



**Rapport de synthèse
du séminaire 2016 de
l'Académie des technologies
« Innovation – Croissance – Emploi »**

« Révolution numérique et emploi »





©Académie des technologies- septembre 2017
Grand Palais des Champs-Élysées - Porte C
Avenue Franklin D. Roosevelt - 75008 Paris
+33(0)1 53 85 44 44
secretariat@academie-technologies.fr
www.academie-technologies.fr
ISBN : 979-10-97579-01-2





Table des matières

Préambule	5
Introduction	7
Les grandes évolutions depuis les années 1970 concernant l'impact de l'innovation sur l'emploi	9
De la notion de progrès à celle d'innovation	9
Diminution continue de la croissance	10
Évolution du chômage et du marché du travail	11
Rôle de la démographie	12
Impact des grandes transitions technologiques sur la productivité et l'emploi	13
Le cas de la transition écologique	14
Au cœur des transitions technologiques du début du XXI^e siècle, l'irruption de la transition numérique	17
Transition numérique et robotique	18
Spécificités de la transition numérique	19
Impact culturel du numérique	20
Impact sur la productivité et la croissance	20
Impact sur l'emploi	22
Comment gérer les impacts de la transition numérique ?	27
Comment conduire les transitions technologiques pour déboucher sur des opportunités nouvelles ?	27





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

Comment se préparer aux bouleversements à venir face à de telles incertitudes?	30
Conclusion et prochaines étapes	37
Liste des contributions	41
Académie des technologies	41
Personnalités extérieures	41
Rédaction du rapport de synthèse	42
Références	43
Publications de l'Académie	45





Préambule

Ce rapport reprend l'essentiel du contenu et les principales conclusions du séminaire annuel de l'Académie des technologies tenu en octobre 2016 et consacré aux relations entre l'innovation, la croissance et l'emploi. Alors que la révolution numérique commence juste à se déployer, le thème choisi par l'Académie est lourd d'enjeux et d'implications, tant micro-que macro-économiques, tant pour la connaissance scientifique que pour l'élaboration des politiques publiques. Certes, le sujet n'est pas nouveau : les liens entre le progrès technique et l'emploi étaient déjà au cœur des premiers débats ouverts par l'économie politique. Mais le thème est forcément renouvelé par les spécificités de la nouvelle révolution technologique en cours et par les progrès de l'analyse économique.

Ce rapport, puisque pour l'essentiel il rend compte d'échanges et de débats, ne peut pas prétendre à la rigueur d'un travail de recherche. Il vise avant tout à rassembler les questions pertinentes et quelques réponses, parfois impertinentes, sur un thème majeur qui fait l'objet de travaux, de livres et d'articles incessants et foisonnants. Dans ce contexte, le parti a été consciemment pris de ne pas « courir » après une littérature bourgeonnante, mais de privilégier la clarté sur l'exhaustivité, et de ne pas réinterpréter les discussions d'octobre 2016 à la lumière du nouveau contexte politique français né des élections de 2017.







Introduction

Du fait de la persistance d'un chômage de masse dans un contexte de très forte poussée technologique, il existe de plus en plus de rapports et travaux sur le thème de **l'impact réel et durable des nouvelles technologies sur l'emploi**.

L'objet de ce rapport de l'Académie des technologies est d'éclairer certains aspects de ce thème dont les enjeux sont d'une actualité évidente en privilégiant une approche concrète et comparative de l'évolution française. La question cruciale des indicateurs économiques de référence (PIB, productivité, croissance...), qui se situe « en amont » au niveau macro-économique nécessiterait une analyse plus large et plus ambitieuse. L'approche privilégiée ici se situe à l'articulation de la micro, de la méso et de la macro-économie. Les interférences entre ces différents niveaux (entreprises, secteurs économiques et entités politiques) sont en effet de plus en plus fortes avec l'émergence d'acteurs privés ayant la puissance économique de certains États et la capacité de redéfinir les frontières des secteurs économiques. Cela pose clairement la question des niveaux pertinents d'action et de régulation de la puissance publique.

Ce rapport s'articule autour de trois interrogations qui résument les conclusions d'un séminaire interne tenu en octobre 2016 avec l'intervention de nombreux économistes et acteurs de la vie économique en France et en Europe :

- quelles ont été depuis les années 1970 les grandes évolutions des relations innovation-croissance-emploi ?





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

- quelles sont les caractéristiques spécifiques de la « transition numérique » en cours ? En particulier le mécanisme schumpetérien de destruction/création nette d'emplois sera-t-il encore valide ?
- comment gérer la transition entre les deux phases de destruction et de création d'emplois ?





Chapitre I

Les grandes évolutions depuis les années 1970 concernant l'impact de l'innovation sur l'emploi

De la notion de progrès à celle d'innovation

L'observation des grandes évolutions depuis la fin de la seconde guerre mondiale, montre que la rupture se situe vers 1974, aux alentours du premier choc pétrolier qui marque la fin des « trente glorieuses ». À partir de ce moment, il est de moins en moins fait référence au « progrès technique » et de plus en plus à « l'innovation technologique ». Le concept de progrès qui incorporait l'acceptabilité sociale des évolutions en cours et à venir a peut être été délaissé trop vite... Etienne Klein (1) a montré qu'il s'agit d'un changement de perspective considérable. Ainsi comme il le note dans la communication de la Commission européenne *Europe 2020*¹ : « la compétitivité, l'emploi et le niveau de vie du continent européen dépendent essentiellement de sa capacité à promouvoir l'innovation, qui est également le meilleur moyen dont nous disposons pour résoudre les principaux problèmes auxquels nous sommes confrontés... ». Dans un monde de rupture et de conflits, l'innovation introduit une nouveauté qui « protège » contre la concurrence. Ce n'est pas un

1 http://ec.europa.eu/archives/commission_2010-2014/president/news/documents/pdf/20100303_1_fr.pdf





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

changement de vocabulaire, mais cela révèle un changement profond d'attitude : l'innovation devient une **arme souvent indispensable** qui rend plus **compétitive** l'entreprise sur le marché et aussi le pays dans la concurrence internationale.

L'innovation n'est pas seulement une innovation de produits, de procédés ou processus pour introduire sur le marché des produits ou services nouveaux ou fortement améliorés. Elle peut également être commerciale, organisationnelle ou sociale, en particulier pour que l'entreprise s'adapte aux évolutions technologiques ou améliore sa compétitivité. C'est également le cas des États qui tentent par des réformes sur le travail ou la fiscalité d'améliorer leur compétitivité pour dynamiser leur marché de l'emploi.

Diminution continue de la croissance

En ce qui concerne la croissance, la rupture s'est également produite aux alentours des années 1970. Ainsi, le taux de croissance annuel moyen en France depuis 1963 s'établit comme suit suivant différentes périodes (2) :

1963-1970	5,6 %
1971-1980	3,6 %
1981-1990	2,5 %
1991- 2005	2,0 %
2006- 2013	0,8 %

En résumé, la période 1963-1970 présente un taux de croissance annuel moyen de 5,6%. C'est la dernière période des « Trente glorieuses » dont la croissance a été assez régulière entre 4 et 6% avec un chômage quasi nul.

