reinventing Business Processes from the Ground Up [version électronique]. Repéré à https://www.accenture.com/t20180424T033308Z_w_us-en/acnmedia/PDF-76/Accenture-Process-Reimagined.pdf

Selon le modèle le plus simple²⁷⁰ retenu par le White House Council of Economic Advisers (CEA)²⁷¹, les nouveaux emplois augmentés se présentent en trois branches en fonction de leurs implications dans le processus créatif de l'IA : les « *trainers* », les « *explainers* » et les « *sustainers* ». Les « *trainers* » enseigneront aux algorithmes d'IA comment imiter les comportements explicites humains (*meaning trainer*), tacites (*modelor*) et culturels (*global trainer*). Des emplois comme l'« *empathy trainer* », pour expliquer les émotions, s'y retrouveront également. Les « *explainers* » expliqueront le fonctionnement interne et les décisions prises par les algorithmes dans les entreprises (*transparency analyst*). Ils concevront aussi les algorithmes en fonction du contexte commercial et d'autres facteurs externes (*context designer*). Ces derniers seront aussi en mesure de déterminer si le développement de l'IA pour des applications spécifiques s'avère utile ou non (*AI usefulness strategist*). Enfin, les « *sustrainers* » se chargeront de la maintenance, de la promotion (*machine relations manager*) et de l'évaluation des systèmes d'IA (*automation economist*). Ils détiendront également une compétence éthique pour vérifier la bonne

²⁶⁹ Daugherty, Paul R. et Wilson, H.J. (2018)., *op. cit.*

²⁷⁰ Wilson, H.J., Daugherty, P.R. et Morini-Bianzino, N., *op. cit.*, p. 14.

²⁷¹ Executive Office of the President., *op. cit.*, p. 18-19.

application des normes morales et des valeurs humaines par les machines intelligentes (*automation ethicist*).²⁷²

Cette idée de proximité avec l'IA a été reprise dans le modèle proposé par le spécialiste T.H Davenport. Les « *stepping up* » se chargeront de prendre des décisions stratégiques et de management en fonction des résultats produits par l'IA.²⁷³ Les « *stepping aside* » constitueront la main-d'œuvre qualifiée chargée des tâches encore non automatisables par l'IA.²⁷⁴ Ceux chargés de la création et de la surveillance des logiciels IA sont désignés comme les « *stepping in* ». ²⁷⁵ Les « *stepping narrowly* » seront des professionnels ultraspécialisés évoluant dans des niches où l'automatisation par des algorithmes n'y sera pas rentable.²⁷⁶ Les « *stepping forward* » constitueront enfin la catégorie d'emplois qualifiés chargée de la création des nouveaux algorithmes intelligents.²⁷⁷

Au contraire, le cabinet Accenture (Tableau 4) distingue pour sa part les métiers qualifiés du futur en fonction de l'implication de l'IA dans les modèles économiques des entreprises. Outre les trois fonctions de base décrites par H. J. Wilson, P. R. Daugherty et N. Morini-Bianzino, Accenture y rajoute les « *amplifiers* », travailleurs chargés de créer des systèmes améliorés par les algorithmes.²⁷⁸ *Dreamcatcher* d'Autodesk s'inscrit par exemple dans ce modèle. Il s'agit d'un logiciel intelligent capable de générer des milliers de combinaisons de design en fonction des contraintes données par un utilisateur.²⁷⁹ Les « *interactors* » seront les métiers où l'IA servira de conseiller et d'adjoint pour accomplir les demandes de routine.²⁸⁰ Enfin, les « *embodiers* » caractériseront les métiers améliorés par l'IA dans leur précision d'exécution.²⁸¹ Les chirurgiens pourraient en faire partie par exemple.

Conclusion.

