



Revue bibliographique

Valérie Rocchi, laboratoire G-SCOP
Jocelyn Vert, Christine Horard, Chorège
Jérôme Bertin, Eliette Darnaud, ARACT

Sommaire

Revue bibliographique p.2

Fiches de lecture p.10

- *A discussion of qualifications and skills in the Factory of the Future: A German and American perspective*, VDA-ASME, 2015
- *A future that works: automation, employment and productivity*, McKinsey & Company, 2017
- *Automatisation et travail indépendant dans une économie numérique*, OCDE, 2016
- *Automatisation et travail. Utopies, réalités, débats. Des années cinquante aux années quatre-vingt-dix*, C. du Tertre, G. Santilli, 1992
- *Automatisation, numérisation et emploi. Les impacts sur le volume, la structure et la localisation de l'emploi -Tome 1*, Conseil d'Orientation pour l'Emploi, 2017
- *Automatisation, numérisation et emploi. L'impact sur les compétences - Tome 2*, Conseil d'Orientation pour l'Emploi, 2017
- *Automatisation, numérisation et emploi. L'Impact sur le travail – Tome 3*, Conseil d'Orientation pour l'Emploi, 2017
- *Conditions de travail, organisation du travail et usages des TIC selon les métiers. Une exploitation de l'enquête conditions de travail*, Centre d'Analyse Stratégique, 2013
- *Consequences of Industry 4.0 on Human labour and work organisation*, Journal of Business and Media Psychology, 2015
- *Des robots et des hommes. Pour une vision confiante de la logistique 2025*, Roland Berger, 2016
- *Du rôle des TIC dans la transformation digitale de l'activité et de la santé au travail*, M-E Bobillier Chaumon, La revue des conditions de travail, 2017
- *L'effet de l'automatisation sur l'emploi : ce que l'on en sait et ce qu'on ignore*, France Stratégie, 2016
- *Man and machine in Industry 4.0. How will technology transform the industrial workforce through 2025?* Boston Consulting Group, 2016
- *Modes et méthodes de production en France en 2040 : quelles conséquences pour la santé et la sécurité au travail ?* INRS, 2016
- *Mutations industrielles et évolutions des compétences*, Les Synthèses de la Fabrique, 2016
- *Numérique et emploi : quel bilan ?* Les synthèses de La Fabrique, 2017
- *Numérisation de l'économie et transformations du travail*, M. Loriol, Cahiers Français, 2017
- *Progrès technique et mutations du travail : hier et aujourd'hui*, D. Meurs, Cahiers français, 2017
- *Skill shift. Automation and the future of the workforce*, McKinsey & Company, 2018
- *Structural transformation in the OECD: digitalisation, deindustrialization and the future of work*, T. Berger, C. Frey, OECD, 2016
- *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, C. B Frey and M A. Osborne, 2013
- *The future of jobs report*, World Economic Forum, 2018
- *The risk of automation for Jobs in OECD Countries. A comparative analysis*, OECD, 2016
- *Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the Fourth Industrial Revolution Technology*, D. Romero, T. Wuest, J. Stahre, A. AB Fasth, 2016
- *Travail industriel à l'ère du numérique. Se former aux compétences de demain*, La Fabrique de l'Industrie, 2016

- *Upskilling European industry: new operational tools wanted. Recommendations of the Strategic Policy forum on Digital Entrepreneurship*, European Commission, July 2016
- *Why are still so many jobs? The history and future of workplace automation*, D. H. Autor, *Journal of Economic Perspectives*, 2015

Introduction

En avril 2013, un rapport rédigé par l'industrie allemande se diffuse très rapidement dans l'ensemble des pays dits industrialisés qui fera date pour le renouveau de l'industrie européenne¹. Ce rapport développe un nouveau concept appelé « Industrie 4.0 » ou « Quatrième révolution industrielle » en référence aux trois précédentes révolutions industrielles caractérisées par des innovations technologiques : la machine à vapeur, l'électricité et la micro-électronique. Industrie 4.0 est un paradigme industriel fondé sur de nouvelles sources de création de valeur liées à l'exploitation des données produites dans l'ensemble du système de production intégrant la chaîne de valeur et les consommateurs. A l'instar des précédentes révolutions industrielles principalement caractérisées par leurs innovations technologiques, Industrie 4.0 se définit par la convergence de nouvelles technologies numériques pour les systèmes productifs, de technologies avancées de production et de réseaux de télécommunications de grande envergure permettant de stocker et d'analyser des milliards d'information. Depuis lors, la plupart des pays dits industrialisés ont réalisé des programmes de soutien à la transformation de leurs industries et des milliers de pages ont été publiées sur le sujet.

Le concept de quatrième révolution industrielle a de fait été principalement abordé sous un angle technologique. La convergence entre technologies avancées de production, nouvelles technologies numériques et technologies pour les réseaux internet nouvelle génération complexifient les systèmes de production ce qui justifie ce focus sur la dimension technologique. Cela étant, la question des hommes et des femmes constituant les systèmes de production a émergé assez rapidement même si certains prédisaient des usines sans opérateurs, entièrement automatisées, grâce aux progrès de la robotique et de l'intelligence artificielle.

Pourtant le déploiement d'industrie 4.0 dans les entreprises n'a pas conduit à une disparition des hommes et des femmes pour les faire fonctionner. En revanche, cela soulève de nombreuses questions : comment ces nouvelles technologies impactent-elles le travail, son organisation, les compétences et les qualifications ? Améliorent-elles la performance de l'entreprise ? Au détriment des hommes et des femmes ou à leur bénéfice ? Comment prendre en compte le « facteur humain » pendant le processus de transformation d'une entreprise vers Industrie 4.0 ? Quel type d'accompagnement les pouvoirs publics doivent-ils mettre en place pour soutenir les entreprises ?

Ce sont ces questions qui ont précisément présidées au montage du projet *Industrie 4.h*. Ce projet regroupe trois partenaires : un laboratoire de recherche, G-SCOP, sur l'organisation industrielle, Chorège, un cabinet de consultant sur la performance industrielle et l'Agence Régionale d'Amélioration des Conditions de Travail en Auvergne Rhône-Alpes. Il vise à analyser l'impact des nouvelles technologies 4.0 sur le travail entendu ici au sens large (emploi, compétences, conditions de travail, ...).

¹ Acatech, Forschungs Union, 2013, *Securing the future of German Manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0.*

Ce document présente la revue bibliographique du projet qui a permis d'une part de faire un état des lieux des travaux déjà réalisés et d'autre part de les caractériser et d'analyser leurs apports et leurs limites pour enfin concevoir le cadre de recherche du projet Industrie 4.h.

Périmètre, méthodologie et type de sources

L'impact des nouvelles technologies 4.0 sur les hommes et les femmes est une question qui peut être traitée au sein de plusieurs disciplines : ergonomie, génie industriel, psychologie du travail, sociologie voire par la philosophie ! Elle implique également plusieurs types d'acteurs : industriels, académiques, consultants, décideurs politiques. Le nombre de documents (écrits, web, vidéos) peut donc devenir très vite conséquent et de fait peu pertinent.

Dans le cadre de ce travail, l'objectif principal était d'identifier les grandes thématiques qui structurent la question, les méthodologies utilisées et les premiers résultats à ce jour. De manière générique, la question de l'impact du numérique sur le travail et son organisation a été bien traitée dans la littérature et ce depuis le milieu des années quatre-vingt-dix. Deux grandes limites à ces travaux surgissent d'emblée. La première limite concerne les technologies numériques étudiées qui sont principalement l'internet, la messagerie électronique et les ERP ; la seconde limite est celle des secteurs étudiés qui sont très majoritairement celui des services. Ces travaux présentent un intérêt certain mais ne sont pas en prise directe avec notre sujet à savoir l'industrie du futur et ses conséquences sur le travail industriel.

Le travail de recherche bibliographique s'est donc concentré sur des documents traitant des relations entre Industrie du futur et ses technologies, et le travail et l'emploi en industrie. Il a été retenu des documents écrits de bonne qualité et consistant dans l'argumentation. Compte-tenu des enjeux, toutes les approches ont été examinées.

La recherche bibliographique a amené à une sélection de 27 documents en langue française et en langue anglaise qui se répartissent ainsi :

- 13 documents scientifiques
- 8 documents produits par des institutions publiques, dites « policy makers »
- 4 documents produits par des cabinets de consultants
- 4 documents produits par des organisations pilotées par l'industriel (syndicats professionnels, groupe de réflexion, ...)

Apports et limites de la littérature

La question de l'impact des technologies pour l'industrie du futur est traitée principalement selon quatre grands axes :

- Les impacts sur l'activité de travail
- Les impacts sur l'emploi, les compétences et la formation

- Les impacts sur la performance économique de l'entreprise
- Le rôle de l'organisation industrielle et de travail

Chacun de ces axes amènent des résultats et des pistes de travail qui sont détaillées ci-dessous.

Le premier résultat commun à l'ensemble de ces publications est très clair et très marquant :

1. L'impact des technologies pour l'industrie du futur et en particulier l'automatisation, est plutôt positif que ce soit sur le travail, l'emploi, les compétences ou la performance.
2. Les évolutions sont très difficiles à prévoir compte-tenu des nombreux facteurs qui entrent en ligne de compte. Néanmoins, l'impact positif ou négatif semble dépendant des choix organisationnels (industriels et de travail) qui seront faits au sein des entreprises et non pas des seules technologies qui y seront implantées.

