

## Automatisation, numérisation et emploi

### Rapport du Conseil d'orientation pour l'emploi

Tome 1 : les impacts sur le volume, la structure et la localisation de l'emploi

## Synthèse

Janvier 2017



## Introduction

Les progrès réalisés dans le champ de la robotique et de l'intelligence artificielle, l'essor de l'Internet des objets, le traitement des données de masse (big data) ou l'émergence de l'impression 3D alimentent aujourd'hui des **inquiétudes autour d'un « futur sans emploi »**.

**Dans la littérature économique internationale, depuis 2013, plusieurs études ont cherché à estimer la part des emplois actuels qui pourraient être menacés de disparition du fait des nouvelles possibilités d'automatisation.** Ces études, pour la plupart basées sur des données étrangères et qui ne se concentrent que sur les suppressions d'emploi, considèrent que **les effets potentiels sur le volume de l'emploi seraient significatifs voire massifs, sans cependant nullement s'accorder sur l'ampleur de ce risque.**

**L'importance d'un diagnostic sur cette question est cruciale : c'est sur cette base que doivent s'appuyer les évolutions des politiques publiques à mettre en œuvre :** elles ne sont ni de la même ampleur, ni de la même nature selon que les transformations sont lentes ou brutales, mineures ou massives, et concentrées ou non sur certaines compétences, certaines zones géographiques, certaines catégories d'emploi.

**C'est pourquoi le Conseil d'orientation pour l'emploi a souhaité approfondir et affiner le diagnostic** en procédant à une analyse complète des impacts prévisibles de la nouvelle vague d'innovations technologiques sur l'emploi et sur le travail.

Dans ce premier tome, il a cherché à apprécier **les effets constatés et envisageables**, à la fois :

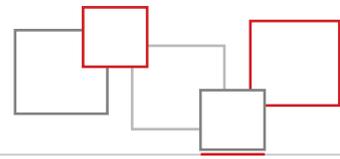
- sur **le volume de l'emploi** (en termes de disparition, mais aussi de créations) ;
- sur **la structure de l'emploi** (quels sont les métiers et les secteurs les plus concernés ? comment les métiers sont-ils appelés à évoluer ? quels types de compétences seront à l'avenir prioritaires ?) ;
- sur **la localisation de l'emploi**, à la fois à l'échelle nationale (quelles pourraient être les zones d'emploi les plus concernées ?) et internationale (les technologies pourraient-elles favoriser un mouvement de relocalisation des emplois en France ?).

Dans ce cadre, il a notamment demandé au Secrétariat général du Conseil de **réaliser une étude statistique, sur la base de l'exploitation des données françaises et individuelles** de l'enquête *Conditions de travail*, visant :

- à **apprécier la part des emplois qui seraient potentiellement concernés par l'automatisation**, qu'il s'agisse d'un **risque de suppression** ou d'une **possibilité de transformation** des emplois ;
- mais aussi à **en décliner les résultats globaux par métier**, qu'il s'agisse là aussi des risques de suppression d'emplois ou des possibilités de transformation d'emplois.

Cette étude montre que :

- **moins de 10 % des emplois existants présentent un cumul de vulnérabilités susceptibles de menacer leur existence dans un contexte d'automatisation et de numérisation ;**
- **mais la moitié des emplois existants est susceptible d'évoluer, dans leur contenu, de façon significative à très importante ;**
- **le progrès technologique continuerait à favoriser plutôt l'emploi qualifié et très qualifié :** parmi les emplois susceptibles d'être vulnérables, les métiers surreprésentés, en volume ou au regard de leur part dans l'emploi total, sont souvent des métiers pas ou peu qualifiés.



Dans un second tome qu'il adoptera au printemps, le Conseil va s'attacher à étudier, en prenant en compte les incertitudes liées au phénomène et sur la base de différents scénarios, les enjeux précis en termes d'évolution des compétences, de mobilités professionnelles, d'organisation et temps de travail et de modes de management, de conditions de travail ou encore de soutien à l'innovation. Il y formulera également des préconisations de politiques publiques sur l'ensemble des champs de l'emploi et du travail.



## Automatisation, numérisation : de quoi parle-t-on ?

Jusque dans les années 1970, le terme automatisation renvoyait à des technologies permettant l'exécution de certaines tâches par des machines, essentiellement pour la fabrication de produits industriels. L'émergence de l'informatique a élargi de façon considérable le spectre des tâches et des fonctions de l'entreprise pouvant être automatisées, y compris désormais dans les services.

**Le déploiement d'Internet** à partir des années 1990 marque le démarrage d'une nouvelle vague d'innovations à l'origine de ce qui est couramment appelé la numérisation de l'économie. Il s'agit du phénomène de diffusion de technologies numériques à l'ensemble du système productif qui permet non seulement d'aller encore plus loin en matière d'automatisation, mais remet aussi radicalement en cause le fonctionnement et l'organisation de certains secteurs et modèles d'affaires.

**Des possibilités techniques d'automatisation et de numérisation encore accrues se profilent à l'horizon.** Plusieurs technologies – dont un grand nombre appartiennent au domaine du numérique et qui se caractérisent par leur **forte interdépendance** – sont **porteuses d'un potentiel considérable de transformation du système productif et de nos économies**. C'est le cas en particulier de **l'intelligence artificielle et de la robotique**. En permettant le développement de programmes informatiques et de robots capables de réaliser des activités toujours plus complexes et toujours plus apprenants, les progrès en cours et à venir dans ces domaines permettent en effet un élargissement de la portée de l'automatisation :

- à de nouvelles activités au sein de secteurs utilisateurs depuis plusieurs années de technologies d'automatisation tels que l'industrie ou l'agriculture ;
- à des secteurs restés jusqu'à peu à l'écart d'un mouvement d'automatisation, tels que la santé ou les services.

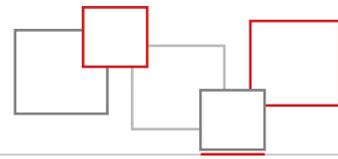
**C'est également le cas de l'impression 3D ou encore de l'Internet des objets.** Si un certain nombre de défis techniques doivent encore être relevés pour permettre une diffusion large de l'impression 3D, l'Internet des objets devrait contribuer à modifier en profondeur l'organisation du système productif au cours des prochaines années. Cette technologie est en effet au cœur de l'« Usine du futur », nouveau modèle industriel reposant sur la plus grande intégration des nouvelles technologies dans les processus de production et considéré comme un levier de maintien ou de redressement de la compétitivité industrielle.

## Ce que nous enseignent l'analyse économique et l'histoire

**Le chômage technologique : une préoccupation ancienne, sujet d'un débat continu au cours des deux derniers siècles mais non confirmé dans les faits**

Le lien entre technologie et emploi fait l'objet de débats anciens et intenses. Pourtant, les innovations techniques des deux derniers siècles ne se sont pas accompagnées d'une réduction de l'emploi, ni *a fortiori* de sa disparition. **Dans le sillage des révolutions technologiques précédentes, l'emploi s'est certes transformé, mais il a augmenté.**

**Le rapport montre que si la littérature économique n'aboutit pas à des conclusions claires et définitives sur l'effet des technologies sur l'emploi, elle décrit cependant de façon utile pour l'analyse plusieurs types d'innovations susceptibles d'avoir des effets différenciés sur l'emploi. Elle décrit des effets possiblement différenciés selon le niveau d'analyse – microéconomique au niveau de l'entreprise, sectoriel ou macroéconomique – et la temporalité. Elle présente aussi les mécanismes susceptibles de favoriser, soit des suppressions, soit des créations d'emploi.**



En effet, l'introduction de méthodes de production ou d'outils plus efficaces ne se réduit pas à la substitution du travailleur par la machine. Selon la nature des innovations technologiques, les effets attendus sur l'emploi varient.