Les nombreuses percées de l'intelligence artificielle dans le monde des professions qualifiées ont modifié les tâches auxquelles les métiers étaient auparavant associés, poussant ces derniers à adopter des missions plus cognitives, créatrices de valeur.²⁸² À l'inverse, la prévisibilité et la répétition de certaines tâches conduisent à la disparition progressive des emplois qualifiés qui leur sont liés.²⁸³ L'extrême professionnalisation des sociétés contemporaines faciliterait également l'automatisation des emplois qualifiés.²⁸⁴

De nombreuses inquiétudes sont de nos jours soulevées. Des « CEO stars » aux scientifiques de renom, de nombreuses personnes réputées ont manifesté leurs craintes à l'encontre de l'IA. E. Musk, CEO de Tesla, déclarait en 2014 que l'IA représentait la « plus grande menace existentielle » de l'homme.²⁸⁵

²⁷² Wilson, H.J., Daugherty, P.R. et Morini-Bianzino, N., *op. cit.*, p. 15.

²⁷³ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 91.

²⁷⁴ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 108.

²⁷⁵ Davenport, T.H. et Kirby, J., *op. cit.*, p. 131.

²⁷⁶ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 154.

²⁷⁷ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 175.

²⁷⁸ Accenture., *Process Reimagined.*, p. 14.

²⁷⁹ Autodesk research. (2018). *Project Dreamcatcher*. Repéré à <https://autodeskresearch.com/projects/dreamcatcher>

²⁸⁰ Accenture., *op. cit.*, p. 15.

²⁸¹ *Ibid.*, *op. cit.*, p. 16.

²⁸² Frey, C.B. et Osborne, M.A., *op. cit.*, p. 27.

²⁸³ Autor, D.H. (2015)., *op. cit.*, p. 5.

²⁸⁴ Harari, Y. N., *op. cit.*, p. 346

²⁸⁵ Gibbs, S. (2014). *Elon Musk: artificial intelligence is our biggest existential threat*. Repéré à <https://www.theguardian.com/technology/2014/oct/27/elon-musk-artificial-intelligence-ai-biggest-existential-threat>

Non sans accent prophétique, le physicien S. Hawking ajoutait que « le développement de l'intelligence artificielle générale pourrait marquer la fin de la race humaine. »²⁸⁶ Toutefois, ces déclarations n'empêchent pas la dynamique mondiale actuelle dans la recherche d'une IA générale qui serait capable d'agir d'elle-même sur n'importe quel sujet, à l'image de l'être humain.

Pour protéger les salariés contre une immixtion toujours plus grande de l'IA, certaines solutions d'interdictions légales, plus ou moins réactionnaires, allant de quotas humains obligatoires dans les entreprises à une taxe sur les robots²⁸⁷ ont déjà été proposées. La création d'un label « fait par les humains », similaire à ceux existants pour l'alimentation biologique, est même avancée.²⁸⁸ Le débat politique autour de l'avenir des professionnels qualifiés est officiellement engagé. Le Ministère du Travail allemand a par exemple proposé la création de nouveaux droits sociaux dont un « droit pour un emploi futur » qui permettrait de garantir des opportunités d'apprentissage tout au long de la vie.²⁸⁹ Le Institute for Public Policy Research propose même la création d'un ministère "de la productivité et des compétences" chargé, entre autres, de la formation, de l'investissement privé dans la formation et de l'utilisation des compétences.²⁹⁰

Bibliographie

Abbatiello, A., Boehm, T., Schwartz, J., Chand., S. (2018). No-collar workforce. *Tech Trends 2018 The Synphonic Enterprise*, 24-40. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/technology-media-telecommunications/TechTrends-2018.pdf>

Accenture. (2018). Process Reimagined: Together, People and AI are Reinventing Business Processes from the Ground Up [version électronique]. Repéré à https://www.accenture.com/t20180424T033308Z_w_us-en/_acnmedia/PDF-76/Accenture-Process-Reimagined.pdf

Accenture. (2017). *Why is artificial intelligence important?* [version électronique]. Repéré à https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-54/Accenture-Artificial-Intelligence-AI-Overview.pdf

Acemoglu, D. et Autor, D.H. (2010). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. *Handbook of Labor Economics*, 4 (2), 1043-1171.

Ackerman, E. et Guizzo, E. (2011). 5 technologies that will shape the web. *IEEE Spectrum*, 48 (6), 40-45.