Dans la période 1971-1980, la croissance annuelle moyenne est de 3,6%, puis elle baisse à 2,5% sur la période 1981-90 jusqu'à atteindre 0,8% entre 2006 et 2013. La croissance annuelle est non seulement fortement ralentie, mais elle est plus irrégulière. Les moyennes effectuées sur des durées un peu plus longues sont par contre systématiquement décroissantes.





Chapitre I — Les grandes évolutions depuis les années 1970 concernant l'impact de l'innovation sur l'emploi

Dans cette situation, deux périodes peuvent être distinguées: une croissance rapide après la période tourmentée de l'immédiat après-guerre, puis une série de chocs intervenants les uns après les autres : le premier puis le second choc pétrolier, un choc majeur avec la crise des subprimes, la crise des pays de la zone euro et enfin une croissance faible avec augmentation des déficits publics et du chômage.

Évolution du chômage et du marché du travail

Quelle est la perception de l'opinion et des pouvoirs publics sur la relation entre croissance et emploi au cours de ces périodes ?

Dans la période de forte croissance des trente glorieuses, celle-ci n'est pas remise en cause et ne suscite pas de débat. En revanche, il existe des débats sur la répartition des bénéfices de la croissance en raison des grandes mutations de l'emploi (3). Si le niveau d'emploi est tel qu'il n'y a pas de chômage, c'est que même dans les secteurs dont la croissance se ralentit comme la sidérurgie ou l'industrie du charbon, les départs volontaires sont tels qu'il y a globalement toujours des besoins de main d'œuvre. Il n'y a pas de nécessité de nouvelles mesures sociales pour l'adaptation de l'emploi. De même, la croissance est suffisante pour financer les dépenses sociales de l'État protecteur.

La seconde période à partir de la fin des années 1960 est très différente. Malgré son niveau encore élevé, il apparaît progressivement une contestation de la croissance qui cristallisera dans le mouvement de mai 1968. La croissance peut-elle durer indéfiniment ? Correspond-elle à l'amélioration du bonheur etc. ? C'est à cette époque qu'apparaissent des tentatives de nouvelles définitions de la croissance faisant intervenir les notions de bonheur, d'inégalités, d'environnement, etc.

Simultanément, dès que la croissance commence à baisser, presque tous les gouvernements luttent pour tenter de **retrouver la croissance par des relances budgétaires et fiscales**, ce qui naturellement alimente les déficits publics. Malgré cela le taux de chômage en France qui avait commencé à croître avant le premier choc pétrolier est **monté d'environ 3 % en 1975 à environ 10 % en 1986**. On constate ensuite un enchaînement de creux et de remontées aux environs de 10 % jusqu'à aujourd'hui.

À partir de cette constatation, on peut se demander pourquoi les lois habituelles





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

de l'offre et de la demande semblent ne pas s'appliquer au marché du travail alors que les salaires arrivent à se réguler. Le chômage pourrait être dépendant de l'état de développement de la société ce qui n'est pas le cas. Une des raisons de cette anomalie est sans doute liée au fait que le marché du travail n'est pas un marché comme les autres : compte tenu des différentes charges patronales ainsi que des coûts induits par les variations d'effectifs liés aux aléas économiques qui pèsent sur les entreprises, d'une part, et des charges et risques de précarité qui pèsent sur les salariés d'autre part, il n'y a pas d'égalité entre le coût d'un recrutement pour l'entreprise et le revenu du salarié.

L'économiste Mancur Olson, expliquait que, dans les démocraties, après les guerres détruisant les groupes organisés, s'organisent d'autres groupes, plus ou moins rigides, dans lesquels les bureaucraties **privilégient l'intérêt de la superstructure sur l'intérêt général**. Dans les groupes organisés, tout le monde parle du chômage, mais les intérêts des chômeurs ne sont pas toujours prioritaires. Un exemple de problème mal posé est celui du coût du travail : le débat ne porte pas sur son effet sur l'emploi et sur les mesures qui pourraient réduire les déséquilibres fondamentaux qui entraînent à la fois de tels niveaux de chômage et de déficits publics, mais plutôt sur le principe de savoir si **on favorise les entreprises ou les ménages**.

Rôle de la démographie

Le rôle de la démographie sur la croissance, malgré d'intéressants travaux, y compris en France, est moins souvent traité par les économistes que d'autres paramètres. Contrairement à la France, nombreux sont ceux qui dans plusieurs pays ont une réticence profonde à considérer la fécondité comme un **instrument de politique économique**. C'est pour eux une affaire privée que les pouvoirs publics n'ont pas à chercher à influencer.

Une étude récente de J.M. Boussemart et M. Godet (4) a cependant tenté, à partir du parallélisme entre le ralentissement de la croissance du PIB par tête et celle de la population, d'éclairer le **lien entre croissance démographique et croissance économique** sur la période 1993-2015. Une corrélation est apparue sur un échantillon réduit aux 23 membres de l'OCDE. Sur une très longue période, une corrélation





Chapitre I — Les grandes évolutions depuis les années 1970 concernant l'impact de l'innovation sur l'emploi

statistique apparaît entre croissance du PIB par tête et celle de la population pour un certain nombre de pays comme la France, le Japon et la Corée du Sud avec une relation positive depuis la fin de la seconde guerre mondiale. Ces auteurs en tirent la conclusion que plus la démographie est dynamique, plus la croissance économique et l'élévation du niveau de vie sont rapides. En revanche, les USA et le Royaume Uni font exception à cette corrélation.

L'impact de la démographie sur l'emploi est complexe. Ce qui est sûr, c'est que la croissance de la population active est l'une des composantes de la croissance potentielle, autour de laquelle oscille, en plus ou en moins, la croissance effective. Une autre question reste en suspens : dans quelle mesure la perspective démographique peut être favorable ou défavorable à l'innovation ? En d'autres termes, est-ce que les pays vieillissants seront moins aptes à tirer parti de la vague numérique ? Ceci semble contredit par des pays comme l'Allemagne et le Japon pour lesquels malgré le vieillissement rapide de leur population, le remplacement de l'Homme par l'intelligence artificielle ou les robots constitue une opportunité majeure pour consolider le niveau de productivité de leur industrie.

Impact des grandes transitions technologiques sur la productivité et l'emploi

L'impact des nouvelles technologies est multidimensionnel. Ne sont pas évoqués ici des sujets cruciaux, appelant des analyses plus spécifiques, qu'il s'agisse des questions éthiques posées par la révolution numérique, de ses implications pour la famille (et la vie familiale) ou de cybersécurité.