Ces résultats, bien que très intéressants, doivent être nuancés à l'aune des méthodologies mises en œuvre. Ils sont issus, pour la quasi-totalité des publications, d'approches méthodologiques « macro » et plutôt « top-down ». Cela signifie que les analyses sont issues, le plus souvent, de grandes enquêtes quantitatives et se situent sur des périodes assez longues pour une mise en perspective historique. Les données d'entreprise sont transectorielles et ne tiennent pas compte des caractéristiques spécifiques des organisations. Elles sont « top down » car elles s'appuient sur les modèles théoriques de ce qu'est l'industrie du futur et ne tiennent pas compte des configurations organisationnelles possibles selon la stratégie et le business model de l'entreprise. Enfin, lorsque les résultats s'appuient sur des enquêtes qualitatives, il s'agit essentiellement de déclarations de dirigeants qui ne sont pas vérifiées par des données objectives.

Ces limites méthodologiques étant posées, il est possible de détailler chacun des axes et d'en lister les apports.

1. Les impacts sur l'activité de travail

L'ensemble des publications s'accordent à reconnaître que les nouvelles technologies 4.0 ont et auront un impact sur l'activité de travail. Ces affirmations s'appuient sur des mises en perspective historiques (les précédentes révolutions technologiques ont fait évoluer le travail) et des entretiens qualitatifs auprès de dirigeants et décideurs politiques.

Trois impacts sont identifiés.

- a. Le premier concerne le contenu des tâches. On passerait de tâches de production proprement dites à des tâches de surveillance et de pilotage de systèmes complexes. L'opérateur perdrait alors le contact avec le produit pour se concentrer davantage sur les machines qui fabriquent le produit.
- b. Le second concerne le rapport au collectif. L'opérateur est amené de par ses nouvelles tâches de pilotage et de surveillance de la qualité à développer plus d'interactions avec d'autres fonctions au sein de l'entreprise. Plutôt que d'être

seul, affecté à une tâche parcellisée, l'opérateur contribue de manière collective à la réalisation d'un process tout en étant garant de sa qualité.

- c. Le troisième concerne la diversité des tâches. La complexité des nouveaux systèmes productifs nécessitant de surcroît des interactions fortes et régulières avec les autres fonctions de l'entreprise amène à un élargissement des tâches réalisées par un même opérateur.

N'étant pas fondées sur des travaux de terrain, ces études restent assez superficielles d'un point de vue descriptif.

2. Les impacts sur l'emploi, les compétences et la formation

Cette question est le point d'entrée principal des analyses actuelles sur les liens entre Industrie 4.0 et travail. Les débats et les craintes autour de la disparition des emplois sont consubstantielles au mode de production industriel. De nombreuses publications commencent par rappeler ce point en faisant référence au mouvement des Luddites (18^{ème} siècle en Angleterre) qui détruisaient les premiers métiers à tisser mécaniques.

La question de l'impact sur l'emploi

L'étude phare de Frey et Osborne² qui concluait que 47% des emplois américains étaient automatisables et donc amenés à disparaître a réveillé les craintes autour des impacts des innovations technologiques. Elle a été beaucoup commentée.

A la suite de cette première étude, plusieurs auteurs ont repris l'analyse en s'appuyant sur des données macro-économiques produites sur des périodes assez longues (20 à 50 ans). Leurs conclusions sont bien différentes : l'automatisation ne détruit pas in fine des emplois. S'il y a pu avoir des disparitions, elles sont compensées par des créations d'emplois par ailleurs, dans le même secteur ou dans des secteurs proches. Cela dépend de mécanismes économiques complexes liés à l'élasticité de l'offre de travail et à l'effet rebond qui conduit à une augmentation de la consommation et donc des créations d'emplois. Plus encore, un emploi est constitué de tâches différentes qui toutes ne sont pas automatisables. De fait, il est impossible de déduire qu'un emploi est automatisable ou non. En revanche, les emplois vont évoluer puisque les tâches qui les constituent changent. Des études récentes avancent plutôt un chiffre autour de 10% d'emplois menacés par l'automatisation et ce d'autant plus que le nombre d'emplois ayant des tâches automatisables, c'est-à-dire routinières et peu complexes, sont en constante diminution dans les pays dit industrialisés.

En revanche, un effet sur lequel s'accorde la plupart des auteurs est la question de la polarisation de l'emploi. Cet effet est observé depuis une vingtaine d'années. Il se traduit par une nette augmentation des emplois nécessitant de fortes capacités cognitives à même de traiter des problèmes complexes, des compétences techniques pointues et de fortes capacités d'adaptation à des environnements changeants, au détriment des emplois intermédiaires moins complexes et plus routiniers. Par ailleurs, se développent des emplois moins qualifiés mais non routiniers nécessitant des interactions régulières et de fortes capacités relationnelles. Cette polarisation de

² C.B Frey, M.A Osborne, *The future of employment : how susceptible are jobs to computerisation*, 2013

l'emploi s'accompagne d'une polarisation des salaires. Le lien avec les innovations technologiques est cependant plus difficile à démontrer. En revanche, ces deux catégories d'emplois, à chacune des extrémités, se caractérisent par des tâches non routinières faisant appel à des compétences transverses (soft skills) ce qui les mettraient à l'abri de l'automatisation. En revanche, les emplois intermédiaires seraient fortement touchés. En industrie, ce seraient les emplois d'opérateurs et de techniciens.

La question de l'impact sur les compétences

Partant du constat que les technologies 4.0 transforment les contenus de travail, de nombreuses études s'attachent à recenser les nouvelles compétences requises. Trois principaux types de compétences sont recensés :

- Des compétences expertes pour concevoir et fabriquer ces systèmes technologiques complexes ;
- Des compétences techniques pour les piloter, les maintenir et les faire évoluer ;
- Des compétences dites transverses pour manager ces nouvelles compétences, développer le travail collectif, s'adapter en permanence aux évolutions, apprendre à apprendre, etc.

Ces constats sont largement partagés. Ils sont fondés sur diverses sources de données (enquête quantitative et qualitative auprès des dirigeants,) ou déduite à partir d'un modèle théorique d'Industrie 4.0 (approche top-down). Ils concernent les opérateurs mais également les managers qui voient leur fonction évoluer puisqu'ils auront à encadrer des opérateurs plus autonomes, plus qualifiés et plus polyvalents. Certaines études tentent de recenser dans le détail les compétences techniques nécessaires en particulier autour du numérique et de l'exploitation des data dans une perspective de gestion prévisionnelle des compétences et des emplois.

La question de l'impact sur la formation

En lien avec les deux premiers sous-thèmes, la question de la formation et du rôle des décideurs politiques est centrale. Partant des constats précédents, les auteurs émettent des recommandations en termes de mise en place de contenus de formation, de dispositifs de formation et de pratiques pédagogiques innovantes.

Classiquement il s'agit de développer des formations techniques pour concevoir, fabriquer, piloter et maintenir ces systèmes productifs complexes. Les dispositifs de formation doivent intégrer l'apprentissage tout au long de la vie avec des installations industrielles implantées en milieu universitaire et des enseignements réalisés directement sur site industriel. Les nouvelles formes de pratiques pédagogiques s'appuient sur les technologies numériques et privilégient les interactions entre monde académique et monde industriel.

Le rôle des décideurs politiques pour soutenir ces nouvelles formations est essentiel pour la plupart des auteurs. La Commission européenne notamment s'est saisie de la question et plaide pour la mise en place de programmes d'envergure transnationaux.

3. Les impacts sur la performance de l'entreprise

Cette question n'est pas traitée directement dans les publications. Elle résulte de manière indirecte d'un calcul sur le ROI des technologies 4.0. En effet, la plupart auteurs partent du postulat que l'implémentation de ces nouvelles technologies apportent nécessairement des gains de productivité pour l'entreprise mais la démonstration n'est pas réellement faite ou sous forme d'extrapolations de données économiques existantes.

En revanche, aucune étude ne s'intéresse à la performance du couple Homme/Machine. Un opérateur assisté par une technologie 4.0 fait-il mieux ou moins bien son travail que sans assistance technologique ? Quels sont les indicateurs de cette performance ? Comment les mesurer ? A ces questions, il n'y a pas de réponse dans les publications actuelles.

4. Rôle de l'organisation industrielle et de l'organisation de travail

Ces deux thèmes sont traités indirectement dans les publications. En effet, compte-tenu des incertitudes sur les impacts et surtout l'impossibilité de déterminer une relation de cause à effet entre innovations technologiques et transformation positive ou négative du travail, ce qu'on appelle classiquement le « déterminisme technologique », les auteurs réintroduisent in fine la question de l'organisation du travail et de l'organisation industrielle.

L'organisation du travail

Le constat est fait que l'Industrie 4.0 requiert de nouvelles formes d'organisation du travail. La polyvalence, la poly-compétence, la flexibilité, le travail collectif, l'autonomie seraient caractéristiques des systèmes de production 4.0. Cela nécessiterait de nouvelles organisations du travail moins hiérarchiques, transverses aux organisations et entre les organisations. Dans l'étude menée par le Conseil d'Orientation pour l'Emploi³, il est observé un lien entre numérisation de l'entreprise et organisation du travail décentralisée. Ce lien s'accroît avec la taille de l'entreprise. Mais il n'y a pas de déterminisme technologique et plusieurs dispositifs organisationnels coexistent au sein d'une même entreprise. Si le rapport du COE met en évidence les effets positifs des usages des innovations technologiques sur l'intérêt pour son travail, d'autres auteurs constatent que lorsque l'implémentation de technologies est uniquement guidée par des choix centrés sur l'augmentation de la productivité et non pas les conditions de travail, on assiste à une intensification du travail et à une perte de sens.