Alton, L. (2018). *Why The Gig Economy Is The Best And Worst Development For Workers Under 30*. Repéré à <https://www.forbes.com/sites/larryalton/2018/01/24/why-the-gig-economy-is-the-best-and-worst-development-for-workers-under-30/>

²⁸⁶ Cellan-Jones, R. (2014). *Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind*. Repéré à <https://www.bbc.com/news/technology-30290540>

²⁸⁷ Becker, M. (2016). Koch oder Kellner in der Arbeitswelt 4.0 – Wie arbeiten wir in der vernetzten Arbeitswelt der Zukunft?. *HR Performance-Businesspartner für Personalverantwortliche*, 62-64. Repéré à https://www.eoipso-beratung.de/media/download_gallery/Koch_oder_Kellner.pdf

²⁸⁸ Brynjolfsson, E. et McAfee, A., *The Second Machine Age*, p. 134.

²⁸⁹ Bundesministerium für Arbeit und Soziales. (2016). *Weissbuch Arbetien 4.0 Berlin*. Berlin, Deutschland : auteur.

²⁹⁰ Dromey, J., McNeil, C. et Roberts, C. (2017). *A skills 2030 report: Another lost decade? Building a skills system for the economy of the 2030s* [version électronique]. Repéré à <https://www.ippr.org/files/2017-07/another-lost-decade-skills-2030-july2017.pdf>

Aoun, J.E. (2016). *Higher education for the AI age: Let's think about it before the machines do it for us*. Repéré https://www.washingtonpost.com/news/grade-point/wp/2016/10/27/higher-education-for-the-ai-age-lets-think-about-it-before-the-machines-do-it-for-us/?utm_term=.d190f8da0e5d

Austin, T. (2010). *Watchlist: Continuing Changes in the Nature of Work, 2010-2020*. London, UK: Gartner.

Autodesk research. (2018). *Project Dreamcatcher*. Repéré à <https://autodeskresearch.com/projects/dreamcatcher>

Autor, D.H. (2014). Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth. *NBER Working Paper No. 20485*, 129-177. DOI: 10.3386/w20485

Autor, D.H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29 (3), 3-30.

Autor, D.H, Levy, F. et Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118 (4), 1279-1333.

Batty, M. et Kroll, A. (2009). *Automated Life Underwriting: A Survey of Life Insurance Utilization of Automated Underwriting Systems* [version électronique]. Repéré à <https://www.soa.org/research-reports/2010/research-automated-underwriting/>

Becker, M. (2016). Koch oder Kellner in der Arbeitswelt 4.0 – Wie arbeiten wir in der vernetzten Arbeitswelt der Zukunft?. *HR Performance- Businesspartner für Personalverantwortliche*, 62-64. Repéré à https://www.eoipso-beratung.de/media/download_gallery/Koch_oder_Kellner.pdf

Braverman, H. (1974). *Labor and Monopoly Capital. The Degradation of Work in the Twentieth Century*. New York City, USA: Monthly Review Press.

Brynjolfsson, E. et McAfee, A. (2011). *Race Against the Machines: How the Digital Revolution Is Accelerating Innovation, Driving Productivity, And Irreversibly Transforming Employment and The Economy* [version électronique]. Repéré à : <http://b1ca250e5ed661ccf2f1-da4c182123f5956a3d22aa43eb816232.r10.cf1.rackcdn.com/contentItem-5422867-40675649-ew37tmdujwhnj-or.pdf>

Brynjolfsson, E. et McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age* [version électronique]. Repéré à https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/622156/mod_resource/content/1/Erik-Brynjolfsson-Andrew-McAfee-Jeff-Cummings-The-Second-Machine-Age.pdf

Brzeski, C. et Fechner, I. (2018). *Die Roboter kommen: Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt* [version électronique]. Repéré à https://www.ing-diba.de/binaries/content/assets/pdf/ueber-uns/presse/publikationen/ing-diba-economic-analysis_roboter-2.0.pdf

Bundesministerium für Arbeit und Soziales. (2016). *Weissbuch Arbeit 4.0 Berlin*. Berlin, Deutschland : auteur.

Business Europe. (2011). *Plugging the skills gap the clock is ticking* [version électronique]. Repéré à <https://www.busseurope.eu/sites/buseur/files/media/imported/2011-00855-E.pdf>

Cellan-Jones, R. (2014). *Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind*. Repéré à <https://www.bbc.com/news/technology-30290540>

Davenport, T.H. (2005). *Thinking for a Living: How to Get Better Performance and Results from Knowledge Workers*. Boston, USA: Harvard Business School Press.