**Les innovations qui correspondent à de nouvelles techniques ou méthodes de production** permettent certes d'accroître la productivité et donc *a priori*, si la production n'augmente pas, de **produire plus avec moins de travailleurs**.

**Mais des mécanismes de compensation peuvent alors réduire, voire compenser intégralement et au-delà, les pertes d'emploi initiales.** Et cela *via* la construction de nouvelles machines ; la réduction des prix de production ; l'augmentation de la demande ; les nouveaux investissements ; et l'augmentation de la demande de travail résultant d'une baisse des salaires.

**Leur ampleur dépend de quantité de facteurs** comme le contexte institutionnel (normes sociales, juridiques ou techniques), le fonctionnement des marchés (nature et intensité de la concurrence, élasticité de la demande au prix), les coûts respectifs du capital et du travail et les possibilités de substitution entre ces deux facteurs de production, ou la formation des anticipations des agents économiques (entreprises et consommateurs). L'effet final sur l'emploi est donc difficilement prévisible.

**En outre, les innovations à l'origine de produits ou de services nouveaux peuvent créer spontanément de l'emploi** en suscitant l'apparition de nouvelles activités à condition qu'elles ne « cannibalisent » pas des activités existantes.

**Le progrès technique a des effets sur le volume de l'emploi mais aussi sur sa structure en fonction du type d'emplois qu'il favorise ou auquel il se substitue.**

Par ailleurs, les technologies, en réduisant notamment les coûts de coordination, sont aussi susceptibles de modifier la répartition des emplois entre les pays et au sein d'un même pays.

## **Des interrogations sur l'évolution de la productivité et le chemin de croissance à long terme de l'économie**

**Le risque du chômage technologique, invalidé par deux siècles d'une croissance riche en emplois, est à nouveau évoqué depuis les années 1990 face au constat d'un ralentissement de la croissance de la productivité du travail dans la majorité des pays développés.** Or la croissance de la productivité du travail peut être considérée comme un moteur de la croissance économique et de l'emploi. Aucun consensus n'émerge pour expliquer ce ralentissement, il reste qu'un des facteurs pourrait être les transformations en cours et à venir liées au numérique.

**Pour les « techno-optimistes »,** le ralentissement de la croissance de la productivité n'est pas imputable à la nature des récentes technologies dont le potentiel de stimulation est réel, mais à la **rapidité** à laquelle elles apparaissent en comparaison de la vitesse d'adaptation des entreprises et des institutions : c'est avant tout une **question de rythme de diffusion des technologies**.

**Pour les « techno-pessimistes »,** les innovations numériques ne sont pas aussi puissantes que celles des deux précédentes révolutions industrielles quant à leur impact sur l'économie. Cela ne veut pas dire qu'il n'y aura plus d'innovations, seulement qu'elles ne tireront plus la productivité et la création de richesses comme l'ont fait les innovations des siècles passés.



## Les effets de l'automatisation et de la numérisation sur le volume, la structure et la localisation de l'emploi

### Comment apprécier ces effets ? Quelques questions essentielles

Tenter d'évaluer les effets de la diffusion des technologies les plus récentes sur l'emploi peut se faire d'un point de vue rétrospectif (le rapport examine pour l'essentiel les effets des technologies des trente dernières années), mais aussi prospectif. L'exercice prospectif se révèle d'autant plus difficile qu'il se fonde sur la **grande incertitude entourant le déplacement de la frontière technologique** : on cherche à apprécier les effets futurs sur l'emploi d'avancées technologiques en cours et à venir, dont on ne peut savoir avec certitude quand elles vont effectivement arriver à maturité, ni la façon dont elles vont se diffuser et se combiner demain pour agir sur l'emploi.

Que l'on se place d'un point de vue rétrospectif ou prospectif, l'analyse des effets du déploiement de technologies sur le volume de l'emploi, sa structure ou sa localisation requiert de répondre à plusieurs questions essentielles :

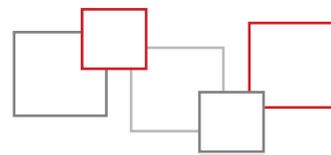
- Comment mesurer le progrès technologique et son effet sur l'emploi ?
- Comment apprécier le risque d'automatisation de l'emploi lié au progrès technologique et identifier les emplois les plus à risque ?
- Quel niveau d'analyse retenir (macroéconomique, sectoriel, microéconomique) ?
- Comment apprécier la question de l'horizon temporel ?
- Comment résoudre les biais d'estimation potentiels des analyses prospectives ?

**Le rapport documente notamment les points suivants :**

**Isoler le seul effet du progrès technique sur l'évolution du volume et de la structure de l'emploi constitue un exercice délicat : d'autres facteurs connexes interviennent par des canaux voisins.** C'est notamment le cas de la mondialisation (d'ailleurs largement liée à la diffusion du progrès technique), des évolutions sociodémographiques (vieillesse, activité féminine, hausse du niveau d'éducation, etc.), des réglementations et institutions du marché du travail ou encore des changements organisationnels dans le fonctionnement et la stratégie des entreprises (certains pouvant être liés directement au progrès technique, d'autres relevant plutôt des évolutions des modes de management).

**L'impact des nouvelles technologies sur l'emploi est par ailleurs multiforme** (effets sectoriels différenciés, cumul d'effets destructeurs et créateurs d'emploi dans des entreprises qui ne sont pas les mêmes, etc.). Des résultats différents peuvent être mis en évidence selon que l'on considère l'effet des nouvelles technologies au niveau national, sectoriel ou des entreprises.

**Toutes les analyses ne convergent pas non plus quant à la temporalité des effets des technologies sur l'emploi.** Cette question est discutée d'une double manière. D'abord, l'ampleur et l'articulation des différents mécanismes de compensation pouvant réduire voire compenser les pertes d'emploi qui découlent dans un premier temps de l'introduction d'une technologie restent incertaines. Ensuite, la durée de cette période de transition pour les changements technologiques en cours se révèle très difficile à évaluer : largement liée à la nature même des différentes technologies et à leur rythme de diffusion, la temporalité des effets sur l'emploi de la dernière vague d'innovations technologique est potentiellement différente des durées de transition des révolutions technologiques précédentes, sans que l'on puisse affirmer avec certitude si elle est de nature à être plus courte ou plus longue.



**Dans le cas des analyses prospectives, plusieurs biais sont enfin susceptibles de conduire à une surestimation du nombre d'emplois à risque d'automatisation :**

- ce n'est pas parce qu'une technologie peut se substituer à l'emploi d'un travailleur qu'elle est effectivement directement et massivement utilisée par les entreprises : les questions d'acceptation sociale, le contexte institutionnel et réglementaire et les conditions de rentabilité économique constituent autant de facteurs de nature à limiter ou à retarder l'automatisation effective ;
- les études prospectives existantes cherchent à mesurer les destructions *brutes* d'emploi : elles ne prennent pas en compte les créations d'emplois – directes ou indirectes – liées au numérique et ne permettent donc pas d'estimer l'effet global *net* sur le niveau de l'emploi.