Les effets des technologies dépendraient in fine des objectifs que l'organisation leur donne et des modes d'organisation déployés. Elles dépendraient également beaucoup des usages préexistants. Cela étant, rien n'est dit sur les systèmes de reconnaissance, les nouvelles grilles de qualification, les politiques salariales, les évolutions de carrières en lien avec la montée en compétences requise.

³ COE, *Automatisation, numérisation et emploi. L'impact sur le Travail*, Tome 3, Déc. 2017.

L'organisation industrielle

A l'instar de l'organisation du travail ce n'est pas un thème qui est traité. La vision étant plutôt structurée par une approche d'adaptation de l'homme aux technologies, la question de l'organisation industrielle à mettre en place pour soutenir l'activité de travail assistée par des technologies 4.0 n'est jamais évoquée.

Néanmoins, un auteur s'essaie à qualifier les activités de travail assistées par des technologies 4.0. Quatre types d'opérateurs 4.0 sont identifiés et les tâches décrites⁴. Un modèle de systèmes cyber-physiques articulant humain et technologies virtuelles (jumeau numérique) est présenté. Il n'est pas précisé si ces configurations théoriques ont été testées en milieu industriel. Cela donne une certaine représentation au concept.

Une autre approche ouvre des pistes de travail intéressantes. Il s'agit d'un ouvrage portant sur la troisième révolution industrielle⁵. Les auteurs prennent en considération les évolutions de l'environnement économique de la fin des années 60'. La production de masse évolue vers un régime de renouvellement permanent et rapide des produits. Cela impacte nécessairement les organisations industrielles, ce que les auteurs appellent la crise du « régime fordien » qui était la configuration productive de la production de masse. Mais la nouvelle phase de production industrielle ne s'accompagnerait pas d'une nouvelle configuration productive mais plutôt de plusieurs types de configurations productives marquées par les choix de politique industrielle et des dispositifs socio-organisationnels spécifiques. Pour les auteurs, l'arrivée de nouvelles technologies n'est pas déterminante dans la construction de ces modèles mais elle est l'occasion de construire de nouveaux choix organisationnels.

Les organisations, industrielle et de travail, dans un environnement 4.0 sont encore à construire et aucune publication n'est allée plus loin que le constat de leur rôle important voire déterminant des effets positifs ou négatifs des innovations technologiques 4.0 sur le travail.

Conclusion

Cette revue bibliographique a permis d'identifier les points importants qui sont venus nourrir notre question de départ et nous ont permis de construire notre cadre de recherche.

Les points importants sont :

- Il n'y a pas de déterminisme technologique ni positif ni négatif ;
- Les innovations technologiques ont eu un effet plutôt positif sur l'emploi et le travail d'un point de vue « macro » ;

⁴ D. Romero, T. Wuest, J. Stahre, A. Fasth, "Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the Fourth industrial revolution technology", Conference paper, 2016

⁵ C. du Tertre, G. Santilli, *Automatisation et travail. Utopies, réalités, débats. Des années cinquante aux années quatre-vingt-dix*, PUF, 1992.

- Les innovations technologiques 4.0 transforment le contenu de l'activité de travail et les métiers ;
- Les innovations technologiques 4.0 requièrent de nouvelles compétences plus techniques, cognitives, transverses et non routinières ;
- Les organisations, industrielles et de travail, ont un rôle très important à jouer pour la réussite de la transformation industrielle.

Elle a permis également d'identifier les limites et les points non traités. Cela a nourri naturellement la construction du cadre de recherche.

Les points non traités sont :

- La qualité de vie au travail et les conditions de travail
- Les systèmes de reconnaissance et les évolutions de carrière
- La performance économique, sociale et environnementale de ces nouveaux systèmes productifs

Par ailleurs, le manque d'études de terrain est un résultat tout à fait intéressant qui incite à aller voir comment cela se passe concrètement in situ au-delà des approches « macro » et « top-down » intéressantes mais nécessairement limitées.

Cette revue bibliographique a été réalisée en 2017/2018. Elle devra être réactualisée en continu pour garder sa pertinence.



Fiches de lecture

A discussion of qualifications and
skills in the Factory of the future: A German and American
perspective

VDI - ASME

White paper – April 2015, 25p.

- Source : industriel

- Type : livre blanc

- Mots clés : industrie 4.0 – travail - emploi

- Synthèse

Les auteurs (jeunes ingénieurs allemands et américains) analysent l'impact des innovations industrielles sur la place de l'homme dans l'industrie de demain. Ils retracent les transformations pour chaque révolution industrielle à partir des innovations technologiques. La quatrième révolution industrielle a un impact sur la manière dont le travail est réalisé et sur les compétences requises. Ils proposent une approche sous la forme d'un outil qui permettraient d'identifier les compétences nécessaires à partir de la configuration industrielle globale et des tâches du poste. Un tableau présente un ensemble de compétences techniques et transversales identifiées à partir de cet outil. Puis une analyse des systèmes de formation allemand et américain est présenté. Ce qui amène les auteurs à concevoir une matrice de compétences et de modules de formation allant de la formation initiale à la formation continue en passant par l'apprentissage. Un ensemble de recommandations est donné in fine.

-Intérêt

L'étude se veut à finalité pratique avec des propositions concrètes. La comparaison entre Allemagne et USA est intéressante. L'approche est néanmoins top down et fondée sur aucune étude de terrain. Elle ne tient pas compte des spécificités des entreprises (taille, secteur, etc...). Cela reste très théorique.

A future that works: automation, employment and productivity

McKinsey & Company

McKinsey global Institute - Janv. 2017, 55p.

- Source : consultants

- Type : rapport

- Mots clés : automation – digital – work - employment

- Synthèse

L'objectif de l'étude est l'analyse du potentiel de l'automatisation, des facteurs déterminants de son adoption et son impact économique associé. Moins de 5% des postes seraient entièrement automatisables mais tous les autres sont composés de tâches susceptibles d'être automatisées. Le processus sera long et dépendra de cinq facteurs en particulier : la faisabilité technique, le coût de développement et de déploiement des solutions, la dynamique du marché du travail, les bénéfices économiques, la réglementation et l'acceptation sociale. On s'attend plutôt à un déficit de main d'œuvre plutôt qu'à un chômage de masse. L'automatisation aura un fort impact sur la nature du travail : les salariés effectueront des tâches complémentaires aux machines et vice-versa. Cela aura un impact certain sur l'organisation globale de l'entreprise, la structure et les bases de la compétition entre industries ainsi que les business models. Cela demande en conséquence une évolution certaine des politiques publiques en matière de formation pour accompagner les transformations du travail. L'étude se base sur un modèle développé en interne qui permet d'évaluer le degré d'automatisation de 2000 activités de travail réalisées dans environ 800 emplois. Chacune des activités de travail combine 18 aptitudes (capabilities). A partir de là sont calculés le nombre d'activités qui seraient le plus impactés par l'automatisation. Malgré cela le potentiel de l'automatisation reste très élevé car il permettrait de compenser les tendances démographiques telles que le vieillissement de la population et la diminution de la main d'œuvre. L'étude conclut cependant que le processus prendra plusieurs décennies et que compte-tenu des multiples facteurs, les scénarios sont très ouverts. Les dirigeants, les salariés et les pouvoirs publics doivent cependant se préparer dès à présent à faire face aux transformations que va subir le travail en faisant évoluer leurs pratiques et en anticipant les évolutions de compétences.

- Intérêt

Le sujet étant abordé de manière très macro, les apports restent très théoriques. La tentative de modélisation du déploiement de l'automatisation se heurte à tout un tas de facteurs susceptibles de donner des configurations très différentes in fine. La variabilité des entreprises et des secteurs est telle qu'il est impossible de construire un modèle robuste.

Automatisation et travail indépendant dans une économie numérique

Synthèses sur l'avenir du travail – Editions OCDE – Mai 2016, 5p.

- Source : policy makers

- Type : note de synthèse

- Mots clés : numérisation – emploi - travail

- Synthèse

La note s'intéresse aux effets des technologies sur l'emploi. Bien que l'innovation technologique soit en général corrélée positivement à l'emploi, l'IA et le développement du numérique remettent en question les emplois hautement répétitifs. Il en résulte une polarisation de l'emploi avec une hausse de la demande pour des emplois hautement qualifiés et faiblement qualifiés non répétitifs. Les emplois intermédiaires répétitifs sont en nette diminution dans tous les pays. L'impact sur l'emploi serait limité. Selon une étude réalisée par l'OCDE, seuls 9% des emplois seraient menacés. Ces derniers comportent au moins 70% de tâches automatisables. En revanche un grand nombre d'emplois comportant environ 50 à 70% de tâches automatisables verront leur contenu fortement évoluer. Il y aurait également un effet indirect de la technologie grâce aux gains de productivité obtenus. Selon certaines estimations, chaque emploi créé dans le secteur de la haute technologie entraîne la création d'environ 5 emplois complémentaires. Il y a également la nécessité de vérifier l'adoption réelle des technologies au-delà des possibilités théoriques. Les évolutions dans le contenu du travail vont avoir un impact sur la structure des professions. Il sera plus difficile, si rien n'est fait, pour un salarié de type intermédiaire de rejoindre le groupe des salariés hautement qualifiés. La numérisation c'est aussi le développement de l'économie à la demande (travail ponctuel indépendant) qu'il est plus difficile d'évaluer en raison d'un manque de données fiables.

- Intérêt

Le format, la note de synthèse, permet une approche rapide du sujet. Elle reste focalisée sur des effets macro-économiques sur l'emploi.

Automatisation et travail. Utopies, réalités, débats.
Des années cinquante aux années quatre-vingt-dix

C. du Tertre – G. Santilli

PUF - 1992, 176p.