Daugherty, Paul R. et Wilson, H.J. (2018). *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*. Boston, USA: Harvard Business Review Press.

Davenport, T.H. et Kirby, J. (2016). *Only Humans Need Apply: Winners and Losers in the Age of Smart Machines*. Toronto, Canada: HarperCollins.

Deloitte. (2016). *Developing legal talent: Stepping into the future law firm* [version électronique]. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/audit/deloitte-uk-developing-legal-talent-2016.pdf>

Deloitte. (2014). *London Futures: Agiletown: the relentless march of technology and London's response* [version électronique]. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/uk-futures/london-futures-agiletown.pdf>

Deloitte. (2018). *Talent for survival: Essential skills for humans working in the machine age* [version électronique]. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/Growth/deloitte-uk-talent-for-survival-report.pdf>

Dickson, B. (2017). *Artificial intelligence creates new job opportunities*. Repéré à <https://www.scribd.com/article/349192011/Artificial-Intelligence-Creates-New-Job-Opportunities>

Dromey, J., McNeil, C. et Roberts, C. (2017). *A skills 2030 report: Another lost decade? Building a skills system for the economy of the 2030s* [version électronique]. Repéré à <https://www.ippr.org/files/2017-07/another-lost-decade-skills-2030-july2017.pdf>

Elliott, L. (2015). *Robots threaten 15m UK jobs, says Bank of England's chief economist*. Repéré à <https://www.theguardian.com/business/2015/nov/12/robots-threaten-low-paid-jobs-says-bank-of-england-chief-economist>

European Commission, Directorate-General for Communication Networks, Content and Technology. (2017). *A concept paper on digitisation, employability and inclusiveness* [version électronique]. Brussels, Belgique: auteur.

European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion. (2018). *Digitisation and Work: How Governments are Responding to Changing Labour Markets?* [version électronique]. Prague, République Tchèque: auteur.

Executive Office of the President. (2016). *Artificial Intelligence, Automation, and the Economy*. Washington, USA: auteur.

Flood, A. (2016). *Robots could learn human values by reading stories, research suggests*. Repéré à <https://www.theguardian.com/books/2016/feb/18/robots-could-learn-human-values-by-reading-stories-research-suggests>

Frey, C.B. et Osborne, M.A. (2013). *The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?*. Oxford, England: Oxford Martin Programme on Technology and Employment.

Fudge, J. et Owens, R. (2006). *Precarious Work, Women, and the New Economy: The Challenge to Legal Norms*. Sydney, Australia: Bloomsbury Publishing.

Gabbatt, A. (2011). *IBM computer Watson wins Jeopardy clash*. Repéré à <https://www.theguardian.com/technology/2011/feb/17/ibm-computer-watson-wins-jeopardy>

Gibbs, S. (2014). *Elon Musk: artificial intelligence is our biggest existential threat*. Repéré à <https://www.theguardian.com/technology/2014/oct/27/elon-musk-artificial-intelligence-ai-biggest-existential-threat>

Gillespie, P. (2017). *Intuit: Gig economy is 34% of US workforce*. Repéré à <https://money.cnn.com/2017/05/24/news/economy/gig-economy-intuit/index.html>

Goos, M., Konings, J. et Rademakers, E. (2016). *Future of work in the digital age: evidence from OECD countries* [version électronique]. Repéré à <https://www.randstad.gr/ugc/wf360/Randstad-Flexibility@work-2016.pdf>

Grabner, H., Gall, J. et Van Gool, L. (2011). What Makes a Chair a Chair?. *Computer Vision and Pattern Recognition 2011*, 1529-1536. DOI: 10.1109/CVPR.2011.5995327

Graeber, D. (2013). *On the Phenomenon of Bullshit Jobs: A Work Rant*. Repéré à <https://strikemag.org/bullshit-jobs/>

Harari, Y. N. (2017). *Homo Deus : Une brève histoire de l'avenir*. Paris, France: Éditions Albin Michel.