L'effet du progrès technique sur l'emploi est une très vieille histoire. Il est courant de rappeler la réaction des luddites en Angleterre ou des canuts en France qui cassaient les machines au début du XIX^e siècle parce qu'elles détruisaient leur emploi, ce qui était vrai à court terme. Cependant, **la productivité a été multipliée par 20 environ dans les pays occidentaux au cours des deux derniers siècles**. Le nombre d'emplois n'a pour autant pas été divisé par 20 ! Il se passe donc autre chose, d'où cette vision de nombreux économistes qui considèrent que productivité et emploi





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

sont deux choses différentes dans le long terme et, qu'en tout état de cause, les liens ne sont pas aussi simples qu'il y paraît. **En se référant au passé, il ne faut donc pas a priori attendre de destructions massives d'emplois de la vague d'innovations actuelle si le mécanisme schumpétérien de destruction créatrice continue de s'appliquer de façon globale et sur le long terme.**

À plus court terme, deux questions se posent aujourd'hui :

- il a été vu que la croissance du PIB n'a cessé de ralentir depuis plusieurs décennies et corrélativement **la hausse de la productivité a ralenti de façon continue**. Elle s'était un peu accélérée aux États-Unis à la fin des années 90 et au début des années 2000, mais dès le milieu des années 2000, avant même la crise financière, la productivité s'est de nouveau ralentie. En Europe, elle n'avait jamais connu de reprise et elle a continué son lent déclin. Le constat est aujourd'hui une stagnation de la productivité au Royaume-Uni, un déclin en Italie et une situation à peine meilleure dans le reste de l'Europe. Or, au niveau macro-économique, pas de gains de productivité signifie pas de croissance. **Pourquoi cette faible productivité ?**
- parallèlement, il n'y a pas assez d'emplois générés en France par le système économique, ce qui semble contradictoire avec la stagnation de la productivité. L'équation traditionnelle veut en effet qu'une croissance donnée se partage entre emplois et productivité et qu'un ralentissement de la productivité devrait être favorable à l'emploi. **Cette raréfaction des emplois ne semble donc pas liée aux gains de productivité.**

Cas de la transition écologique

Contrairement à la transition numérique, la transition écologique n'est pas spontanée. C'est un processus plus dicté aujourd'hui par une volonté de la société et des politiques publiques (pas nécessairement populaires) que par les marchés et la concurrence. Il en sera peut-être autrement quand un prix significatif du carbone sera fixé tenant compte d'un coût social proposé par des experts internationaux.

En France, au cours du Grenelle de l'environnement en 2007, l'annonce avait été faite de **la création de 600 000 emplois**. Cela a rapidement généré la déception





Chapitre I — Les grandes évolutions depuis les années 1970 concernant l'impact de l'innovation sur l'emploi

car le nombre d'emplois créés a été bien plus faible qu'annoncé . Il faut aujourd'hui faire preuve d'une grande prudence . Après la COP 21 (dont les conclusions exigent probablement quelques ruptures) , il est plutôt question de **200 000 emplois** . Ces emplois sont *a priori* peu dé-localisables , encore faut-il que leurs coûts soient acceptables . À partir de l'impact des divers secteurs de la transition écologique , la prévision est que :

- dans le secteur de l'énergie : les énergies renouvelables auront le premier rôle avec quelques dizaines de milliers d'emplois ;
- dans le secteur du bâtiment : l'impact de la révolution écologique sur l'emploi va être massif ; la transformation se fera par la formation du personnel en place et par des recrutements ;
- dans le secteur de l'économie circulaire et du recyclage: des emplois d'exécution sont envisagés , mais la complexité des optimisations va exiger des emplois qualifiés ;
- dans le secteur du véhicule électrique : les constructeurs travailleront surtout sur l'adaptation des compétences du personnel en place . Il existe par contre un potentiel d'emploi dans les réseaux de recharge et dans les batteries si la France y investit massivement pour combler son retard ;
- dans le secteur de la biodiversité : il existe un grand défi , mais pas de modèle économique . Le secteur sera impacté plutôt par adaptation et transformation des emplois . Le nombre d'emplois susceptibles d'être créés (traitement des espaces naturels , conseil , recherche) est estimé à 30 .000 .

Au niveau de la formation , il existe une offre externe massive . L'intégration de ces problématiques dans les programmes des écoles d'ingénieurs et des universités est faite . Les entreprises exigent de plus en plus que les jeunes soient formés à la transition écologique/énergétique et , réciproquement , les jeunes choisissent des entreprises qui s'engagent dans cette voie .







Chapitre II

Au cœur des transitions technologiques du début du XXI^e siècle, l'irruption de la transition numérique

Par souci de simplification, le terme « technologies numériques » regroupe ici les technologies de l'information et de la communication (TIC), la robotique et, de façon plus générale, les systèmes intelligents combinant les activités cognitives et le remplacement des tâches humaines.

De façon schématique, le monde a à faire face pour les décennies qui viennent à **trois grandes transitions technologiques** : la transition climatique, écologique et énergétique, la transition dans la santé publique et la transition numérique/robotique auxquelles s'ajoute la transition démographique. Les transitions écologiques et de la santé ont fait l'objet de plusieurs publications de l'Académie des technologies (5, 6, 7). Contrairement aux autres transitions qui sont apparues très progressivement et dont les cycles sont lents, la transition numérique a fait irruption dans la société de façon très brutale et diffuse très rapidement dans toutes les activités humaines y compris au sein des autres transitions.

Ces transitions technologiques en cours soulèvent trois types d'interrogation :

- soit le mécanisme de **destruction créatrice** se poursuivra avec peut être un décalage dans le temps entre ces deux phases lié à la spécificité des transitions technologiques actuelles comme cela sera vu plus loin ; soit l'avenir sera différent du passé parce que ces transformations ne concernent plus seulement l'habileté humaine, mais aussi **sa capacité cognitive** et qu'elles vont détruire beaucoup d'emplois ;





- soit ces transformations ont déjà eu lieu et l'économie est entrée dans une nouvelle ère de « **stagnation séculaire** », c'est-à-dire d'absence de gains de productivité et de croissance pour une longue période. Sur cette base se développent des discours sur la fin du travail tel que ceux prononcés aujourd'hui ainsi que sur « l'homme inutile » [16].

D'autres paramètres comme l'insuffisance quantitative ou qualitative de l'investissement, les outils de mesures du PIB et de la croissance et les différentes sources d'inégalités sont également à considérer.

Transition numérique et robotique

L'introduction dans l'industrie des outils permettant d'automatiser et de piloter les procédés industriels (systèmes de régulation, de contrôle/commande, d'automates programmables, de robots, etc.) pour suppléer aux tâches humaines est ancienne. L'arrivée des ordinateurs a permis d'accélérer ce **mouvement d'automatisation des procédés** et de baisser les coûts, mais n'a pas créé globalement de réelle rupture dans les systèmes de production. Par contre, elle a commencé à bouleverser les tâches de conception grâce aux progrès rapides des logiciels de modélisation et au développement des systèmes experts et de l'intelligence artificielle que permet l'accroissement spectaculaire et continu des puissances de calcul depuis les années 1990. Plus récemment, les applications du *Big Data* connaissent un développement impressionnant et pourront révolutionner les modes de pensée et renforcer l'utilisation des algorithmes.