- Source : académique

- Type : ouvrage

- Mots clés : automatisation – travail – flexibilité – innovation technologique

- Synthèse

L'ouvrage a été écrit dans le contexte de la révolution 3.0 avec l'introduction de la micro-informatique à grande échelle et le développement de la robotique dans les systèmes de production. Des débats autour de la disparition du travail et du remplacement de l'homme par la machine agitent déjà le grand public et une partie de la recherche. L'ouvrage se place délibérément dans cette perspective pour reprendre l'histoire des relations de l'homme et des machines dans les systèmes productifs. Il analyse également les différents courants sociologiques qui s'y sont intéressés avec parfois des approches non dénuées d'a-priori idéologiques (puissant déterminisme technologique). L'introduction de la micro-informatique et de l'automatisation (3.0) constitue selon l'auteur une rupture majeure dans un contexte de rejet du travail répétitif et de la division du travail taylorienne, et par la crise du régime fordien à savoir l'entrée dans une période de renouvellement permanent des produits. Elles s'accompagnent d'une transformation de la gestion des entreprises et de la gestion des personnels. De plus, cela ne crée pas à l'instar du modèle taylorien une nouvelle configuration productive qui s'imposerait partout mais plusieurs configurations productives marquées par des choix de politique industrielle et de dispositifs socio-organisationnels différents. Il s'agit d'élaborer des modèles adaptés à des situations productives spécifiques. L'arrivée de nouvelles technologies n'est pas déterminante dans la construction de ces modèles, elle est l'occasion de construire de nouveaux choix organisationnels.

- Intérêt

L'analyse approfondie de l'impact de l'automatisation sur les systèmes de production est très éclairante pour 1) relativiser les débats actuels et 2) aller plus loin que les visions restrictives qu'elles soient technophiles ou technophobes autour d'industrie 4.0. Il montre que la dimension socio-économique est essentielle pour comprendre l'impact des nouvelles technologies.

Automatisation, numérisation et emploi
Les impacts sur le volume, la structure et la localisation
de l'emploi -Tome 1

Conseil d'Orientation pour l'Emploi

Janv. 2017, 190p

- Source : académique – policy makers

- Type : rapport

- Mots clés : automatisation – impact – emploi - numérique

- Synthèse

Ce rapport est le premier d'une trilogie réalisée par le Conseil d'Orientation pour l'emploi. Après avoir présenté le potentiel du numérique avec en particulier les usages actuels des technologies robotiques et celles liées à l'intelligence artificielle dans l'industrie, le rapport s'attache à étudier leurs impacts sur la structure et la localisation de l'emploi en France. Il s'appuie principalement sur des données macro-économiques. Une mise en perspective historique à la fois des faits et des controverses permet de relativiser les débats actuels et leur relative nouveauté. Les innovations technologiques n'ont pas détruit des emplois mais a contribué à leur déplacement et parfois en masse. De même, elles ont un impact certain sur les compétences et les qualifications même si cela semble plus difficile à mesurer directement. De plus, elles affectent des tâches plutôt que des métiers. Au final moins de 10% des emplois seraient menacés mais la moitié des emplois verront leurs contenus modifier par le numérique. Le progrès technologique continue à favoriser l'emploi qualifié et très qualifié. Les réponses des pouvoirs publics à ces transformations dépendront des types d'évolutions (rapides, lentes, brutales, ...). En conclusion, le COE rappelle qu'une économie ne « peut ni s'abstraire ni même se tenir provisoirement à l'écart des progrès technologiques au risque d'un décrochage » (p.164).

- Intérêt

C'est un rapport majeur pour la compréhension des débats sur l'impact des innovations technologiques sur l'emploi. Il nuance les approches caricaturales (optimistes ou pessimistes), montrent la complexité de la question et les difficultés à mesurer les effets directs et indirects. Néanmoins il reste réservé à un public spécialisé et en particulier familier des théories économiques et méthodes des sciences économiques.

Automatisation, numérisation et emploi. L'impact sur les compétences - Tome 2

Conseil d'Orientation pour l'Emploi

Sept. 2017, 172p.

- Source : académique – policy makers

- Type : rapport

- Mots clés : Automatisation - numérique – impact - compétences

- Synthèse

Il s'agit du tome 2 de la trilogie réalisée par le Conseil d'Orientation pour l'Emploi visant à analyser les impacts des nouvelles technologies numériques. Il s'attache à identifier les compétences requises par ces nouveaux dispositifs technologiques, leurs disponibilités en France et les politiques publiques à mettre en place notamment en termes de formation. Trois groupes de compétences sont identifiées : les compétences expertes dans les nouvelles technologies, des compétences techniques nouvelles en lien avec l'évolution des tâches et des compétences dites transverses. Le COE a lancé trois enquêtes pour évaluer la demande de ces compétences par les entreprises et le niveau actuel de maîtrise de ces compétences par les actifs. Il est observé une pénurie croissante de compétences expertes, un besoin très important de compétences techniques nouvelles et un niveau insuffisant en terme de compétences transverses. A partir de ces constats le COE établit une série de recommandations destinés aux pouvoirs publics pour faire face à ces transformations et aux enjeux de formation à tous les niveaux.

- Intérêt

Ce second tome, à l'instar du premier, apporte une profondeur de réflexion et une mise perspective de cette question des impacts sur les compétences, essentielle. Elle dépasse l'approche caricaturale entre compétences techniques et non techniques et montre que les innovations technologiques impactent les manières de travailler et donc les compétences nécessaires. On aura tout autant besoin de compétences expertes que de compétences transverses pour réussir cette transition numérique.

Automatisation, numérisation et emploi

L'Impact sur le travail – Tome 3

Conseil d'Orientation pour l'Emploi

Déc. 2017, 2018p.

- Source : académique - policy makers

- Type : rapport

- Mots clés : automatisation – numérique – impact - travail

- Synthèse

Le tome 3 de la trilogie réalisée par le Conseil d'orientation pour l'emploi vise à identifier les pratiques d'organisation actuelle et leur lien avec les innovations technologiques ainsi que sur leurs implications sur les situations de travail. Le rapport s'appuie sur de multiples sources et enquêtes pour réaliser le diagnostic. Il part du constat que les innovations technologiques dans le domaine de la production et les évolutions économiques (concurrence, nouvelles attentes des consommateurs) incitent les entreprises à transformer leur organisation du travail. 1^{er} constat dans l'industrie : il y a un lien entre numérisation de l'entreprise et recours aux dispositifs organisationnels tels que « décentralisation du pouvoir décisionnel, équipes de travail autonome, juste-à-temps, etc.. Ce lien progresse avec la taille de l'entreprise. Mais il n'y a pas de déterminisme technologique et on observe au sein du même entreprise la coexistence de différents dispositifs organisationnels. 2^{ème} constat : la probabilité de juger son travail intéressant, complexe et intensif augmente avec un usage plus intensif du numérique et ce jusqu'à 80% du temps de travail. Au-delà, l'impact est jugé négatif. Les effets des technologies sur les conditions effectives de réalisation de l'activité dépendent largement de l'objectif que l'organisation leur donne et des modalités d'organisation associées. Elles dépendent également des usages préexistants. Finalement le rapport identifie les conditions favorables qui permettraient aux entreprises de tirer profit des innovations technologiques à la fois en termes d'amélioration de la performance économique et des situations de travail des personnes.

- Intérêt

Ce tome 3 est particulièrement pertinent au regard de la question posée. A l'instar des deux premiers, les analyses nuancées et fondées sur de nombreuses sources apportent des réflexions et des données très pertinentes. Il permet d'envisager la construction de situations de travail s'appuyant sur des dispositifs technologiques bénéfiques et pour l'entreprise et pour le salarié.

Conditions de travail, organisation du travail et usages des TIC selon les métiers. Une exploitation de l'enquête conditions de travail

T. Klein, K. Long

Centre d'analyse stratégique n°2013-03 – Fev. 2013, 146p.

- Source : policy makers

- Type : document de travail

- Mots clés : conditions de travail – métiers – organisation du travail - TIC

- Synthèse

L'étude s'appuie sur les données des grandes enquêtes travail de 1998 et 2005 réalisées par la DARES. Elle s'intéresse à l'impact des Technologies de l'Information et de la Communication sur les conditions de travail entendue comme les conditions physiques, les horaires de travail, les rythmes et les marges de manœuvre et la charge émotionnelle de 85 familles de métiers. Un chapitre est consacré à l'impact des TIC sur les conditions de travail. Ces TIC sont l'usage de l'ordinateur, l'ordinateur portable, le téléphone portable, l'internet, l'intranet et la messagerie électronique. Leurs usages étaient déjà très répandus dans les métiers qualifiés de l'industrie et en particulier dans les industries de process et dans les métiers de la maintenance en 2005. L'usage des TIC va plutôt de pair avec une intensification de la charge de travail et des rythmes de travail.

- Intérêt

Cette étude pointe les effets négatifs de l'usage des TIC sur les conditions de travail. Le développement des technologies 4.0 caractérisé par une interconnexion permanente des opérateurs avec le système productif et la forte traçabilité de l'activité possible au travers de leurs usages interroge nécessairement les impacts sur les conditions de travail. C'est une piste de travail certaine.