Institute for the Future. (2017). *The Next Era of Human | Machine Partnerships: New Report Explores Emerging Technologies' Impact on Society & Work in 2030* [version électronique]. Repéré à http://www.iftf.org/fileadmin/user_upload/downloads/th/SR1940_IFTFforDellTechnologies_Human-Machine_070717_readerhigh-res.pdf

Jaimovich, N. et Siu, H.E. (2012). *The Trend is the Cycle: Job Polarization and Jobless Recoveries*. Repéré à <http://www.nirjaimovich.com/assets/jpjr.pdf>

Lawrence, M., Roberts, C. et King, L. (2017). *Managing Automation: Employment, Inequality and Ethics in the Digital Age* [version électronique]. Repéré à <https://www.ippr.org/files/2017-12/cej-managing-automation-december2017-1-.pdf>

Lebowitz, S. (2015). *Every time you dial into these call centers, your personality is being silently assessed*. Repéré à <https://www.businessinsider.com/how-mattersight-uses-personality-science-2015-9>

Levy, F. et Murnane, R. J. (2004). *The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market*. Princeton, USA: Princeton University Press.

Mallard, S. (2018). *Disruption : Intelligence artificielle, Fin du salariat, Humanité augmentée*. Paris, France: Dunod.

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C. et Hung Byers, A. (2011). *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity* [version électronique]. Repéré à https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Big%20data%20The%20next%20frontier%20for%20innovation/MGI_big_data_exec_summary.ashx

Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P. et Marrs, A. (2013). *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy* [version électronique]. Repéré à https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Disruptive%20technologies/MGI_Disruptive_technologies_Full_report_May2013.ashx

Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. et Dewhurs, M. (2017). *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity Revolution* [version électronique]. Repéré à <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>.

Manyika, J., Lund, S., Bughin, J., Robinson, K., Mischke, J. et Mahajan, D. (2016). *Independent Work: Choice, Necessity, and the Gig Economy*. Repéré à <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Employment%20and%20Growth/Independent%20work%20Choice%20necessity%20and%20the%20gig%20economy/Independent-Work-Choice-necessity-and-the-gig-economy-Executive-Summary.ashx>

Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. et Sanghvi, S. (2017). *Jobs lost, Jobs gained: Workforce Transitions in a Time of Automation* [version électronique]. Repéré à <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Report-December-6-2017.ashx>

Markoff, J. (2011). *Armies of Expensive Lawyers, Replaced by Cheaper Software*. Repéré à <https://www.nytimes.com/2011/03/05/science/05legal.html>

Markoff, J. (2012). *Scientists See Promise in Deep-Learning Programs*. Repéré à <https://www.nytimes.com/2012/11/24/science/scientists-see-advances-in-deep-learning-a-part-of-artificial-intelligence.html>

McGowan, H.E. (2017). *Preparing Students to Lose Their Jobs*. Repéré à <https://www.linkedin.com/pulse/preparing-students-lose-jobs-heather-mcgowan/>

Mims, C. (2010). *AI That Picks Stocks Better Than the Pros*. Repéré à <https://www.technologyreview.com/s/419341/ai-that-picks-stocks-better-than-the-pros/>

Morath, E. (2016). *Gig Economy Attracts Many Workers, Few Full-Time Jobs*. Repéré à <https://blogs.wsj.com/economics/2016/02/18/gig-economy-attracts-many-workers-few-full-time-jobs/>

Morgan, S. (2016). *Cybersecurity Unemployment Rate Drops To Zero Percent*. Repéré à <https://cybersecurityventures.com/cybersecurity-unemployment-rate/>

Hoos, H.H. (2012). Programming by optimization. *Communications of the ACM*, 55 (2), 70-80.

Novet, J. (2017). *Google has slashed its speech recognition word error rate by more than 30% since 2012*. Repéré à <https://venturebeat.com/2017/01/11/google-has-slashed-its-speech-recognition-word-error-by-more-than-30-since-2012/>

Otake, Tomoko. (2016). *IBM big data used for rapid diagnosis of rare leukemia case in Japan*. Repéré à https://www.japantimes.co.jp/news/2016/08/11/national/science-health/ibm-big-data-used-for-rapid-diagnosis-of-rare-leukemia-case-in-japan/#.W19H_C8ZNbU

Picton, G. (2014). *Study shows promise in automated reasoning, hypothesis generation over complete medical literature*. Repéré à <https://www.bcm.edu/news/research/automated-reasoning-hypothesis-generation>

Pierce, D., Shilling, M. et Danson, F. (2015). *Amplified intelligence: Power to the people*. Repéré à <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/tech-trends/2015/tech-trends-2015-amplified-intelligence.html>

Plötz, T. et Fink, G.A. (2009). Markov models for offline handwriting recognition: a survey. *International Journal on Document Analysis and Recognition*, 12 (4), 269-298.