**A l'inverse, il y a aussi un biais possible de sous-estimation du nombre d'emploi à risque d'automatisation :** les études apprécient le risque d'automatisation au vu d'une analyse *a priori* de l'état actuel des technologies et de leur potentiel d'automatisation. Rien ne garantit que l'évolution des technologies ne soit pas plus rapide qu'anticipé et que la frontière technologique ne déplace alors plus rapidement le seuil d'automatisation.

## Les impacts sur le volume de l'emploi

Le débat sur l'impact de l'automatisation sur l'emploi se focalise depuis peu, en particulier depuis la publication de l'étude de Frey et Osborne (2013), sur la question du volume de l'emploi concerné et des métiers qui sont les plus exposés au risque d'automatisation. Plus précisément encore, le débat tend à se centrer sur une seule approche prospective visant à estimer la part d'emplois potentiellement menacés de disparition du fait des progrès de l'automatisation. Cette approche est pourtant loin d'épuiser le débat sur les effets sur le volume de l'emploi.

*Les études rétrospectives convergent globalement pour montrer que les progrès technologiques des trente dernières années ont eu un effet favorable sur l'emploi*

**De nombreuses études empiriques<sup>1</sup>** ont cherché à évaluer, en France et à l'étranger, les effets des dernières vagues d'innovations technologiques sur le volume de l'emploi : malgré les différences d'approche et de méthode, elles tendent à converger pour conclure que **l'introduction d'innovations ont été globalement favorables. Ces effets sont néanmoins** variables selon la nature des innovations technologiques et le niveau d'analyse retenu, comme le montre le tableau ci-dessous. **Il reste que rares sont encore les études qui ont examiné l'impact sur le volume de l'emploi des seules technologies numériques et robotiques.**

---

<sup>1</sup> Le rapport du COE présente un récapitulatif des principales études rétrospectives évaluant l'impact du progrès technologique sur l'emploi réalisées depuis 2000.



**Tableau 1 : Les effets de l'innovation de produit et de procédé aux trois niveaux d'analyse**

	<i>Innovation de produit</i>	<i>Innovation de procédé</i>
<b>Au niveau micro</b>	Effet <b>positif</b> sur l'emploi  <i>Même quand le remplacement des anciens produits par les nouveaux est pris en compte</i>	Effet (direct) <b>néгатif</b> sur l'emploi <i>Quand la production est constante</i> Effet (indirect) <b>positif</b> sur l'emploi <i>Quand la production augmente</i>
<b>Au niveau sectoriel</b>	Effet <b>nul</b> sur l'emploi  <i>Quand l'innovation permet à une entreprise de gagner des parts de marché aux dépens d'une autre au sein du même secteur (l'emploi créé compense juste l'emploi détruit)</i>  Effet <b>positif</b> sur l'emploi  <i>Quand l'innovation permet de créer un nouveau marché</i>	Effet (direct) <b>néгатif</b> sur l'emploi  <i>Quand elle ne permet que des gains de parts de marché au sein du même secteur ou qu'elle entraîne une réallocation vers d'autres secteurs</i>  Effet (indirect) <b>positif</b> sur l'emploi  <i>Dépend des secteurs</i>
<b>Au niveau agrégé</b>	Effet <b>positif</b> sur l'emploi  <i>Quand le nouveau produit ne se substitue pas à l'ancien</i>  <i>Dépend de la capacité de l'économie à être radicalement innovante (proximité à la frontière technologique)</i>	Effet <b>néгатif</b> à court terme (direct) sur l'emploi  <i>Quand le capital permet de remplacer le travail à moindre coût</i>  Effet <b>positif</b> à moyen terme (indirect) sur l'emploi  <i>Compensation par la hausse de la demande (baisse des prix, hausse des revenus)</i>  Effet total <b>nul ou positif</b> à long terme  <i>Dépend de l'équilibre des effets et du temps d'ajustement nécessaire</i>

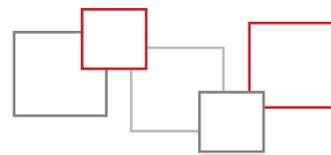
Source : Calvino F. et Virgillito M.-E. (2016), COE.

**Sans nullement s'accorder sur les chiffres, des études prospectives font état d'un risque pour l'emploi qui pourrait être significatif voire massif**

Même si elles ne cherchent qu'à apprécier un potentiel de suppression d'emplois, sans considérer les créations, **les études prospectives visant à apprécier l'ampleur de l'impact sur l'emploi à attendre des nouveaux changements induits par l'automatisation – et plus récemment par la numérisation et les avancées du big data – présentent des conclusions beaucoup moins favorables.**

**Certes, les résultats de ces études sont loin d'être convergents.** En effet, en fonction de l'approche méthodologique adoptée, les études prospectives existantes (cf. par exemple Frey et Osborne, 2013 ; Arntz, Gregory et Zierahn, 2016 ; Le Ru, 2016 ; McKinsey, 2016) affichent des résultats très disparates en matière de nombre d'emplois à fort risque d'automatisation.

**Mais le risque pourrait être significatif, voire massif.**



**Tableau 2 : Récapitulatif des résultats des principales études prospectives sur la France**

Etude	Niveau d'analyse retenu	Données	Horizon	Part des emplois à risque élevé
Roland Berger (2014)	Métiers	Structure de l'emploi français (INSEE)	Moyen-long terme (10 à 15 ans)	42 %
Arntz, Gregory, Zierahn (2016)	Individus (tâches)	PIAAC	Moyen-long terme (10-15 ans)	9 %
Le Ru (2016)	Individus (conditions de travail)	Enquête Conditions de travail (DARES)	Futur proche	15 %

Source : COE.

**Ces études comportent cependant un certain nombre de limites sérieuses, comme le signalent d'ailleurs les auteurs eux-mêmes.**

**Pour une part, ces limites sont inhérentes à l'exercice prospectif de quantification du risque d'automatisation :** il n'est pas possible d'établir scientifiquement un seuil à partir duquel un emploi serait automatiquement automatisé.

**Elles résultent ensuite de choix ou de contraintes méthodologiques.** Les études présentées ci-dessus portent sur le risque potentiel de substitution des emplois par des machines tel qu'apprécié à l'instant t : elles **se fondent sur des éléments anticipés à partir de la frontière technologique actuelle**, qui peut par définition évoluer de façon plus ou moins importante et rapide.

Elles se focalisent par ailleurs sur le risque de substitution de l'homme par la machine du seul point de vue technique et **ne prennent en compte ni les transformations possibles d'emplois existants, ni le potentiel de création d'emplois direct ou indirect** des technologies d'automatisation.

Enfin, **elles ne considèrent pas non plus l'ensemble des paramètres qui interviennent dans une décision de substitution d'un emploi par une machine :** les freins sociaux, institutionnels mais aussi économiques susceptibles de venir ralentir la diffusion effective des techniques d'automatisation.