Concernant la révolution numérique, il peut être considéré que la première phase remonte à la fin des années 1990 jusqu'à l'éclatement de la bulle internet au début des années 2000. Le véritable déclenchement de **l'irruption du numérique dans toute la société** peut être daté du 9 janvier 2007 avec la présentation de l'iPhone par Steve Jobs. Ce fut qualifié alors de **tsunami numérique** et de **systèmes intelligents**. Très vite, il y a eu un décalage dans l'adoption de ces technologies dans la sphère personnelle et dans la sphère professionnelle. La prise de conscience dans le monde de l'entreprise de l'ampleur du phénomène et de ses conséquences a été tardive, mais massive. Elle s'articule souvent dans les organisations autour des





Chapitre II — Au cœur des transitions technologiques du début du ^{xxi}e siècle, l'irruption de la transition numérique

peurs qu'engendre l'adaptation de ces systèmes à la vie professionnelle (et tout autant celles qu'engendrent l'adaptation des organisations à leur usage). L'impression générale est que la transition numérique va globalement créer de la valeur pour l'humanité, mais il y a beaucoup d'incertitudes sur les bouleversements qu'elle va provoquer. Ceci conduit certains à parler de « catastrophisme éclairé », c'est-à-dire de la nécessité d'envisager rationnellement et sereinement la possibilité que des catastrophes surviennent en cas d'évolution mal maîtrisée de ces technologies et d'étudier concrètement les dérives éventuelles. Penser le changement de nature de l'outil constitué par les systèmes intelligents paraît une urgence sociétale : de l'outil au service du travail humain, on a glissé vers l'homme au service de la machine.

Spécificités de la transition numérique

La principale spécificité de la transition numérique par rapport aux transitions technologiques précédentes est qu'elle s'introduit à **une vitesse sans précédent** à travers les technologies d'information et de communication (TIC) dans **l'ensemble des activités humaines**, qu'elles relèvent de la sphère privée ou professionnelle, individuelle ou collective. Elle affecte tous les niveaux de la société depuis les grandes organisations publiques ou privées jusqu'à la place de l'individu au sein de ces organisations et les relations entre les individus via les réseaux sociaux. Tous les secteurs économiques sont concernés à des titres divers ainsi que toutes les activités professionnelles de conception, de production ou de service. Elle est également transversale à toutes les autres grandes transitions actuelles où elle joue le rôle d'accélérateur (transition écologique, énergétique, mobilité, santé, etc.)

La pénétration de la transition numérique dans la société a été **extrêmement rapide et décentralisée**. Elle remet en cause de nombreux modèles d'organisation établis, dont celle du travail.

Par rapport aux précédentes ruptures technologiques qui ont vu les pertes d'emplois qu'elles ont suscitées largement compensées par les opportunités offertes par les nouveaux métiers qu'elles ont créés dans un temps relativement court, l'impression qui ressort de l'observation des mutations actuelles est que les potentialités des technologies de l'information et de la communication sont loin d'être toutes



Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

explorées ou anticipées . Il est alors possible que cette fois , pour reprendre le titre du livre de Reinhart et Rogoff sur la dette [8] , la situation soit différente (*This time is different*) . La phase en cours est celle de la destruction d'emplois aussi bien dans l'industrie que dans les services . La question qui se pose de façon insistante est de savoir quand sera abordé la phase de création et , au-delà , si **ce modèle classique s'appliquera encore à la transition numérique** . Cette incertitude sur l'avenir de l'emploi explique le sentiment d'angoisse qui se développe dans les pays développés avec les incidences politiques de repli sur soi que l'on constate . L'histoire tranchera , mais cela pourra prendre plusieurs années , voire quelques décennies .

Impact culturel du numérique

Avant même d'examiner les transformations actuelles et à venir dans la société et le monde économique , une première certitude apparaît : les technologies numériques sont partout , y compris dans les secteurs économiques traditionnels . Ces technologies impliquent de **repenser la conception des métiers** qui doivent être réinventés avec une organisation différente . Il s'agit bien d'une nouvelle culture qui irrigue la société et , en particulier , la quasi-totalité des innovations technologiques , sociales ou sociétales . **L'acquisition de la culture numérique** est donc indispensable dans le système éducatif et de formation dès l'école primaire pour assurer sa diffusion dans toutes les formes d'innovation au sein du monde professionnel (les smart revolutions) . La mise à jour de la culture numérique est également un enjeu permanent tout au long de la vie du fait de la génération rapide de nouveaux outils numériques .

Impact sur la productivité et la croissance

En 1987 , l'économiste Robert Solow s'étonnait que « l'on voie des ordinateurs partout sauf dans les statistiques de productivité » . C'est ce qu'on a appelé le **paradoxe de Solow** ou de la productivité . Sa boutade a fait mouche : en effet , cha-





Chapitre II — Au cœur des transitions technologiques du début du ^{xxi}e siècle, l'irruption de la transition numérique

On peut constater des progrès techniques spectaculaires dans la production, le transport et le stockage des informations et, en même temps, un ralentissement progressif des gains de productivité dans les chiffres de la comptabilité nationale. En d'autres termes, ces progrès apportés par les TIC n'auraient pas autant d'impact sur l'ensemble de l'économie que les précédentes révolutions industrielles qui ont dégagé d'importants gisements de productivité, eux-mêmes à l'origine de longs cycles de croissance.

Depuis trente ans, une littérature économique abondante a été consacrée à l'analyse de ce paradoxe, mais il n'est pas résolu à ce jour. Dans un premier temps, c'est la thèse des historiens de l'économie qui a paru la plus convaincante. Selon eux (voir notamment les travaux de Paul David), les grandes innovations sont si disruptives qu'elles nécessitent de lourdes adaptations (organisation du travail, formation, systèmes sociaux, etc.) avant que les effets bénéfiques sur la productivité n'apparaissent avec un **décalage temporel**. Les tenants de cette hypothèse ont donc attendu...

Par moment, des reprises conjoncturelles de la productivité ont semblé confirmer cette thèse. Mais elles ont systématiquement été suivies de rechutes. Aujourd'hui, cette thèse n'est pas évacuée, mais beaucoup d'économistes se sont mis à douter.

Depuis le début, d'autres thèses sont présentes dans le débat :

- ainsi, l'hypothèse d'un problème de **mesure de la productivité** a été avancée. Mais comme le PIB est connu avec solidité, il faudrait supposer que les indices d'inflation surestiment fortement la hausse des prix, alors même que ces indices ont le plus souvent été attaqués pour leur supposée sous-estimation de l'inflation et que, par ailleurs, ils décrivent actuellement une inflation faible ;
- de même, l'hypothèse d'une insuffisance quantitative ou qualitative de l'**investissement**. Par exemple, certains mettent en avant que des dépenses croissantes sont consacrées à des actions en faveur de l'environnement ou du domaine social, certes respectables, mais qui n'ont pas d'incidence notable sur le PIB ;
- depuis le début de ces controverses, il existe une hypothèse originale, considérée initialement comme farfelue, mais qui gagne de plus en plus d'adeptes. C'est celle développée par *Robert Gordon* et reprise dans son ouvrage récent *The Rise and Fall of American Growth* paru en 2016 (9). Selon cette thèse, il n'y a eu dans l'histoire qu'une seule révolution technologique entre 1870 et 1970 et





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

pas grand-chose ni avant, ni après. La révolution numérique produirait surtout des **innovations ludiques ou peu utiles**, en tous cas rien de comparable à celle survenue avec l'électricité ou le moteur à combustion.