Popper, N. (2016). *The Robots Are Coming for Wall Street*. Repéré à <https://www.nytimes.com/2016/02/28/magazine/the-robots-are-coming-for-wall-street.html?smprod=nytcore-ipad&smid=nytcore-ipad-share>

Rose, D. (2017). *Who Will Teach Our Machines Right from Wrong?*. Repéré à <https://www.linkedin.com/pulse/who-teach-our-machines-right-from-wrong-doug-rose/>

Scherer, K. R., Bänziger, T. et Roesch, E. B. (2010). *Blueprint for Affective Computing: A Sourcebook and Manual*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Schwartz, J., Collins, L., Stockton, H., Wagner, D. et Walsh, B. (2017). The future of work: The augmented workforce. *Rewriting the rules for the digital age 2017 Deloitte Global Human Capital Trends*, 119-127. Repéré à <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/human-capital/hc-2017-global-human-capital-trends-us.pdf>

Smykal, E. (2016). *Flexible Jobs: How the Gig Economy Is Impacting Recruiting*. Repéré à <https://www.jibe.com/blog/what-recruiters-should-know-about-flexible-jobs-today/>

The Financial times. (2014). *Goldman Sachs leads \$15m financing of data service for investors*. Repéré à <https://www.ft.com/content/db9e08b2-71d7-11e4-9048-00144feabdc0>

The Financial Times. (2016). *US Researchers Enter the Cutting Edge with First Robot Surgeon*. Repéré à <https://www.ft.com/content/d23c7a4e-11d9-11e6-91da-096d89bd2173>

Susskind, R. (2015). *The Future of the Professions: How Technology Will Transform the Work of Human Experts*. Oxford, UK: OUP Oxford.

Treanor, J. (2015). *The 2010 “flash crash”: how it unfolded*. Repéré à <https://www.theguardian.com/business/2015/apr/22/2010-flash-crash-new-york-stock-exchange-unfolded>

UK Commission for Employment and Skills (UKCES). (2014). *The Future of Work: Jobs and skills in 2030* [version électronique]. Repéré à https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/thefutureofwork.pdf

Veres, S. M., Molnar, L., Lincoln, N. K. et Morice, C. P. (2011). Autonomous vehicle control systems – a review of decision making. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I. Journal of Systems and Control Engineering*, 225 (2), 155-195.

Villani, C. (2018). *Donner un sens à l'intelligence artificielle. Pour une stratégie nationale et européenne*. Paris, France : auteur.

Vincent, J. (2017). *Tencent says there are only 300,000 AI engineers worldwide, but millions are needed*. Repéré à <https://www.theverge.com/2017/12/5/16737224/global-ai-talent-shortfall-tencent-report>

Wakeham, W. (2016). *Wakeham review of STEM degree provision and graduate employability* [version électronique]. Repéré à https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/518582/ind-16-6-wakeham-review-stem-graduate-employability.pdf

Wiener, N. (1950). *The Human Use of Human Beings*. Boston, USA: Houghton, Mifflin Company.

Wilson, H.J., Daugherty, P.R. et Morini-Bianzino, N. (2017). The Jobs That Artificial Intelligence Will Create. *MIT Sloan Management Review*, 58 (4), 14-16.

Wisskirchen, G., Thibault Biacabe, B., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G.J. et von Brauchitsch, B. (2017). *Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace* [version électronique]. Repéré à

https://www.ibanet.org/LPD/Human_Resources_Section/Global_Employment_Institute/Projects.aspx

World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution* [version électronique]. Repéré à

http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

Yusuf, S. (2017). *Can the New World of Work be Rendered Inclusive?* [version électronique].

Repéré à <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/11/new-world-of-work-brief.pdf>