*L'étude demandée par le Conseil montre que moins de 10 % des emplois cumulent des vulnérabilités susceptibles d'en menacer l'existence, et qu'environ la moitié des emplois existants pourrait voir leur contenu profondément transformé*

Le COE a souhaité disposer d'éléments d'analyse complémentaires **concernant la France** et permettant à la fois de mieux apprécier le volume des emplois susceptible d'évoluer significativement dans leur contenu sous l'effet de l'automatisation, au lieu de focaliser l'analyse sur le seul risque de destruction, mais aussi d'identifier les emplois les plus susceptibles d'évoluer du fait de certaines de leurs caractéristiques. Une étude a été réalisée en ce sens au sein du Secrétariat général à partir des données issues de l'enquête *Conditions de travail*, qui permettent de cerner les conditions individuelles d'exercice effectif du travail par les salariés en poste.



**Cette étude cherche à pallier certaines des lacunes identifiées dans les choix méthodologiques des études prospectives existantes : elle part, non d'une analyse par métiers, mais d'un recensement des conditions effectives de travail ; elle s'intéresse non seulement à des emplois supposés « à risque » de disparition, mais aussi à ceux susceptibles d'évoluer et elle se fonde sur des données françaises, individuelles et récentes.**

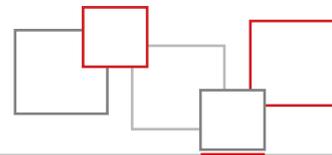
**Pour autant, l'approche de l'étude présentée par le Secrétariat général n'a pas pour ambition de proposer une analyse définitive de la substitution effective des travailleurs par des machines.** Elle présente naturellement les limites générales propres à tout exercice prospectif sur ce thème. Elle doit avant tout être conçue comme un élément d'éclairage sur l'exposition des travailleurs aux technologies en France.

### **Méthodologie**

*En se fondant sur les réponses des salariés interrogés dans le cadre de l'enquête Conditions de travail, l'étude construit, pour chaque individu, un indice d'automatisation de son emploi. Cet indice agrège les quatre dimensions identifiées par la littérature économique récente comme déterminant la vulnérabilité de l'emploi à l'automatisation dans les conditions technologiques actuelles : flexibilité ; capacité d'adaptation ; capacité à résoudre les problèmes et interactions sociales. A ces quatre dimensions, l'étude ajoute celle de la précision, identifiée comme un goulet d'étranglement important pour les métiers manuels.*

*Chaque dimension est définie par un ensemble de caractéristiques de l'emploi considéré, variable selon que celui-ci est exercé dans le secteur de l'industrie ou des services, et qu'il correspond à un métier manuel ou non. Chaque caractéristique correspond à une question de l'enquête Conditions de travail. Par exemple, dans le cas d'un métier manuel de l'industrie, l'absence de capacité d'adaptation est signalée par le fait de ne pas devoir interrompre une tâche en cours d'exécution pour en effectuer une autre non prévue ou par le fait de devoir suivre de manière stricte des ordres, consignes ou modes d'emploi pour accomplir son travail. Au total, entre 12 et 17 questions de l'enquête ont été mobilisées (selon que l'on prenne en compte les métiers non manuels des services ou manuels de l'industrie).*

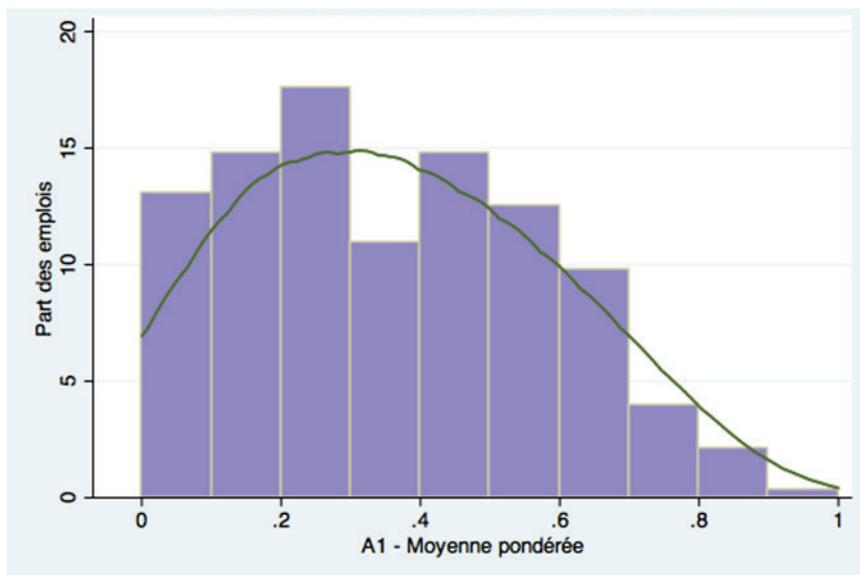
*L'indice d'automatisation est standardisé entre 0 et 1. Plus l'emploi occupé présente, au dire de la personne qui l'occupe, des caractéristiques correspondant aux quatre dimensions de vulnérabilité, plus la valeur de l'indice est élevée. Les emplois les plus exposés au risque d'automatisation sont donc ceux pour lesquels l'indice d'automatisation est proche de 1.*



**Résultats : moins de 10 % des emplois sont très exposés au vu des mutations technologiques, environ la moitié est susceptible d'être profondément transformée**

L'étude permet d'apprécier le degré d'exposition de la population salariée à l'automatisation, comme le montre le graphique ci-dessous.

**Graphique 1 : Distribution de l'indice d'automatisation dans la population salariée**



Note : Le graphique se lit comme suit : environ 13 % des emplois en France ont un indice d'automatisation compris entre 0 et 0,1.

Source : Secrétariat général du COE

Trois conclusions principales peuvent être tirées de la lecture de ce graphique :

- **la distribution se caractérise par une absence de polarisation des effectifs.** Elle se distingue en cela des conclusions de l'étude de Frey et Osborne qui met en évidence des effectifs plus importants aux deux extrémités de l'échelle ;
- **seule une faible part des emplois ont un indice d'automatisation élevé :** moins de 10 % des emplois cumulent de manière importante des caractéristiques qui les rendent vulnérables au vu des avancées technologiques actuelles. On les appellera ici les emplois «exposés » ;
- **une part bien plus importante des emplois est toutefois potentiellement concernée par l'automatisation :** près de 50 % des emplois pourraient voir leur contenu évoluer avec le développement des technologies de la numérisation et de l'automatisation. On les appellera ici les « emplois dont le contenu est susceptible d'évoluer ».