- enfin, même dans l'hypothèse où l'impact de la vague numérique ne serait pas fondamentalement différent de celui des vagues d'innovations précédentes, son impact sur la distribution du revenu va être massif. Il est ainsi constaté au niveau mondial un accroissement des inégalités entre entreprises avec d'un côté de très grandes entreprises (ex : les GAFAs ou des petites entreprises rachetées par de très grandes), dans lesquelles se concentrent énormément de productivité et de revenu, et d'un autre côté beaucoup d'entreprises qui restent à l'écart de cette vague et où la productivité n'évolue pas en raison de marges réduites ou de marchés peu porteurs. C'est du fait de cet écart de revenu que peuvent se manifester des effets disruptifs des nouvelles technologies, en particulier au regard du contexte politique. Ces inégalités se retrouvent également entre les individus et entre les territoires (grandes métropoles, zones périphériques, territoires isolés etc.)

Impact sur l'emploi

Au-delà des conséquences actuelles ou futures de l'irruption des technologies numériques sur la productivité et la croissance, la préoccupation principale est d'anticiper son impact sur l'emploi : les systèmes intelligents et les robots peuvent-ils remplacer l'Homme et la transition numérique est-elle à terme une **menace ou une opportunité** pour l'emploi ?

Trois niveaux d'impacts sont prévisibles : le volume, la qualité et le niveau de qualification, la nature des emplois.

Impact sur le volume d'emploi

Un certain nombre d'études prospectives ont été réalisées. Le principe est de lister un certain nombre de professions, de regarder les qualifications attachées à chacune d'entre elles et de mettre en face de ces qualifications des probabilités d'automatisation pour envisager les probabilités de destruction d'emploi. L'étude





Chapitre II — Au cœur des transitions technologiques du début du *xxi*^e siècle, l'irruption de la transition numérique

qui a été la plus remarquable est sans conteste celle de *Frey et Osborne* en 2013 [10]. Ces deux chercheurs ont travaillé sur l'emploi aux USA en s'appuyant sur l'hypothèse d'experts en intelligence artificielle suivant laquelle la plupart des tâches pourront être automatisées dans les deux décennies qui viennent, à l'exception de celles qui demandent une grande dextérité manuelle et celles qui demandent créativité ou sensibilité sociale. A partir de là, ils ont calculé le poids de chacune de ces qualifications pour différents types d'emplois. Le chiffre qui en ressort et qui a beaucoup marqué les esprits est celui de 47 % d'emplois menacés à un horizon de vingt ans. Évidemment, cela fait peur et annoncerait un scénario de « **fin du travail** ».

Cette étude a depuis été très critiquée, et notamment sur les avis d'experts. Aujourd'hui, nombre d'experts estiment que **malgré les gros progrès réalisés récemment, la capacité de l'intelligence artificielle à passer d'une tâche à l'autre et de disposer des capacités cognitives proches des êtres humains s'inscrit dans un avenir encore très imprévisible. D'autre part, l'aspect économique n'a pas été abordé alors que Fred et Osborne ont considéré que dès qu'une tâche est automatisable, la profession toute entière est menacée.**

D'autres études comme celle menée par l'OCDE ont conclu qu'au lieu des 47 % d'emplois menacés selon Fred et Osborne, les taux varieraient de 6 % pour la Corée à 12 % pour l'Autriche **avec une moyenne de 9 %**. En tenant compte du fait qu'il s'agit d'un horizon d'une à deux décennies, **cela ne diffère pas beaucoup des taux connus dans le passé**. Ce résultat est confirmé par une étude de McKinsey [11] qui estime entre 5 % et 10 % selon les pays le risque de disparition réelle d'emplois. David Autor [12] insiste sur la **perception de rareté de l'emploi** par la société qui masque la réalité des chiffres dans les périodes de transition.

Impact sur la qualité des emplois et l'évolution des métiers

La distinction classique entre emplois qualifiés et non qualifiés est certes globalement applicable pour anticiper les menaces sur l'emploi, mais elle n'est pas partout la plus pertinente. Ainsi, des métiers d'analyse des données comme ceux des médecins interprétant des résultats de scanners vont être plus menacés que des métiers du nettoyage. Une autre segmentation est suggérée : Production/Transaction/Interaction.

- les **métiers de la production** vont probablement décroître suite à l'introduction de modèles et de robots plus performants. Dans cet ensemble d'emplois, il est





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

clair que la distinction qualifié/non qualifié est pertinente . Des usines quasiment sans humains existent déjà : Sharp , Tesla , Faxcom...

- les **métiers de la transaction** (ou de l'intermédiation) . L'impact sera majeur , même s'il n'est pas fortement ressenti . Les technologies développées (apprentissage profond , Blockchain , etc .) vont se répandre et être rapidement disponibles sur nos téléphones portables . L'impact pourrait dans ce cas être plus proche des 47 % évoqués précédemment que des 9 % moyens . Dans l'enseignement , les avis divergent . Le professeur expert sachant tout n'existera plus , mais le tuteur sera toujours nécessaire . Les travaux en groupe deviendront la norme , ce qui va complètement redéfinir le rôle et le travail de l'expert et de l'apprenant ;
- les **métiers de l'interaction** (ou relationnels) devraient être peu touchés , voire se développer . Dans cette catégorie , se trouvent beaucoup de métiers de créativité (les métiers d'art par exemple) , d'aide à la personne , de services , etc . À partir de l'exemple d'un jardinier vendant ses services localement grâce à une application portable présentant ses œuvres , commence à apparaître ce qui peut être appelé une « personnalisation de masse » . Le jardinier , le couturier pourront facilement vendre du sur mesure à tout le monde . Il y a là un vaste champ pour le travail : cuisine , habillement , médecine , éducation , aide à la personne , distraction , art , ordre public , etc . Dans un tel monde , les juristes et fonctionnaires (régulateurs au sens large) auront toujours leur place , bien que leur métier soit profondément modifié !

Impact sur la nature des emplois

L'**entreprise** semble un modèle qui va perdurer sous des formes certes moins hiérarchiques , mais la nécessité de travailler ensemble dans des entités de taille suffisante s'impose . Il y aura quelques gros acteurs résolument mondiaux avec des « usines » très automatisées , le terme usine étant à prendre au sens très large de production de biens ou de services (ex : logiciels) .

Ces acteurs continueront à dominer par leur poids et leur influence sur l'économie mondiale . Ils seront cependant défiés par tout l'**écosystème de plus petites entreprises** qui interagissent entre elles et avec eux (start-up , PME , ETI) . Celles-ci sont plus agiles et proposent des produits spécifiques soit localement , soit sur le marché mondial avec une rapidité et une **capacité d'innovation** que n'ont pas les grands groupes . Ainsi , se voit déjà la multiplication en France de start-up proposant





Chapitre II — Au cœur des transitions technologiques du début du xxi^e siècle, l'irruption de la transition numérique

de très nombreux produits ou services nouveaux. Cette dynamique remet en avant les « **entrepreneurs qui changent le monde**² ». Elle contourne les organisations classiques (États, grands groupes, syndicats, corporations etc.).