Consequences of Industry 4.0 on Human labour and work organisation

L. Bonekamp & M. Sure

Journal of business and media Psychology - 2015, vol 6, Issue 1, pp. 33-40

- Source : académique

- Type : article scientifique

- Mots clés : Industry 4.0 – CPS – Internet of Things – Digitalisation – Change management – cross-company cooperation – job profiles

- Synthèse

Les auteurs passent en revue les publications analysant l'impact des technologies 4.0 sur le travail et l'organisation du travail. Les principaux résultats sont les suivants : Industrie 4.0 implique une diminution des emplois faiblement qualifiés et une augmentation des emplois hautement qualifiés pour la planification, le pilotage et les tâches nécessitant l'utilisation de systèmes informatiques poussés. Cette montée en compétences s'accompagnerait d'une organisation du travail transverse (cross-functional work organisation) et du développement de réseaux d'entreprises trans-sectoriel (cross-company partner networks). Il est attendu également un développement de la formation continue, de l'apprentissage et de la formation initiale pour adapter la main d'œuvre aux nouvelles technologies. Enfin il serait nécessaire de mettre en place un nouveau système de taxes pour compenser les pertes d'emplois faiblement qualifiés. Cette revue de littérature est complétée par des interviews d'experts (7).

- Intérêt

Bien que l'article soit très court, il pose l'essentiel des thèmes discutés. L'étude qualitative est très réduite (sept interviews) pour être significative. Néanmoins, il est intéressant de noter que les experts interviewés en 2015 étaient moins optimistes sur le déploiement des technologies 4.0 dans les entreprises allemandes que les rapports le prétendaient. Il devrait prendre un peu plus de temps et les conséquences sur le travail ne seraient alors perceptibles qu'ensuite. Les résultats des interviews sont très cohérents avec la revue de littérature.

Des robots et des hommes. Pour une vision confiante de la logistique 2025

Roland Berger

Think Act- Beyond mainstream - 2016, 18p.

- Source: consultant

- Type : rapport

- Mots clés : robotique – logistique- emploi - productivité

- Synthèse

Le rapport s'intéresse à la technologie robotique pour les entrepôts de logistique sous un angle purement économique. Le remplacement de l'homme par des solutions robotisées sont déjà une réalité dans les grands entrepôts tels ceux d'Amazon. La robotique devrait à terme supprimer 1.5 million d'emplois directs en Europe si la transition n'est pas préparée. Selon RB la pertinence économique n'est cependant pas établie en particulier au niveau macroéconomique. Des exemples détaillés d'utilisation et de ROI sont donnés. Quelques recommandations sont données en fin de document.

- Intérêt

L'étude vise une population moins sous le feu des projecteurs : les logisticiens. Cette population est faiblement qualifiée et les conditions de travail difficile donnent une mauvaise image aux entreprises du secteur. C'est un secteur industriel à part entière qui mérite d'être plus investigué. L'approche purement économique est limitante pour la réflexion mais c'est une réalité.

Du rôle des TIC dans la transformation digitale de l'activité et de la santé au travail

Marc-Eric Bobillier Chaumon

La revue des conditions de travail n°6 – Sept. 2017, pp.16-24

- Source : académique

- Type : article

- Mots clés : TIC – usages – activité médiatisée – santé au travail – qualité du travail

- Synthèse

L'auteur s'interroge sur le rôle de la technologie sur l'innovation dans l'activité et sur la qualité du travail et la qualité de vie au travail. Comment peuvent-elles mieux nous permettre de travailler et nous épanouir dans l'activité ? Les technologies peuvent apporter beaucoup en permettant à l'homme de faire des activités plus gratifiantes mais elles peuvent contribuer à dénaturer l'activité et à le dessaisir de ce qui faisait sens pour lui. L'auteur propose dans un premier temps de catégoriser les différents types de technologies et leur rôle potentiel dans l'activité. Dans un second temps, il montre comment ces dispositifs peuvent affecter les conditions de réalisation de l'activité. Enfin il propose des modalités d'intervention et d'accompagnement à travers la question des usages.

- Intérêt

L'article n'est pas centré sur l'industrie et les technologies 4.0 mais ses analyses plus larges sur la relation entre les dispositifs technologiques et le travail et les conditions de travail donne un cadre opératoire très intéressant pour regarder plus précisément comment ces relations se construisent dans le milieu industriel.

L'effet de l'automatisation sur l'emploi : ce que l'on en sait et ce qu'on ignore

Nicolas Le Ru, France Stratégie

La note d'analyse – juillet 2016, 7p.

- Source : policy makers

- Type : note

- Mots clés : automatisation – impact – emplois - travail

- Synthèse :

Les auteurs analysent les études existantes sur l'impact de l'automatisation (entendue au sens large) en particulier celle de Frey et Osborne et celle de l'OCDE. Puis ils analysent l'enquête sur les conditions de travail. Les emplois peu automatisables sont ceux qui requièrent des compétences en termes d'interactions sociales, d'adaptabilité, de flexibilité et de capacité à résoudre des problèmes. Ces compétences sont analysées à partir de deux catégories de tâches discriminantes : le fait ou non d'être soumis à des demandes extérieures exigeant une réponse immédiate et le fait ou non de devoir appliquer strictement des consignes. L'analyse montre qu'il y a de plus en plus d'emplois en France peu automatisables et de moins en moins d'emplois automatisables. Il s'agit moins de disparition ou de création nette d'emplois que de transformation des contenus du travail dans un contexte de désindustrialisation et de tertiarisation de l'économie. L'impact du progrès technique sur l'emploi dépend : du rythme de destruction de l'emploi automatisable, l'importance de la transformation des métiers et le rythme de création de nouveaux emplois. De plus le degré d'automatisation dépend de paramètres non technologiques comme le mode d'organisation du travail, l'acceptabilité sociale et la rentabilité économique. Par ailleurs l'automatisation est susceptible de créer de l'emploi : dans la R&D, la conception, la production, la commercialisation ou la maintenance de systèmes robotisés. Enfin l'augmentation de la productivité à un niveau macro-économique peut générer de nouveaux emplois dans d'autres secteurs. La conclusion est que le progrès technologique n'est pas toujours synonyme de destruction d'emplois

- Intérêt

L'étude s'appuie sur beaucoup de données chiffrées qui sont très éclairantes sur l'impact de l'automatisation sur l'emploi même si les cas sont empruntés au tertiaire (banque et grande distribution). Les deux catégories discriminantes de tâches permettant de déterminer si l'emploi va disparaître ou pas est très opérationnelle. Les arguments qui suivent sont également très intéressants en ce qu'ils nuancent les analyses à l'emporte-pièce sur les effets de l'automatisation.

Man and machine in Industry 4.0. How will technology transform the industrial workforce through 2025?

Boston Consulting Group

Sept. 2016, 18p.

- Source : consultant

- Type : rapport

- Mots clés : Digitalisation – robotics – jobs – new skills - training

- Synthèse

L'étude vise à analyser l'impact des technologies 4.0 sur les emplois industriels d'ici à 2025 en Allemagne. Elle s'appuie sur une modélisation de l'évolution du marché du travail et des interviews d'experts. 10 études de cas (use cases) ont été formalisées et leur impact sur 40 familles d'emplois dans 23 industries allemandes analysé. 20 experts ont caractérisé l'impact de ces use cases sur des situations de travail. S'il y a bien destruction d'emplois, le niveau de coopération entre l'homme et les machines devraient considérablement se renforcer. Il y aurait également création d'emplois sur d'autres profils et en particulier en informatique et analyse de données. « Industrial data scientist » serait l'emploi en plus forte croissance. Les auteurs identifient également le poste de coordinateur de robots. Tous les emplois répétitifs en production, qualité, planification et maintenance seraient remplacés. Les fabricants de machines intelligentes en revanche devraient fortement embauchés. L'idée que la robotique remplacerait tous les opérateurs seraient irréalistes selon beaucoup d'experts. Sont privilégiés des scénarios où l'opérateur est assisté par la machine pour réaliser sa tâche. En terme de compétences, cela requiert plus de compétences informatiques pour piloter les installations et de compétences transverses pour s'adapter aux changements tant dans le contenu que dans l'organisation. Les auteurs proposent quatre configurations Homme/machine possibles sur différents métiers (production, maintenance). Deux nouveaux métiers sont décrits : industrial data scientist et coordinateur de robots.

Les auteurs font ensuite une série de recommandations pour les entreprises, les décideurs politiques et les établissements de formation.

Pour les entreprises :

- Former d'urgence les personnels en poste sur les nouvelles compétences requises pour le management des systèmes complexes (hard et soft skills). Privilégier l'apprentissage de la flexibilité.
- Adopter de nouvelles organisations du travail : plus d'autonomie aux opérateurs (flat organisations) pour prendre des décisions dans l'atelier ; plus de collaboration entre les services informatiques et les opérateurs de production, ces derniers étant acteurs des changements ; s'assurer que la coordination d'ensemble et les processus d'innovation soient pilotés par des hommes et non par des machines.
- Recruter de nouveaux profils moins sur les qualifications que sur les compétences.
- Développer des outils de pilotage stratégiques des compétences (supply and demand)

Pour les établissements de formation

- Délivrer des compétences plus larges et des programmes qui favorisent l'interdisciplinarité ;
- Développer plus de formations IT et intégrer l'IT dans des formations connexes ;
- Développer de nouveaux formats pour la formation continue ;

Pour les décideurs politiques

- Créer des structures de coordination entre les entreprises et les établissements de formation

En conclusion les auteurs insistent sur le fait que la création d'emplois plus qualifiés et plus intéressants dépendra de la manière dont les entreprises utiliseront les nouvelles technologies 4.0 pour développer de nouveaux produits, services et business models.

Intérêt

Les exercices de projection des transformations des emplois tous secteurs manufacturiers confondus dans un pays est toujours risqué. Les chiffres annoncés sont donc sujets à caution. Cela étant, les impacts sur le contenu du travail, l'organisation et les compétences attendues sont stimulantes. Les quelques exemples de collaboration ou de nouveaux métiers sont très intéressantes. Deux points sont importants ici : la collaboration entre l'homme et la machine est essentielle et doit être construite ; l'impact des technologies 4.0 sera positif s'il s'inscrit dans une démarche plus globale de l'entreprise dans la redéfinition de son BM.