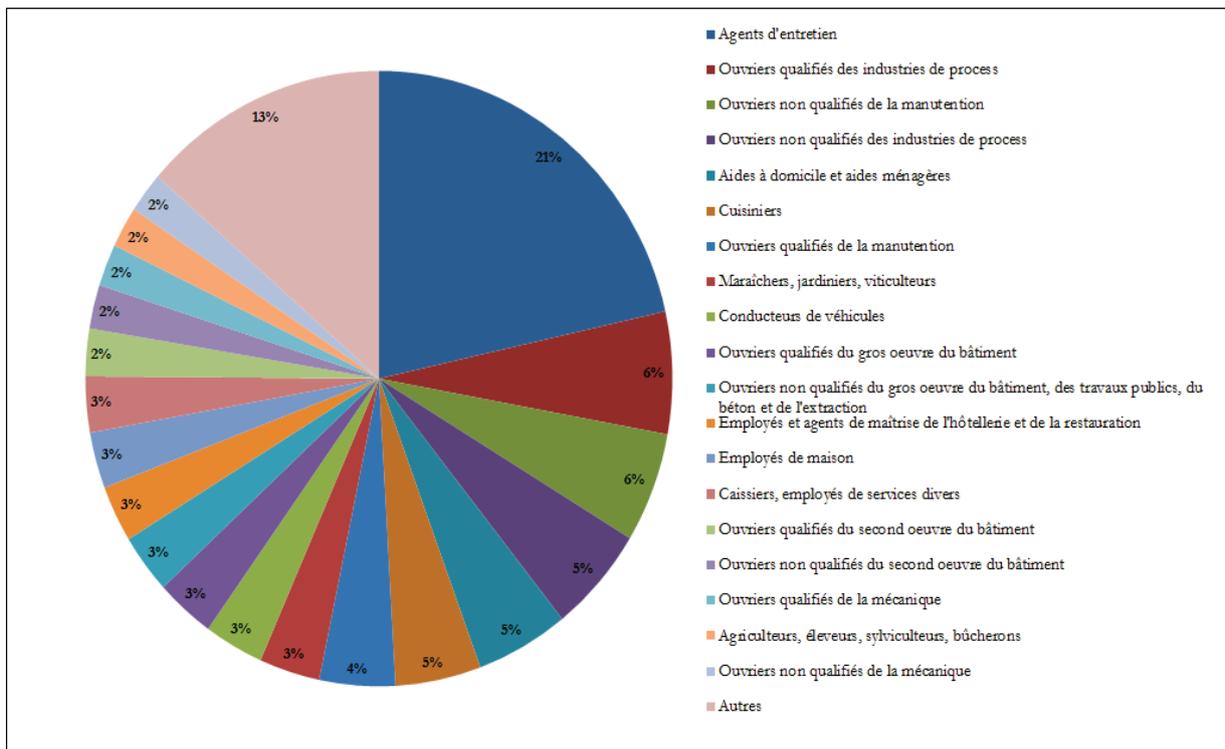


## Décomposition des emplois « exposés » et « susceptibles d'évoluer »

Sur la base de ces données, il est possible de regarder, à partir du degré d'exposition de chaque emploi de l'échantillon, quels sont les métiers les plus exposés et les plus concernés par l'automatisation. Cette analyse complémentaire peut prendre une double forme :

- d'abord, voir au sein des emplois « exposés » et « susceptibles d'évoluer », quels sont, en volume, les métiers les plus représentés, c'est-à-dire de regarder de quels métiers relèvent les contingents d'effectifs « exposés » et « susceptibles d'évoluer » les plus nombreux ;
- ensuite, et de façon complémentaire à cette première approche par volume, on peut chercher à identifier les principaux métiers qui sont surreprésentés au sein des emplois les plus « exposés » (ou des emplois les plus « susceptibles d'évoluer »), c'est-à-dire ceux dont la part dans les emplois les plus « exposés » (ou les plus « susceptibles d'évoluer ») par les technologies d'automatisation est supérieure à leur part dans l'emploi total.

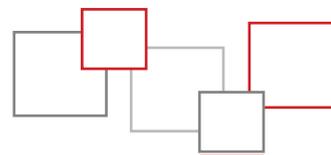
**Graphique 2 : Décomposition des emplois les plus « exposés » : les métiers les plus importants en volume**



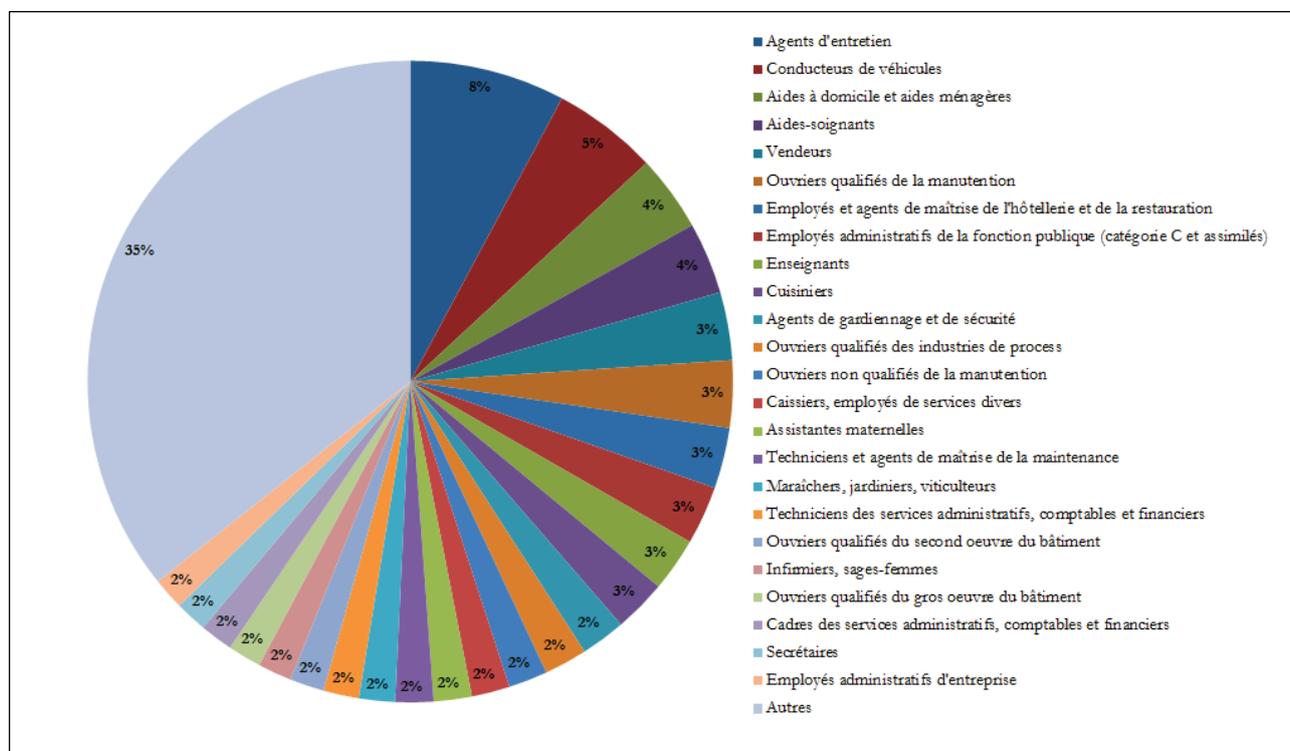
Lecture : parmi les emplois cumulant de manière importante des caractéristiques les exposant dans un contexte d'automatisation et de numérisation (l'indice d'automatisation retenu est ici d'au moins 0,7), les agents d'entretien représentent 21 % de l'ensemble des emplois « exposés ». On ne retient ici que les seuls métiers dont la part dans l'emploi exposé est supérieure au seuil de 2 %.