Dans ce contexte, beaucoup d'emplois seront **individuels** : des indépendants, des « néo-intermittents » avec nombre de « créatifs et designers » à l'échelle locale. *A priori*, certaines personnes auront du mal à trouver leur place dans ce nouvel écosystème, mais pourraient en trouver une dans le marché de l'emploi très local (aide à la personne, spectacle, artisanat, etc). C'est évidemment pour cette catégorie qu'il faudra trouver des modèles sociaux pour que la société demeure « inclusive » au sens que lui donne l'Europe³. Dans ce contexte une répartition grossière des emplois pourrait être imaginé de 1/3 travaillant dans des grands groupes mondiaux dominants, 1/3 dans de petites entreprises à forte agilité et 1/3 « d'intermittents ».

Quelques exemples d'Impacts différenciés suivant les secteurs économiques

L'impact des nouvelles technologies de la robotisation et du numérique est également différent suivant les secteurs économiques et peut dans certains cas poser question. Quelques exemples contradictoires peuvent être cités.

a) Le **secteur automobile allemand** est particulièrement intéressant [13]. Globalement, l'industrie allemande est environ cinq fois plus robotisée que l'industrie française avec environ 176 000 robots industriels en 2014 contre 32 000 en France. Alors que l'industrie automobile allemande est l'une des plus robotisées du monde, elle employait encore plus de 800 000 salariés en 2015, soit autant qu'il y a dix ans et 100 000 de plus qu'il y a vingt ans. Une étude spécifique serait fort utile pour analyser plus finement les évolutions des emplois dans ce secteur. L'effet sur l'emploi semble être plutôt **positif** dans ce cas.

b) En revanche, dans le **secteur banques, finance et assurances**, le développement des technologies numériques a eu un fort impact sur l'emploi avec des **aspects positifs et négatifs** :

- globalement, dans dix des plus grandes banques européennes, 13 000 postes ont été supprimés entre juin et décembre 2015 ;
- les effectifs correspondant aux métiers **back et middle office** ainsi qu'aux métiers

2 Matthieu Dardaillon, Jonas Guyot *À la rencontre des entrepreneurs qui changent le monde* Poche – mai 2014

3 Voir par exemple : http://ec.europa.eu/archives/commission_2010-2014/president/news/documents/pdf/20100303_1_fr.pdf





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

- du chiffre (finances, comptabilité) sont en réduction ;
- par contre, dans le domaine de la **règlementation et de l'audit**, les effectifs sont en croissance avec la création de nouveaux emplois plus sophistiqués à plus forte valeur ajoutée s'appuyant sur le numérique ;
 - simultanément émerge une **désintermédiation de l'industrie bancaire** en particulier avec le développement des *blockchains* : remplacement par le numérique des tiers de confiance .

Globalement, il est observé un transfert de pouvoir aux « sachants » (les développeurs) aux dépens des banques ou autres secteurs .

c) Un troisième exemple est celui de l'industrie du luxe . La société Christian Dior s'attache à conserver une image « **artisanale** » de la haute couture , porteuse de valeurs d'authenticité , de qualité et d'esprit entrepreneurial . Elle utilise cependant de plus en plus le numérique dans le domaine de la vente : 7 % des ventes se font en ligne , et en Chine le réseau WECHAT qui comprend 760 millions d'utilisateurs est à l'origine de 60 % des ventes . Le numérique doit également permettre à terme de proposer de **nouveaux services** tels que la location de vêtements . Il représente également une opportunité pour augmenter la productivité par l'utilisation , par exemple , du prototypage virtuel . De façon plus générale , dans l'industrie du luxe , l'impact global des technologies numérique est plutôt neutre . Le véritable enjeu est plutôt la **conservation des savoir-faire artisanaux**, indispensables à la survie de l'industrie du luxe française , faute de formations adaptées et de candidats aux métiers manuels [14] .





Chapitre III

Comment gérer les impacts de la transition numérique ?

Face aux incertitudes que font naître les nouvelles technologies numériques, de **nombreuses peurs ont émergé** dans les sociétés industrielles. Ces peurs ont ainsi alimenté la défiance plus générale vis-à-vis de la technologie et des progrès techniques. Deux questions préoccupent les responsables politiques et économiques :

- l'emploi est-il condamné pour longtemps à la **raréfaction** ou bien les transitions technologiques en cours déboucheront-elles sur des **opportunités nouvelles** ? Autrement dit, sommes-nous entrés ou non dans une période de « **stagnation séculaire** » ?
- que faire aujourd'hui pour se préparer aux évolutions futures encore incertaines ?

Comment conduire les transitions technologiques pour déboucher sur des opportunités nouvelles ?

Plusieurs raisons peuvent expliquer la difficulté à profiter des opportunités que la transition numérique devrait offrir pour l'emploi .

Retard de l'intégration des opportunités liées aux technologies du numérique

Comme vu précédemment, plusieurs modèles macroéconomiques prévoient une stagnation du PIB. Malgré l'apparition des grandes transitions technologiques en cours (numérique, énergétique, écologique), il n'a pas été constaté jusqu'à présent d'effet significatif sur la productivité et la croissance (paradoxe de Solow). Les études sur





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

les impacts futurs de l'automatisation des procédés et processus (remplacement de l'homme par les machines) sont contradictoires, mais il semble bien qu'il y a une convergence vers un **impact quantitatif global sur l'emploi relativement limité** (perte de 5 à 10 % des emplois sur une ou deux décennies selon les pays) et plutôt **vers une forte réorientation de la qualité et de la nature des emplois**.

En revanche, les opportunités potentielles indéniables qu'offrent ces nouvelles technologies ne semblent pas encore se traduire par l'entrée dans la phase créatrice du mécanisme de destruction/création de Schumpeter. Ce paradoxe est peut-être dû au **fort décalage dans le temps** entre l'innovation et son impact sur la productivité et l'emploi **lié aux faibles capacités du monde professionnel à intégrer ces innovations**. Ainsi, quelques perspectives basées sur les travaux du McKinsey Global Institute [11] indiquent que le numérique présente un énorme potentiel, mais largement inexploité. Par exemple la France présenterait un potentiel économique exploité de seulement 12 % égal à la moyenne européenne, le Royaume-Uni étant à 17 % et les USA à 18 %.

Faiblesse des investissements

Parler d'investissement en général, sans le désagréger en sous-catégories homogènes, est éminemment réducteur. **L'investissement est aujourd'hui faible** partout dans le monde à l'exception de la Chine. Ce niveau d'investissement est évidemment lié à la faible croissance économique. Il est aussi lié à certaines barrières nées de la crise financière de 2007-2008. **Les PME ne sont généralement pas dans une situation leur permettant d'investir**. Leur besoin d'investir est aujourd'hui décuplé par leur montée en compétences technologiques. Sous cet angle, le critère de la taille n'est pas le plus décisif... Une illustration de plus en est donnée par les GAFAs, qui abondent de liquidités, mais n'investissent pas pour autant. Or l'investissement est le moteur de la mise en place et de la diffusion des technologies. Il faut donc s'attendre à ce que l'incorporation des technologies numériques ne soit pas aussi rapide que l'impression qui en est ressentie. Cela permet de comprendre un peu plus pourquoi le foisonnement spectaculaire de ces technologies ne se traduit pas par des gains de productivité. De nombreuses technologies sont là, mais elles ne sont pas réellement mises en œuvre, ce qui explique le faible potentiel économique exploité de ces technologies.