Modes et méthodes de production en France en 2040 : quelles conséquences pour la santé et la sécurité au travail ?

INRS

2016, 71p.

- Source : académique

- Type : rapport

- Mots clés : prospective – modes de production – travail – emploi – santé et sécurité

- Synthèse

Il s'agit d'un exercice de prospective qui aborde différents thèmes (la production en France demain, robotisation-automatisation – le retour au local – les différentes formes de travail – évolutions de la prescription et des rythmes de travail) et s'essayent à des hypothèses de prospective.

- Intérêt

Le rapport n'est pas centré sur l'industrie proprement dite. Ses approches par différentes touches donnent un effet patchwork qui rend difficile l'utilisation des données publiées. Les questions qui sont posées ouvrent néanmoins des pistes de réflexion sur chacun des thèmes traités.

Mutations industrielles et évolutions des compétences

Les Synthèses de la Fabrique

T. Bidet-Mayer et L. Toubal

La Fabrique de l'industrie - 2016, n°5, 12p.

- Source : Think Tank

- Type : Etude qualitative

- Mots clés : Compétences, Formation, Structure de l'emploi, Nature du travail

- Synthèse

L'étude s'appuie sur une vingtaine d'interviews d'experts industriels. Les auteurs partent du constat que l'Industrie du Futur aura nécessairement un impact sur les emplois et la nature du travail. Les emplois qualifiés seront privilégiés au détriment des postes dits à faible VA. Une montée en compétences des salariés est donc nécessaire. Il s'agit de savoirs techniques mais aussi de savoir-être et de « savoir-apprendre ». Par ailleurs les nouvelles technologies changent également la nature du travail. L'opérateur devra être également plus polyvalent. Il gèrera plus des données qu'il n'interviendra directement dans les opérations de production. Il devra néanmoins conserver des compétences techniques car les machines ne savent pas tout faire. La formation initiale doit s'accompagner du développement de la formation continue interne aux entreprises de type Learning Factories. Il y aurait également un impact sur le management et le rôle du manager. Ce dernier voit son rôle et sa position dans la hiérarchie fortement évoluée vers un rôle d'accompagnateur plus que de prescripteur. La collaboration entre les diverses fonctions des systèmes de production devrait être développée. Plus de responsabilité et plus de qualifications nécessitent également de revoir les politiques de reconnaissance des salariés.

- Intérêt

La réflexion s'appuie sur des entreprises concrètes et leurs expériences en la matière. Les questions posées sont stimulantes et ouvrent à d'autres perspectives sur le sujet (rémunérations, rôle de l'encadrement). Cela étant, les questions du travail et des compétences sont toujours considérées comme des sujets « qui ne peuvent être évacués du débat » (p.1). Par ailleurs, il s'agit de généralisations à partir de quelques cas concrets. La vision est théorique et principalement construite sur des recommandations. Il n'y a pas de méthode ou de guidelines pour l'implémentation.

Numérique et emploi : quel bilan ?

Emilie Bourdu, Thierry Weil

Les synthèses de La Fabrique

N°12 – avril 2017 – 12p.

- Source : Think Tank

- Type : rapport

- Mots clés : digital – impact - emploi – travail - organisation

- Synthèse

Les auteurs présentent de manière synthétique les débats autour : le numérique va-t-il faire disparaître le travail ? le numérique va-t-il créer de l'emploi ? quel impact sur le contenu du travail ? augmente-t-il la performance de l'entreprise ?

Après avoir examiné les différentes études qui tentent de répondre à ces questions, les auteurs en montrent les limites et les incertitudes. La seule certitude réside dans le fait que la transformation numérique est déjà en cours et qu'elle va devoir être accompagnée par notamment des outils comme la GPEC, des formations adaptées, de nouvelles pratiques pédagogiques. La conclusion est qu'il n'y a pas de fatalité liée à l'introduction des nouvelles technologies. Elles peuvent être source de performance si elles sont anticipées et accompagnées.

- Intérêt

C'est un format très court qui ouvre seulement des questions et suggère des pistes. Quelques références bibliographiques permettent d'aller plus loin.

« Numérisation de l'économie et transformations du travail »

In Demain quel travail ?

Marc Lorient

Cahiers Français n°398, La documentation française, Mai-Juin 2017 – pp. 2-7.

- Source : académique

- Type : article

- Mots clés : Technologies du numérique – activité de travail – condition de travail

- Synthèse

L'auteur s'intéresse aux effets de l'informatique et de la numérisation sur l'activité de travail et les conditions de travail. Il regarde les effets induits lors de son développement à grande échelle dans l'industrie et les services dans les années 1980/1990. Dans l'industrie ça s'est traduit par une diminution de tâches de production et une augmentation des tâches de surveillance. On a observé plutôt une intensification du travail et pour certains des phénomènes de déqualification du travail avec perte d'autonomie. Pour l'auteur ce sont clairement des choix de management : « le choix a été fait d'utiliser les nouvelles technologies pour augmenter la productivité plutôt que pour améliorer les conditions de travail ». Inversement dans d'autres cas, la « numérisation » a eu un effet positif sur l'activité et le développement des compétences. Il n'y a pas de déterminisme technologique mais des choix organisationnels qui ont des effets positifs ou négatifs sur le travail.

- Intérêt

C'est un article introductif à la question complexe de l'impact des technologies sur le travail avec une approche plutôt générale de fait. L'approche de l'auteur n'est pas partisane et montre qu'il n'y a pas d'effet automatique, positif ou négatif, lors de l'introduction de nouvelles technologies.

« Progrès technique et mutations du travail : hier et aujourd'hui »

In Demain quel travail ?

Dominique Meurs

Cahiers français N°398-Mai-Juin 2017, pp. 33-39

- Source : académique

- Type : article

- Mots clés : progrès technique – emploi – productivité – politiques publiques

- Synthèse

L'auteur analyse l'impact économique du progrès technique sur l'emploi. Les effets peuvent être positifs ou négatifs. Cela dépend de trois facteurs et de leur combinaison. Le premier est le degré de substituabilité ou de complémentarité entre les nouvelles technologies et le travail. Le second est la réaction des consommateurs face aux nouveaux biens produits. Le troisième est la réactivité ou l'élasticité de l'offre de travail. L'impact économique et sociétal des innovations caractérisant les trois premières révolutions industrielles n'est pas démontré. L'impact sur l'emploi des nouvelles technologies est différent des précédentes. Auparavant elles remplaçaient plutôt les emplois non qualifiés en remplaçant la force physique par la machine. Aujourd'hui, elles remplaceraient plutôt les emplois intermédiaires routiniers physiques ou non. C'est ce qu'on appelle la polarisation de l'emploi. Cela étant, les effets de la mondialisation et de l'organisation transfrontalière de la production (délocalisation) ont également un impact fort sur la disparition des emplois intermédiaires ces trente dernières années. Les progrès techniques ont néanmoins toujours des impacts sur la structure des salaires et les conditions d'emplois (théorie du progrès technique biaisé). Des politiques publiques fortes en matière d'éducation et d'acquisition de compétences pour limiter les inégalités salariales qui en résultent, doivent être mises en place.

- Intérêt

L'analyse économique remet en cause des idées à priori sur l'impact des innovations technologiques sur la productivité et l'emploi. D'autres effets et mécanismes sont partie-prenantes et relativisent la vision déterministe du progrès technologique. Les points soulevés par l'auteur enrichissent les débats sur digitalisation et travail. L'article est très technique et condensé en quelques pages. Il est cependant introductif à des lectures plus approfondies.

Skill shift. Automation and the future of the workforce

McKinsey & Company

McKinsey Global Institute – Mai 2018, 75p.

- Source : consultants

- Type : document de travail

- Mots clés : nouvelles technologies – compétences -

- Synthèse

L'étude vise à analyser l'impact des nouvelles technologies digitales et particulièrement l'automatisation et l'IA sur le travail et les compétences dans cinq secteurs d'activité : la banque et les assurances, l'énergie et les mines, la santé, l'industrie et le commerce. Un modèle a été créé spécialement qui définit 25 compétences regroupées en 5 grandes catégories : compétences physiques et manuelles, compétences cognitives de base, compétences cognitives de haut niveau, compétences sociales et émotionnelles et les compétences technologiques. Des métiers sont identifiés pour chacune des 25 compétences. Ensuite pour chacune, il a été déterminé le temps d'utilisation de chacune des compétences par jour pour un salarié donné et comment ce temps sera impacté par l'automatisation. Une enquête quantitative a ensuite été menée auprès de 3031 dirigeants dans 5 pays européens + USA et Canada, puis une enquête qualitative en face à face avec les directeurs RH pour chaque secteur d'activité investigué. Entre 2002 et la projection à 2030, on observe une diminution continue de la demande de compétences physiques et manuelles et de compétences cognitives de base alors que la demande de compétences techniques, sociales et émotionnelles et cognitives de haut niveau augmente voire s'accélère. Ces évolutions diffèrent selon la structure économique du pays, le secteur industriel et le niveau de digitalisation. Les entreprises devront modifier leur organisation pour faire face à ces évolutions en développant la formation continue, le mode projet et la polyvalence. Les dirigeants devront être formés à ces nouvelles technologies qu'ils ne maîtrisent pas aujourd'hui. La compétition pour le recrutement des talents va devenir un point crucial pour les entreprises. Les entreprises s'attendent à une augmentation de leur main d'œuvre. La montée en compétences des salariés ne peut être effectuée uniquement par l'entreprise. C'est une question qui demande la collaboration de toutes les parties-prenantes : entreprises, établissements d'enseignement, pouvoirs publics et syndicats. Enfin l'étude avance cinq actions que les entreprises devraient entreprendre pour faire face aux évolutions : faire monter en compétences les salariés, redéployer les tâches différemment, embaucher les compétences manquantes en interne, faire appel à des compétences externes pour des durées limitées (freelance) et en dernier recours (sic) licencier. Cela dépendra in fine du profil de l'entreprise, de sa main d'œuvre, du secteur d'activité et de son ambition en matière d'automatisation.