Source : Secrétariat général du COE

**Parmi ces emplois les plus « exposés », les métiers proportionnellement les plus représentés par rapport à leur part dans l'emploi salarié total sont le plus souvent des métiers manuels et peu qualifiés, notamment de l'industrie : ouvriers non qualifiés des industries de process, ouvriers non qualifiés de la manutention, ouvriers non qualifiés du second oeuvre du bâtiment, agents d'entretien, ouvriers non qualifiés de la mécanique, caissiers. On peut trouver aussi quelques métiers qualifiés : ouvriers qualifiés de la mécanique et ouvriers qualifiés des industries de process par exemple.**



**Graphique 3 : Décomposition par métiers des emplois « susceptibles d'évoluer » : les métiers les plus importants en volume**



Lecture : Parmi les emplois concernés par une reconfiguration des contenus et des méthodes de leur travail du fait de l'automatisation (indice d'automatisation pour ces travailleurs compris entre 0,3 et 0,7), les agents d'entretien (T4Z) représentent 8 % de l'ensemble des emplois «susceptibles d'évoluer». On ne retient ici que les seuls métiers dont la part dans l'emploi exposé est supérieure au seuil de 1,5 %.

Source : Secrétariat général du COE

Parmi ces emplois les plus « susceptibles d'évoluer », **les métiers proportionnellement les plus représentés par rapport à leur part dans l'emploi salarié total sont également souvent des métiers manuels et peu qualifiés, mais ils relèvent plus du secteur des services que les métiers les plus « exposés »** : conducteurs, caissiers, agents d'exploitation des transports, employés et agents de maîtrise de l'hôtellerie et de la restauration, aides à domicile et aides ménagères par exemple.

### Un potentiel de création d'emplois réel, mais dont l'ampleur est difficile à quantifier

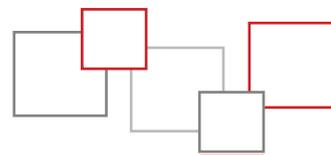
**Le potentiel de création d'emplois des nouvelles technologies est d'une double nature.** Il prend d'abord la forme d'un potentiel de **création d'emplois directs propres au développement de la technologie concernée** (emplois du numérique et de la robotique). Mais il s'agit aussi et surtout des **emplois indirects** créés dans l'ensemble de l'économie et induits notamment par les effets de compensation.

En l'espèce, s'agissant du mouvement actuel de numérisation et d'automatisation, le rapport détaille les raisons pour lesquelles il apparaît que :

- **le potentiel de création d'emplois directs est différencié : il est significatif dans le numérique** (les études prospectives disponibles montrent que la dynamique de créations nettes d'emplois dans le numérique devrait rester soutenue dans les prochaines années), **il est plus mesuré dans la robotique** (compte tenu principalement de la faible taille du secteur actuellement en France) ;



- **le potentiel de création d'emplois indirects, bien plus difficile à mesurer, est réel du fait notamment d'un triple facteur** : les avancées réalisées dans les domaines de l'intelligence artificielle et de la robotique s'inscrivent d'abord dans un mouvement plus large d'avancées technologiques pouvant conduire à **l'émergence d'innovations de produits ou de services** qui ont plus de chance d'avoir un effet positif sur l'emploi que les innovations de procédé ; la diffusion des technologies d'automatisation pourrait ensuite **permettre aux secteurs exposés et notamment à l'industrie d'améliorer leur compétitivité-coût mais aussi hors coût**, avec un effet positif sur l'emploi (plus compétitives, les entreprises industrielles françaises pourraient gagner des parts de marché à l'étranger, et donc augmenter leur production avec *in fine* des effets positifs sur l'emploi) ; l'amélioration de la productivité et le regain de compétitivité dans les secteurs exposés liées à ces nouvelles technologies pourraient enfin avoir des **effets d'entraînement supplémentaires dans les secteurs abrités (phénomène dit d'effet multiplicateur)**.



## Les impacts sur la structure des emplois et le contenu des métiers

*La structure de l'emploi a été profondément modifiée depuis les années 1980, en partie en lien avec la diffusion des technologies numériques*

Depuis les années 1980, on assiste en France à une évolution de la structure de l'emploi qui semble avoir surtout profité aux plus qualifiés. Dans d'autres pays comme les Etats-Unis, la croissance de l'emploi des plus qualifiés s'est accompagnée d'une progression de l'emploi peu qualifié, aux dépens des qualifications intermédiaires : c'est ce qu'on appelle une polarisation de l'emploi. Elle est moins nette en France.

Parmi les grandes explications avancées pour expliquer cette déformation de la structure de l'emploi figure la diffusion des nouvelles technologies et notamment des technologies numériques. Ces technologies seraient en effet plus facilement substituables aux emplois auxquels sont associés des tâches manuelles et cognitives « routinières ». Il s'agit plutôt d'emplois de niveau de qualification intermédiaire. Elles seraient en revanche complémentaires aux emplois auxquels sont attachés des tâches « non routinières » qui impliquent de résoudre des problèmes, de faire preuve de créativité ou de leadership. Il s'agit plutôt d'emplois de niveau de qualification élevé.

Si le sujet a surtout été traité aux Etats-Unis, plusieurs travaux valident pour le cas français l'idée que les nouvelles technologies sont plutôt défavorables à l'emploi des travailleurs qui réalisent des tâches manuelles et cognitives « routinières », tandis qu'elles sont plutôt favorables à l'emploi des travailleurs qui réalisent des tâches « non routinières ». Si la diffusion des technologies a ainsi alimenté la déformation de la structure de l'emploi au profit notamment des plus qualifiés, d'autres facteurs contemporains tels que la mondialisation, les changements démographiques ou encore les changements organisationnels peuvent également contribuer à expliquer ces évolutions.

*La diffusion des nouvelles technologies a aussi participé à une profonde évolution des métiers, marquée par une complexification généralisée et un essor des compétences analytiques et relationnelles*

Au-delà de la seule structure de l'emploi, les technologies numériques ont également contribué à modifier le contenu en tâches et en compétences des métiers au cours des dernières décennies.

Plusieurs travaux rendent ainsi compte d'une relative complexification des métiers existants en lien avec la diffusion de technologies nouvelles, marquée par un essor des compétences analytiques et relationnelles. On assiste par exemple (en particulier pour les cadres) à une mobilisation généralisée des compétences transverses : gestion de projet, capacité à travailler au sein d'équipe pluridisciplinaire, capacité à développer un réseau ou à communiquer (avec des collègues ou des clients), bonne compréhension de la stratégie d'entreprise, prise en compte des enjeux commerciaux.

La modification des compétences exigées sur le marché du travail a aussi été tirée par l'émergence de nouveaux métiers dans le domaine du numérique, auxquels sont attachées des tâches nouvelles et plus complexes. Ainsi, parmi les 149 nouveaux métiers apparus depuis 2010<sup>2</sup>, 105 appartiennent au domaine du numérique. Ces nouveaux métiers sont représentatifs de nouveaux besoins des entreprises, impliquant de nouvelles compétences et spécialisations.

Au-delà de la seule diffusion des technologies, d'autres facteurs tels que la multiplication des réglementations et la mise en place croissante de normes, les évolutions des modes de consommation et des usages ou encore la transition énergétique peuvent également contribuer à expliquer les évolutions observées depuis les années 1980.

---

<sup>2</sup> Selon la nomenclature ROME.