Chapitre III — Comment gérer les impacts de la transition numérique ?

Inégalités de diffusion des innovations entre les territoires

Une autre raison du faible impact sur les créations d'emplois liés à la transition numérique est sa pénétration très hétérogène entre les territoires. Ces innovations sont aujourd'hui concentrées dans les grandes métropoles avec un grand dynamisme des start-up (3 000 à Paris par exemple). En revanche, il y a en France des zones en dehors de tout progrès et un risque de ghettos territoriaux. Pour éviter la fracture territoriale, l'enjeu sera de **faire diffuser les innovations dans les territoires**.

Utilisation d'indicateurs de croissance et de productivité inadaptés

Le PIB en valeur est de mieux en mieux mesuré. Il représente « la fiche de paie » de la collectivité et permet les comparaisons internationales. C'est un outil incontournable et son usage fait l'objet d'un large consensus. Cependant, pour certains économistes, ce n'est en aucune façon un **instrument de mesure de la croissance**. En effet, il ne prend pas en compte, par exemple, de nombreuses activités qui contribuent au bien être non comptabilisées dans le PIB comme le bénévolat, le travail domestique ou l'amélioration du confort des consommateurs comme dans le cas des infrastructures pour handicapés. Ces activités n'intègrent le PIB que lorsqu'elles sont réalisées par d'autres entités économiques et qu'elles-mêmes ou les facteurs de production mobilisés peuvent faire l'objet d'un échange monétaire. Pourtant, ces activités sont extrêmement importantes pour le progrès de la société.

La question se pose alors de déterminer la pertinence de l'utilisation du PIB comme indicateur de croissance et de vérifier s'il est vraiment approprié pour traiter de l'effet du progrès technique sur l'emploi, sur les inégalités de revenu et sur la précarité.

Cependant, les économistes ressentent le besoin du concept de croissance et, en dépit des problèmes de mesure, il semble prématuré de l'abandonner. Parallèlement, de nombreux travaux sont en cours pour améliorer ces indicateurs, pour en élargir le champ ou en proposer d'autres plus adaptés à la transition numérique.

Une étude récente [15] tente ainsi d'évaluer l'écart sur une période de 30 ans entre croissance réelle et croissance mesurée (missing growth) de l'économie américaine, écart induit par l'utilisation du PIB lorsque l'on évalue le prix de **nouveaux produits ou service en remplacement de produits ou service existants**. La conclusion de cette étude est que les gains de productivité liés à ce type d'innovations sont sous-estimés et que les écarts de croissance correspondant sont importants, de l'ordre de **0,6 à 1,1 % par an** suivant les hypothèses utilisées dans le modèle.





Comment se préparer aux bouleversements à venir face à de telles incertitudes?

Devant toutes ces évolutions en cours ou à venir, il est essentiel de **surmonter les peurs et de rétablir la confiance** des acteurs économiques et politiques pour s'adapter aux défis que pose la phase de transition en cours et de se préparer à **saisir toutes les opportunités** que pourront offrir les nouvelles technologies (création de nouveaux métiers et emplois).

Inventer de nouvelles organisations du travail

La technologie avance, ses nouveaux usages se multiplient. Beaucoup s'accordent à dire qu'elle ouvre à terme des perspectives attractives pour les sociétés industrielles. Pour autant, les développements en cours bousculent les organisations en place, celles du début du xx^e siècle ou de l'après-guerre. Il est certain que la Société dans son ensemble doit inventer de nouvelles organisations capables d'accompagner les changements en cours tout en **s'assurant d'inclure réellement les personnes**. Cela passe par la formation bien sûr, mais aussi par de nouvelles formes de travail qui peuvent être éloignées de celles d'aujourd'hui. Nul doute que les organisations en place (entreprises traditionnelles, administrations, partis politiques, syndicats...) auront beaucoup de mal à évoluer et seront probablement des freins à l'adaptation nécessaire. Il est vraisemblable que les inquiétudes et les réticences concerneront surtout le court terme et que la société sera plus confiante vis-à-vis des avantages à long terme de ces changements. Tout dépendra de la capacité collective à suivre **un chemin « raisonné, choisi et partagé »** pour reprendre les qualificatifs de la devise de l'Académie des technologies. Le développement de telles organisations ou régulations est nécessaire sous peine d'un basculement dans la violence d'une certaine partie du corps social, celle qui aura le sentiment d'être laissée pour compte ou d'être rejetée de la place qu'elle occupait précédemment (déclassement social).

Pour lutter contre le risque d'exclusion du marché du travail, se manifeste déjà la forte croissance du **travail indépendant** soit par refus personnel des grandes structures et organisations très hiérarchisées, soit pour créer son propre emploi là où il n'y en a pas. En France, il y a 13 millions de travailleurs indépendants. 68 % le sont par choix quand 32 % le sont par nécessité. Dans l'UE, c'est 94 millions de





Chapitre III — Comment gérer les impacts de la transition numérique ?

travailleurs indépendants selon une répartition choix/nécessité similaire. C'est un véritable changement sociologique et la révolution numérique présente de **réelles opportunités** pour accompagner cette mutation.

Dans son livre *L'homme inutile*, Pierre Noël Giraud considère que la globalisation appuyée sur les progrès techniques et les transitions technologiques en cours a provoqué une segmentation des sociétés en trois couches : **les nomades, les sédentaires et les inutiles** [16]. Les « nomades » produisent des biens ou des services en compétition avec des acteurs hors des frontières. Ils sont globalement mieux payés et présentent une forte compétitivité. S'ils perdent leur compétitivité, ils disparaissent. Les producteurs des biens et services « sédentaires » ne traversent pas les frontières et si l'un devient moins compétitif, un autre sédentaire du territoire récupérera son emploi. Plus les nomades sont nombreux et se vendent cher à l'international, plus ils entraînent les sédentaires dans leur prospérité. Par contre quand les nomades perdent leur compétitivité, ils se retrouvent sur le marché du travail des sédentaires et quand ces derniers ne trouvent plus à s'employer, ils tombent parmi les inutiles. C'est aujourd'hui le cas de la France.

Ainsi, selon Philippe Frocain et Pierre-Noël Giraud [17], l'emploi nomade (ou « exposé » selon la terminologie utilisée) a vu son poids se réduire sensiblement en France passant de 30 % à 26,8 % de l'emploi total entre 1999 et 2013 ». (Réf La fabrique de l'industrie 2016). La baisse a été très forte au début des années 2000 et pendant la crise (2009-2010), mais moins marquée depuis 2010. En effectifs absolus, le constat est similaire: sur l'ensemble de la période, l'emploi exposé a diminué de 204 000 unités tandis que l'emploi sédentaire (ou « abrité ») a augmenté de 2,37 millions unités. Cette tendance à l'augmentation des emplois sédentaires est assez générale en Europe et aux USA. Elle accroît le risque de déversement vers les « inutiles ».