- Intérêt :

L'étude est très riche et même si l'approche du travail est très anglo-saxonne, elle reste très intéressante pour comprendre l'impact des technologies sur le travail et les compétences.

Structural transformation in the OECD: digitalisation, deindustrialization and the future of work

T. Berger, C. Frey

OECD social, Employment and migration working papers, n°193- Sept. 2016, 52 p.

- Source : policy makers

- Type : document de travail (working papers)

- Mots clés : digitalisation – futur du travail

- Synthèse (résumé fourni par les auteurs)

Parallèlement à la diffusion des technologies numériques, les marchés du travail dans la zone OCDE ont subi une rapide transformation structurelle. Dans cet article, nous allons examiner i) l'impact des changements technologiques sur la performance du marché du travail depuis la révolution informatique des années 1980 et ii) les développements récents en matière de technologie numérique, y compris de l'apprentissage machine [*machine learning*] et de la robotique, ainsi que leurs impacts potentiels sur l'avenir du travail. Bien qu'il soit évident que la composition de la main-d'oeuvre a radicalement changé au cours des dernières décennies, en partie en raison de l'évolution technologique, les impacts de la numérisation sur l'avenir des emplois sont loin d'être certains. D'une part, il semblerait que la portée potentielle de l'automatisation s'est développée au-delà du travail de routine, rendant les changements technologiques potentiellement de plus en plus générateurs d'économies de main-d'oeuvre : au cours des prochaines décennies, selon des estimations récentes, 47 % des emplois américains pourront être automatisés. D'autre part, il existe des preuves suggérant que les technologies numériques n'ont pas créé beaucoup de nouveaux emplois pour remplacer les anciens et une estimation de la limite supérieure montre que la main-d'oeuvre des États-Unis n'est utilisée qu'à hauteur de 0,5 % dans les industries numériques qui ont émergé au cours des années 2000. Néanmoins, à ce jour, sur la base d'une première estimation, il n'y a aucune preuve que la révolution informatique ait réduit la demande globale pour les emplois dans les secteurs de l'économie qui sont technologiquement en stagnation, y compris dans les soins de santé, l'administration et les services aux personnes, qui continuent à engager du personnel et à créer de larges possibilités d'emploi. À l'avenir, cependant, nous estimons que la portée potentielle de l'automatisation est en pleine expansion, de nombreux secteurs qui ont été technologiquement stagnants par le passé sont susceptibles de progresser technologiquement à l'avenir. Par conséquent, nous devons nous attendre à une future hausse de la productivité. En revanche, la question de savoir si les gains provenant des augmentations de productivité seront amplement partagés dépend des réponses politiques.

- Intérêt

L'étude est très macro-économique sur des périodes assez longues et sur l'ensemble des pays de l'OCDE ce qui la rend particulièrement ardue à suivre pour des non-spécialistes. Elle reprend en partie les éléments de l'étude de Frey et Osborne de 2013 et est moins optimiste sur les impacts des technologies digitales sur l'emploi.

The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?

Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne

Sept.2013, 72p.

- Source : académique

- Type : article

- Mots clés : Occupational Choice, Technological Change, Wage Inequality, Employment, Skill Demand

- Synthèse

Résumé officiel de l'article :

« We examine how susceptible jobs are to computerisation. To assess this, we begin by implementing a novel methodology to estimate the probability of computerisation for 702 detailed occupations, using a Gaussian process classifier. Based on these estimates, we examine expected impacts of future computerisation on US labour market outcomes, with the primary objective of analysing the number of jobs at risk and the relationship between an occupation's probability of computerisation, wages and educational attainment. According to our estimates, about 47 percent of total US employment is at risk. We further provide evidence that wages and educational attainment exhibit a strong negative relationship with an occupation's probability of computerisation. »

- Intérêt

Cet article est l'article à la racine de tous les débats actuels. Bien que les résultats aient été remis en cause, il a généré d'autres études qui sont venues enrichir la méthodologie et ont donné des résultats plus nuancés.

The future of jobs report

World Economic Forum

Centre for the new economy and Society - 2018, 133p.

- Source : policy makers

- Type : rapport

- Mots clés : Jobs – work – skills – new digital technology

- Synthèse

Ce rapport est fondé sur une enquête quantitative adressée principalement à des grandes entreprises dans une vingtaine de pays. C'est la seconde édition, la première date de 2016. Les entreprises ont été regroupées dans 12 grands secteurs d'activité. Partant du constat d'un très fort développement des technologies numériques dans les entreprises et en particulier dans l'industrie et faisant l'hypothèse de son impact sur les compétences attendues, l'enquête cherche à identifier 1) les transformations à venir dans les entreprises interrogées en termes d'investissements technologiques 2) les compétences requises et attendues par les entreprises et 3) les stratégies adoptées par les entreprises pour faire face à ces évolutions. Les résultats sont présentés par grands secteurs d'activité, par grande région du monde et par pays. Les constats sont convergents avec d'autres enquêtes. De nouveaux métiers nécessitant des compétences techniques expertes émergent très rapidement. Les réponses des entreprises à ces enjeux sont très hétérogènes et plutôt opérationnelles. Les auteurs plaident pour le développement d'une stratégie qui privilégie la complémentarité de l'homme et de la machine pour atteindre la performance. « Rather than narrowly focusing on automation-based labor costs saving, an augmentation strategy takes into account the broader horizon of value-creating activities that can be accomplished by human workers, often in complement to technology, when they are freed of the need to perform routinized, repetitive tasks and better able to use their distinctively human talents » (p.IX)

- Intérêt

L'enquête apporte des données macro-économiques intéressantes. La présentation par grands secteurs d'activité donne quelques pistes de réflexion intéressantes. La vision stratégique proposée par les auteurs est très intéressante pour aller au-delà d'actions opérationnelles au coup par coup. Cela reste néanmoins du déclaratif (enquête en ligne auto-déclarative) et les PME ne sont pas ciblées.

The risk of automation for Jobs in OECD Countries.

A comparative analysis

M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn

OECD social, employment and migration working papers, n°189,
OECD Publishing -2016, 34p.

- Source: policy makers

- Type: article

- Mots clés : automatisation – emploi – travail

- Synthèse (résumé fourni par les auteurs)

Ces dernières années, les craintes que l'automatisation et la numérisation aboutissent finalement à un futur sans emploi se sont réveillées. Le débat a été alimenté par des études sur les États-Unis et l'Europe arguant qu'une grande partie des emplois étaient en « risque d'informatisation ». Ces études utilisent une méthode basée sur les professions, proposée par Frey et Osborne (2013), c'est-à-dire qu'elles supposent que les professions dans leur ensemble et non les tâches isolées sont automatisées. Comme nous l'avons avancé, cette hypothèse peut mener à la surestimation de l'automatisation des emplois, puisque les professions dites à haut risque comprennent souvent une part substantielle de tâches difficiles à automatiser. Notre article a un double objectif. D'une part, nous estimons par une approche basée sur les tâches la possibilité d'automatiser les emplois pour 21 pays de l'OCDE. A la différence d'autres études, nous prenons en compte l'hétérogénéité des tâches au sein des professions. Globalement, nous estimons que 9 % des emplois sont automatisables en moyenne dans les 21 pays de l'OCDE. La menace générée par les avancées technologiques semble donc bien moindre que celle donnée par la méthode basée sur les professions. Nous trouvons également que les pays de l'OCDE sont hétérogènes en la matière. Par exemple, alors que la part des emplois automatisables représente 6 % en Corée, elle s'élève à 12 % en Autriche. Les différences entre pays peuvent être le reflet des diversités concernant l'organisation du lieu de travail en général, des différences dans les investissements faits auparavant dans les technologies d'automatisation ou encore des variations dans les niveaux d'éducation des travailleurs.

Le second objectif de cet article est de procéder à une réflexion critique sur un groupe d'études récentes qui produisent des chiffres sur le « risque d'informatisation » et de fournir une discussion approfondie sur les processus possibles d'adaptation à l'automatisation et à la numérisation pour les entreprises comme pour les travailleurs. En particulier, nous avançons que l'estimation de la part des « emplois à risque » ne doit pas être assimilée aux pertes d'emplois effectives ou prévues liées aux avancées technologiques. D'une part, l'utilisation de nouvelles technologies est un processus long, ralenti par les obstacles économiques, légaux et sociaux, de telle sorte que souvent la substitution technologique ne s'effectue pas comme prévu. D'autre part, même si des changements technologiques sont introduits, les travailleurs peuvent s'y adapter en changeant leurs tâches, de manière à prévenir le chômage technologique. Enfin, le changement technologique génère aussi des emplois supplémentaires liés à la demande pour les nouvelles technologies et à l'accroissement de la compétitivité.

La conclusion principale de notre article est qu'il est peu probable que l'automatisation et la numérisation détruisent un grand nombre d'emplois. Cependant, les travailleurs peu qualifiés souffriront plus des coûts d'ajustement car leur emploi est davantage susceptible d'être automatisé que pour les travailleurs qualifiés. Ainsi, le défi futur consiste probablement à faire face à la croissance des inégalités et à veiller à former (ou former à nouveau) les travailleurs peu qualifiés.