*Éléments de prospective : une modification de la structure de l'emploi et du contenu en tâches et en compétences des métiers en lien avec la diffusion des nouvelles technologies, qui devrait continuer à bénéficier d'abord aux plus qualifiés*

Plusieurs travaux prospectifs se sont intéressés aux effets des avancées technologiques en cours et à venir sur la structure de l'emploi dans le cas français. **Si les progrès attendus dans les domaines de l'intelligence artificielle et de la robotique doivent étendre les possibilités d'automatisation à des emplois de plus en plus qualifiés, ce sont les emplois les moins qualifiés qui restent les plus à risque en volume.**

S'il ne faut pas confondre risque d'automatisation et automatisation effective, la substitution d'au moins une partie des emplois les moins qualifiés identifiés comme à risque par des machines contribuerait alors à la poursuite d'une modification de la structure de l'emploi favorable aux emplois les plus qualifiés. **Moins d'emplois seraient alors accessibles aux moins qualifiés, ce qui soulève un certain nombre de défis.** L'étude réalisée par le Secrétariat général du COE met notamment en évidence une plus grande exposition de métiers peu ou pas qualifiés dans le secteur de l'industrie notamment.

Les travaux prospectifs disponibles annoncent par ailleurs, quel que soit le secteur ou le métier, la poursuite d'une complexification des métiers avec un essor à la fois de compétences cognitives transversales – travail en mode projet, compétences analytiques interactives – et de compétences techniques nouvelles.

Cette évolution du contenu des métiers – qui est générale à l'ensemble des secteurs et métiers – constitue là encore un enjeu de taille qui peut contribuer à une revalorisation du travail, mais qui implique aussi une attention particulière pour les moins qualifiés.

### Les impacts sur la localisation de l'emploi

*Au plan international : avancées technologiques, délocalisations et relocalisations de l'emploi*

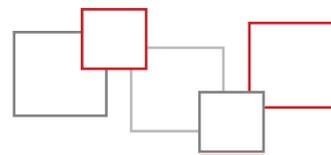
Les avancées technologiques en cours et à venir sont susceptibles d'influer sur la répartition des emplois nouveaux et existants à l'échelle internationale en pesant sur les déterminants de localisation des activités.

Le choix d'implantation d'une entreprise dépend en particulier de la taille et de la croissance du marché local, des coûts de production dont les coûts salariaux et les coûts de transport, de la disponibilité en ressources naturelles mais aussi en fournisseurs ou en travailleurs avec les compétences adéquates, du contexte institutionnel (fiscalité ou protection des contrats et de la propriété intellectuelle) et de l'environnement concurrentiel.

L'importance relative de chacun de ces déterminants varie selon la nature de l'activité : pour les secteurs à faibles barrières à l'entrée, les entreprises peuvent avoir tendance à privilégier les territoires rassemblant une main-d'œuvre peu chère et des infrastructures de transport efficaces ; pour les secteurs qui produisent et distribuent des produits difficiles à transporter, les entreprises s'implanteront au plus près de leur marché final ; enfin pour les secteurs de l'économie de la connaissance, les entreprises préféreront les écosystèmes denses en partenaires et en travailleurs qualifiés.

En transformant les modes de production ou en réduisant les coûts de coordination d'acteurs éloignés géographiquement, les innovations technologiques peuvent modifier le poids attribué à chaque déterminant dans le choix d'implantation.

En abaissant les « coûts de la distance », les technologies de l'information et de la communication ont ainsi pu favoriser des délocalisations de certaines activités « routinières » industrielles et de service vers des pays où le coût du travail est faible. Cette tendance, en cours depuis les années 1980, pourrait



**néanmoins s'atténuer voire dans certains cas s'inverser (relocalisations) grâce notamment aux possibilités croissantes d'automatisation.**

La diffusion des nouvelles technologies numériques et robotiques, combinée à des transformations de la demande, des hausses des coûts de production dans les pays émergents et des coûts des transports, **pourrait en effet être favorable à des retours d'activités préalablement délocalisées vers les pays émergents.** Les attentes des consommateurs d'individualisation croissante des biens et des services et de garantie sur la qualité des produits conduisent les entreprises à privilégier une localisation à proximité des consommateurs finaux pour être en mesure d'adapter leur production rapidement. En matière de transport, la hausse du prix des matières premières, les réglementations environnementales et la complexité de la gestion de chaînes de valeur mondiales favorisent là encore une localisation des firmes à proximité de leur marché final. La hausse des salaires dans les pays émergents amoindrit par ailleurs leur avantage comparatif par rapport aux pays développés. **Enfin, l'extension des possibilités d'automatisation dans la production industrielle mais aussi dans les services, peut conduire les entreprises à réévaluer la répartition entre capital et travail, et donc l'importance relative de leur coût.**

**Si donc les nouvelles technologies du numérique, combinées à d'autres tendances, peuvent modifier la géographie des activités, elles ne semblent pas être à ce stade à l'origine d'un mouvement de relocalisation de grande ampleur.** Difficile à définir et à mesurer, ce phénomène, variable selon les pays, aurait concerné, sur les dernières années, moins de 10 % des entreprises européennes qui avaient précédemment délocalisé. Si l'automatisation n'est que rarement identifiée directement comme le facteur déterminant des relocalisations, il reste que ce sont les entreprises intensives en technologie qui rapatrient le plus leurs activités.

Enfin, il demeure difficile d'apprécier les effets des choix de localisation des entreprises sur l'emploi domestique, qu'il s'agisse de délocalisations ou de relocalisations. La quantification de l'ampleur des destructions d'emplois (identifiées et à venir) à cause des délocalisations est ainsi source de divergences. En France, chaque année, environ 2 % des sociétés marchandes non financières de 50 salariés ou plus auraient délocalisé, entraînant la destruction d'environ 10 000 emplois (estimations sur la période 2009-2011). Néanmoins ces évaluations butent sur l'impossibilité de mesurer les effets sur l'emploi si les entreprises n'avaient pas délocalisé.

**Les relocalisations n'auraient pour l'instant eu qu'un effet limité sur l'emploi domestique.** Quelques études réalisées sur les Etats-Unis et le Royaume-Uni considèrent que les relocalisations seront, à l'avenir, associées à d'importantes créations nettes d'emplois. En France, le caractère lacunaire des études disponibles sur le potentiel de créations d'emplois liées aux relocalisations facilitées notamment par le progrès technologique ne doit pas conduire à sous-estimer l'enjeu qu'il représente.

*Au plan national : les nouvelles technologies devraient contribuer à poursuivre la tendance à la concentration des activités en particulier dans les grandes villes*

**La diffusion actuelle et future des technologies numériques a des effets différents sur l'emploi selon la composition sectorielle et le type de travailleurs de la zone d'emploi considérée.**

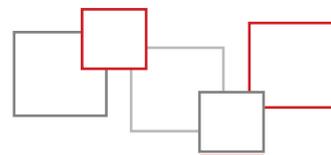
**D'une part, les territoires les plus susceptibles de connaître des destructions d'emploi à cause des possibilités croissantes d'automatisation seraient ceux où les secteurs industriels traditionnels faiblement intensifs en technologie représentent une grande part de l'emploi (en particulier si ces territoires sont spécialisés dans ces secteurs), mais aussi s'ils sont caractérisés par une forte densité en travailleurs peu qualifiés et où les métiers intensifs en tâches « routinières » pèsent beaucoup dans l'emploi local.**



**D'autre part, les territoires qui pourraient bénéficier de la diffusion des technologies seraient :**

- d'abord, les territoires capables **d'attirer des relocalisations** notamment industrielles ;
- ensuite, les aires urbaines où les entreprises peuvent profiter **d'économies d'agglomération** et puiser dans **un vivier de talents** dont les compétences sont complémentaires des nouvelles technologies.

**Le développement de secteurs soutenus par ces avancées technologiques peut enfin avoir des effets plus indirects sur l'emploi au niveau local**, en favorisant le développement d'emplois induits. L'emploi dans les industries intensives en technologie ou plus généralement dans le secteur marchand peut ainsi conduire à des créations d'emplois dans les services qualifiés et peu qualifiés au sein de la même économie locale. Au demeurant, si ce phénomène semble en effet avéré en France, la valeur de cet effet multiplicateur reste encore en débat.



## Conclusions

- 1. L'histoire économique montre qu'au cours des deux derniers siècles, l'emploi, s'il s'est beaucoup transformé, a continué à augmenter au fil des révolutions technologiques.** Le lien plutôt favorable entre l'emploi et les nouvelles technologies a également été confirmé au cours des trois dernières décennies.
- La nature et l'ampleur inédite des progrès liés au numérique et à l'automatisation ainsi que le ralentissement récent de la productivité remettent aujourd'hui la question de l'évolution de l'emploi au cœur du débat public. Dans un contexte marqué par de grandes incertitudes sur les avancées technologiques à venir et leur rythme de diffusion dans l'économie, **le Conseil a souhaité, pour éclairer le débat public et l'élaboration des politiques publiques, aborder la question dans sa globalité. Trop souvent en effet, les analyses sont partielles, ce qui peut fausser les conclusions.** Tantôt elles s'intéressent aux seules destructions d'emploi quand il faudrait aussi prendre en considération les créations d'emploi, plus difficiles bien sûr à concevoir et à chiffrer. Tantôt elles considèrent la question d'un point de vue purement quantitatif en omettant la dimension qualitative : la transformation du contenu des emplois et du travail.
- 3. Les leçons de l'analyse économique récente invitent à considérer, au-delà de la vitesse de déplacement de la frontière technologique, les enjeux de temporalité.** En effet, l'introduction de nouvelles technologies ne se traduit pas seulement par la substitution de l'homme par la machine, par le fait de produire plus avec moins, avec à la clé des destructions d'emploi. Les gains de productivité associés à des « innovations de procédé » qui permettent de produire avec des effectifs réduits sont également susceptibles de favoriser des gains de parts de marché, notamment à l'exportation. A côté ou à la suite de ces « innovations de procédé », des « innovations de produit » peuvent apparaître, avec des effets positifs sur l'emploi – à condition bien sûr que les nouveaux produits ne se substituent pas aux anciens. Par ailleurs, à plus ou moins brève échéance, des mécanismes de compensation ou effets de bouclage macroéconomique contribuent à l'augmentation de l'emploi, directement – *via* l'emploi nécessaire à la mise en œuvre des nouvelles technologies – ou indirectement – *via* notamment l'augmentation de la demande. **Deux questions sont dès lors cruciales : faire en sorte que ces mécanismes de compensation puissent intervenir dans les meilleures conditions et les plus brefs délais et bien gérer la période de transition.**
- 4. Une économie ne peut s'abstraire ni même se tenir provisoirement à l'écart des progrès technologiques au risque d'un décrochage :** le progrès technologique n'est pas une option et la rapidité d'adaptation est aussi un critère de succès dans un contexte de mondialisation accrue.
- 5. La diffusion des nouvelles technologies et par conséquent leur impact sur l'emploi et l'emploi national en particulier n'est pas pour autant une route toute tracée :** à frontière technologique donnée, **les scénarios peuvent être très différents selon les choix opérés par les acteurs économiques** – les créateurs d'entreprises et les investisseurs –, et les conditions résultant de leur environnement. Aussi **les normes éthiques et sociales**, ainsi que **les choix de politiques publiques**, sont-ils déterminants. Et ce qu'il s'agisse par exemple de soutien à l'innovation et à la R & D publique et privée, d'édiction de normes techniques, d'application du droit de la concurrence (oligopoles), d'éducation, de formation et d'emploi. Tous concernent le pacte social et le soutien à l'offre et à la demande globale. L'ampleur et le



caractère crucial des choix à opérer exigent un diagnostic le plus étoffé possible et de bien apprécier toutes les éventualités, pour se mettre en état de mieux décider en contexte d'incertitude.

6. Pour établir ce diagnostic prospectif, il faut retenir le bon cadre d'analyse. Les études empiriques analysées par le Conseil mettent clairement en évidence que, **lorsqu'une machine se substitue à une activité humaine, elle se substitue à une ou plusieurs « tâches » – c'est-à-dire la manière d'effectuer une activité de travail en mobilisant certaines compétences – non à des « métiers »**. D'une part, tous les individus accomplissant le même « métier » n'accomplissent pas les mêmes tâches, d'autre part le contenu en tâches d'un même métier peut évoluer avec, notamment, le progrès technologique.
7. Dès lors, mieux vaut se baser sur des données individuelles, décrivant la réalité des emplois en France, en prenant en compte la complexité de leur contenu. **L'étude réalisée au sein du Secrétariat général du Conseil** sur le champ de l'emploi salarié en France à partir des données issues de l'enquête *Conditions de travail* montre que :
  - ✓ **moins de 10 % des emplois existants présentent un cumul de vulnérabilités susceptibles de menacer leur existence dans un contexte d'automatisation et de numérisation ;**
  - ✓ **mais la moitié des emplois existants est susceptible d'évoluer dans leur contenu de façon significative à très importante ;**
  - ✓ **le progrès technologique continuerait à favoriser plutôt l'emploi qualifié et très qualifié** : parmi les emplois susceptibles d'être vulnérables, les métiers surreprésentés, en volume ou au regard de leur part dans l'emploi total, sont souvent des métiers pas ou peu qualifiés.
8. **La perspective d'une disparition massive des emplois existants, que laissent entendre certaines études soulignant que près de 50 % des emplois seraient exposés à un risque élevé d'automatisation – n'est donc pas la plus probable. En revanche, il est clair que les évolutions en cours vont être à l'origine d'une profonde transformation des emplois existants**, y compris dans des secteurs et métiers qui ne semblaient pas jusqu'à présent les plus directement concernés.
9. Les nouvelles technologies du numérique ont dans un premier temps facilité la délocalisation de certaines fonctions de l'entreprise et de tout ou partie des emplois correspondants. **Le mouvement d'automatisation et de numérisation pourrait à terme contribuer à favoriser des relocalisations d'activité, avec des retombées potentielles positives sur l'emploi, même si à ce stade les exemples sont encore modestes.**
10. **L'importance d'un diagnostic prenant en compte une part d'incertitude sur les effets des nouvelles technologies de la numérisation et de l'automatisation est cruciale** : c'est sur cette base que doivent s'appuyer les évolutions des politiques publiques et des régulations à mettre en œuvre. Elles ne sont ni de la même ampleur, ni de la même nature selon que les transformations sont lentes ou brutales, mineures ou massives, et concentrées ou non sur certaines compétences, certaines zones géographiques, certaines catégories d'emploi. Dans un second tome du présent rapport, le COE va s'attacher à étudier, **sur la base de ces différents scénarios**, les enjeux précis en termes d'évolution des compétences, de mobilités professionnelles, d'organisation et temps de travail et de modes de management, de conditions de travail ou encore de soutien à l'innovation. Il y formulera également des préconisations de politiques publiques sur l'ensemble des champs de l'emploi et du travail.