- Intérêt

L'étude vise à reprendre les hypothèses de l'étude de Frey et Osborne (2013, *The Future of Employment : how susceptible are jobs to computerization?*) selon une autre méthodologie d'analyse des emplois. Les résultats sont beaucoup moins spectaculaires mais mettent en évidence les risques pour les emplois répétitifs et faiblement qualifiés.

Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the Fourth Industrial Revolution Technology

D. Romero, T. Wuest, J. Stahre, A. AB Fasth

Confrence paper- Oct2016, 11p.

- Source : académique

- Type : article

- Mots clés : Industry 4.0 – Operator 4.0 – Adaptative automation

- Synthèse

Les auteurs modélisent quatre type d'opérateurs dits 4.0 en associant des tâches à des technologies 4.0. Ils aboutissent à une typologie de huit operateurs 4.0 : operateur + exosquelette ; operateur + augmented reality ; operateur + réalité virtuelle ; operateur + dispositifs de mesure pour piloter l'état de santé ; operateur + assistant personnel intelligent ; operateur + robots collaboratifs ; operateur + réseaux sociaux ; operateur + outil d'analyse de big data. Ils se regroupent sous la dénomination de « Human cyber-physical systems » qui est une nouvelle forme d'interaction Homme/machine qui connecte . Selon les auteurs ils devraient être déployés rapidement dans les ateliers de fabrication.

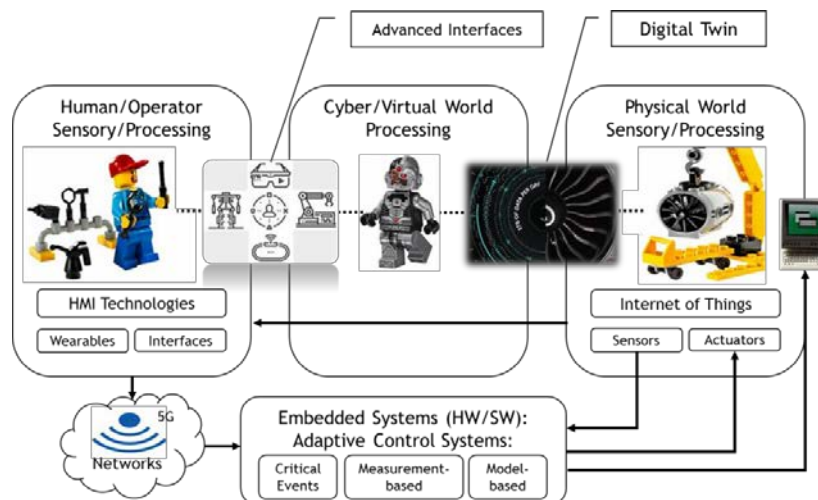


Figure 2: Generic Human Cyber-Physical System Control Loop

Les auteurs revendiquent une industrie soutenable socialement avec l'humain au cœur de la production, assisté par les machines et des systèmes de pilotage intelligents.

- Intérêt

L'article se présente comme un programme de travail à développer sur ces questions. La typologie donne corps à ce qui peut être envisagée en terme d'interactions homme/machine et le lien avec des systèmes cyber-physiques au niveau entreprise. Aucune référence n'est faite à des situations réelles comme point de départ ou de lieu d'expérimentations.

Travail industriel à l'ère du numérique. Se former aux compétences de demain

Les notes de la Fabrique

T. Bidet-Mayer et L. Toubal

La Fabrique de l'Industrie, 2016, 103p.

- Source : Think Tank

- Type : ouvrage

- Mots clés : Emploi – nature du travail – organisation du travail – compétences - formation initiale et continue

- Synthèse

L'étude s'appuie sur environ une quarantaine d'interviews d'industriels, d'académiques, hauts fonctionnaires, partenaires sociaux. La question de départ est celle de l'impact de l'automatisation et de la digitalisation sur l'emploi, le travail, les organisations de travail et les compétences. Les nouvelles technologies ne remplaceront pas les opérateurs mais vont faire évoluer le contenu de leurs tâches. Elles feront également apparaître de nouveaux métiers qu'il s'agit d'anticiper. Cela étant la question des compétences requises et des types de formation à mettre en place est centrale. Le rôle des acteurs publics coordonné à l'échelle des territoires est essentiel pour anticiper les évolutions industrielles et leurs besoins en emploi. L'organisation du travail est également impactée par la nécessaire flexibilité des outils de production à même de répondre aux demandes des consommateurs (variété, renouvellement rapide, ...). Le travail se fait en équipe, est plus collaboratif et en interaction avec les autres fonctions de l'entreprise. Les opérateurs deviennent polyvalents et poly-compétents. Cela va de pair avec plus de responsabilité donnée aux opérateurs et le développement de leur implication. Le rôle des managers évoluerait vers plus de régulation, d'animation, d'accompagnement. Il y aurait moins de hiérarchie. Au niveau de l'entreprise, la transformation numérique doit se faire dans le cadre d'une stratégie globale, de la mise en place d'objectifs opérationnels et en partenariat avec les organisations syndicales. Les nouvelles compétences attendues sont techniques et transverses. Les systèmes de formation, initial et continu, doivent donc évoluer.

- Intérêt

L'étude s'appuie sur des expériences concrètes et des expertises. L'approche est suffisamment globale pour aborder les points importants de la problématique. Les personnes interviewées sont soit issues des grandes entreprises soit occupent des postes élevés dans les organisations avec pour conséquence des raisonnements à des niveaux macro. Quid des problématiques des PME ? Les solutions proposées restent très générales.

Upskilling European industry: new operational tools wanted.

Recommandations of the Strategic Policy forum on Digital Entrepreneurship

European Commission

July 2016-23

- Source : Policy makers

- Type : rapport

- Mots clés : digital – skills - employment

- Synthèse

Le rapport part du constat que l'Europe a un déficit en compétences qui l'empêche de tirer bénéfice des opportunités des technologies avancées (Advanced technologies) et de la digitalisation. Les compétences requises sont différentes. Il est donc urgent de mettre à niveau les compétences et d'en développer de nouvelles en lançant un plan européen de formation fondé sur les besoins des entreprises. Les technologies digitales impacteront sévèrement 10 à 30% des salariés européens (30 à 90 millions de personnes) à trois niveaux : disparition des postes les moins qualifiés, transformation d'autres avec l'introduction des technologies et création de nouveaux métiers avec de nouvelles compétences. Un autre défi concerne la question du genre. Trop peu de femmes font carrière dans les métiers technologiques. Plusieurs problèmes se posent : il n'y a pas de personnes hautement qualifiées ; les jeunes diplômés n'ont pas les compétences attendues par les industriels (mélange de compétences techniques et de compétences transversales (soft skills) ; beaucoup d'organisations ont développé des stratégies mais peinent à les implémenter, cela nécessiterait des réseaux d'échanges de bonnes pratiques à un niveau européen ; l'Europe dispose de financements pour des programmes de mise à niveau des compétences mais leur accès reste compliqué. Les auteurs émettent une série de recommandations : 1) créer une boîte à outils pilotée par les industriels et les partenaires sociaux pour conduire des programmes de mise à niveau spécifique à des secteurs et adapté à chaque entreprise; 2) soutenir des coopérations multi-partenaires, renforcer les coopérations aux niveaux national et local entre les partenaires sociaux, les institutions académiques, les industriels et les ministères de l'éducation ; 3) les fonds européens devraient être en partie regroupés dans un vaste plan transnational ; 4) encourager la reconversion de carrière dans les technologies digitales en vue de monter sa start-up (digital entrepreneurship) qui sont des sources de croissance importantes.

- Intérêt

Le rapport apporte des données intéressantes à un niveau européen et développe une vision stratégique pour la Commission Européenne. Ils proposent des voies d'implémentation assez précises et concrètes ainsi qu'une description des compétences nécessaires.

« Why are still so many jobs?
The history and future of workplace automation”

David H. Autor

Journal of economic perspectives – Vol. 29, N°3 –Summer 2015, pp. 3-30

- Source : académique

- Type : article

- Mots clés : automation – jobs - employment

- Synthèse

L’auteur est professeur d’économie au MIT. L’introduction de la technologie a toujours généré des inquiétudes. Selon l’auteur, la plupart des analystes ignorent les fortes complémentarités entre automatisation et travail. Trois facteurs interviendraient : l’activité ne peut pas être entièrement automatisée, l’état du marché du travail (son élasticité) et la demande des biens produits avec les nouvelles technologies. Les gains de productivité issus du progrès technologique créeraient un effet rebond qui conduirait à une augmentation de la consommation dans d’autres secteurs. L’auteur retrace l’évolution des emplois sur deux périodes marquées par l’introduction de nouvelles technologies. Lors de la seconde période, on constate une polarisation de l’emploi au détriment des emplois intermédiaires. L’auteur explore ensuite la question des inégalités salariales (un effet de polarisation des salaires). Il semble qu’il n’y a pas de correspondance mécanique entre les deux. In fine, compte-tenu de la multi-causalité responsable de l’évolution du travail et de l’emploi il est très difficile d’isoler une cause et son « pur » effet. En conclusion, on est encore assez loin d’automatiser l’ensemble d’un travail car coexiste toujours en son sein des tâches routinières et des tâches non routinières. L’enjeu est la formation des personnels et le développement des compétences.

- Intérêt

L’analyse est fouillée et bien argumentée. Elle montre la complexité de ces questions et les limites du déterminisme technologique. On se situe cependant à un niveau macro-économique à l’échelle d’un pays voire de plusieurs ou d’un continent et ce sur des périodes historiques plutôt longues ce qui limite les possibilités d’exploitation à des niveaux méso ou micro.