La formation, principal outil d'adaptation aux transitions technologiques

Dans le modèle classique de l'impact des innovations technologiques sur l'activité économique, la phase de destruction se traduit inévitablement par la mise sur le marché de l'emploi d'une ressource humaine rendue disponible pour réaliser de nouvelles tâches dans la phase de création. De plus la porosité dans le temps entre





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

les types d'emploi décrits plus haut nécessitera pour tous une **formation tout au long de la vie** : 1/3 des emplois créés ces cinq dernières années n'existaient pas auparavant . C'est particulièrement essentiel pour les emplois intermédiaires qui semblent les plus menacés .

Un défi tient aussi à l'instabilité dans le temps des compétences requises . Une instabilité due à de nombreux facteurs , mais accentuée par les nouvelles technologies . Or , d'après des enquêtes convergentes , près de 25 % de la population active ne serait pas armée pour faire face à une telle instabilité en présence de laquelle la **capacité première est d'avoir appris à apprendre pour s'adapter constamment** . L'un des objectifs de la formation continue , en France comme ailleurs , devrait être d'abaisser fortement cette proportion .

En 2020 , il devrait manquer 2,2 millions de diplômés et 2,3 millions de personnes peu qualifiées ne trouveront pas d'emploi . Une enquête récente faite par McKinsey [11] montre qu'en France , les responsables d'organismes d'enseignement et de formation déclarent à 73 % que les jeunes sont bien préparés à l'emploi , ce qui n'est ni l'avis des employeurs (27 %) ni des étudiants eux-mêmes (33 %) . La France est le pays où l'écart entre ces perceptions est le plus important . Il y a donc un risque accru de décalage entre l'offre de formation et les besoins de compétences . En particulier il est observé une demande croissante pour des **formations qui permettent des mobilités** (mobilité dans les tâches et dans les fonctions) , des formations qui développent les capacités à l'**adaptation permanente** .

Dans cette période de transformation rapide , **la formation initiale ne suffit plus** . Le système de formation mis en place par Jacques Delors en 1970 doit être revu en profondeur . La formation doit se faire tout au long de la vie à l'image de ce qui se fait en Allemagne . La question posée maintenant de façon urgente est de mieux utiliser les 35 milliards d'euros consacrés tous les ans à la formation professionnelle . En particulier , pourquoi ne pas **reconsidérer le socle de formation initiale** permettant à chaque individu d'acquérir la culture technologique nécessaire pour s'adapter ensuite aux évolutions même incertaines du cours de sa vie professionnelle ?

En effet , chacun développe dans sa sphère privée des soft skills (compétences sociales telles que capacités à interagir au sein de communautés différentes) qui ne sont pas nécessairement mises en valeur dans son entreprise . Comment diffuser ces compétences en entreprise ? Les solutions émergeront certainement de





Chapitre III — Comment gérer les impacts de la transition numérique ?

la dynamique des territoires et de clusters car les entreprises ont des difficultés à concevoir seules des outils et de nouvelles démarches pédagogiques. Il devient alors possible de mener une réflexion dans ce cadre sur l'évolution collective des compétences et des formations.

Cela suppose une **profonde évolution du système d'éducation et de formation** afin de mieux répondre aux besoins anticipés de cette nouvelle économie impactée par la transition numérique. C'est un véritable défi pour l'Éducation nationale, mais aussi pour les organismes paritaires qui travaillent à l'élaboration des référentiels de compétences, des nomenclatures de qualification, des programmes etc. Les délais inhérents aux systèmes de formation d'une part, des technologies et des entreprises d'autre part ne sont pas les mêmes. Dès lors, la centralisation est nécessairement remise en cause et cela conduit à **travailler au plus près des acteurs locaux**. La loi de 2014 sur la régionalisation des formations professionnelles donne à cet égard une bonne orientation.

Quelques recommandations pour aller dans ce même sens ont été proposées par l'Académie des technologies dans le cadre du programme Industrie du futur, elles sont résumées ci-dessous :

- apporter une cohérence d'ensemble au programme Industrie du futur en donnant au système social une place adéquate au regard de celle accordée au système technique dans les réflexions et les actions de l'Alliance Industrie du futur. Renforcer à cet égard le rôle des Régions ;
- mettre les dispositifs existants d'appui aux entreprises, d'accompagnement de l'innovation et de l'entrepreneuriat au service de l'industrie du futur en les orientant plus nettement vers l'intégration des transitions technologiques en cours (grappes d'entreprises, pôles de compétitivité, Campus des métiers et des qualifications...);
- accompagner les PME dans l'adoption des standards des nouveaux outils technologiques en reconnaissant un statut incitatif « d'entreprise formatrice » dès lors qu'une entreprise s'engage dans une politique ambitieuse d'adaptation des ressources humaines pour accompagner sa mutation (gestion prévisionnelle des emplois et des compétences, formation des collaborateurs, ouverture sur son écosystème territorial de formation professionnelles et technologique).





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

Comment préparer les adaptations du système social ?

Pour résumer, il a été vu que les personnes les plus menacées par la transition numérique étaient essentiellement :

- les personnes peu qualifiées dont les tâches sont automatisables dans tous les secteurs économiques, mais surtout dans le domaine de la production ;
- les métiers de la transaction ou de l'intermédiation ;
- les entreprises « sédentaires » ou « abritées » dont le potentiel de compétitivité est faible.

En d'autres termes « **la machine va-t-elle remplacer l'Homme** » ? Ces personnes vont-elles basculer dans la catégorie des « inutiles » ? Est-ce **la fin de l'emploi** comme il est connu aujourd'hui ? Cette évolution ne va-t-elle pas reposer concrètement et profondément **la relation de l'Homme au travail** ? Ne va-t-elle pas générer une profonde **impression d'inutilité** pour une large partie de la population exclue de facto de la société ? Ou au contraire, ne peut-on pas rêver d'une **société libérée des tâches répétitives**, chacun étant concentré sur la création et le service aux autres ?

Le changement de nature de l'outil induit par les systèmes intelligents impose de lancer ce type de réflexions sociétales. Il y a un changement très important introduit par ces systèmes comme cela est souligné au chapitre II. Le phénomène n'est pas nouveau. Charlie Chaplin dans les *Temps Modernes* le montrait déjà, mais l'analogie est trompeuse entre le **glissement salutaire de la machine qui aide l'Homme** à produire vers le système intelligent **qui pense et agit à la place de l'Homme**.

L'incertitude radicale qui est créée par ces systèmes dans les organisations remet en cause de façon spectaculaire les dynamiques entrepreneuriales. Au bout du compte, celui qui fait face quotidiennement et qui tire parti de cette incertitude, c'est **l'entrepreneur**. C'est lui qui « change le monde » grâce aux systèmes intelligents dans des conditions qui pourraient finir par devenir problématiques pour les institutions démocratiques. D'un autre côté, existent des organisations qui face à cette incertitude, recherchent des salariés qui rêvent de **l'intrapreneuriat** (création d'entreprises internes). Il y a là une piste pour penser l'entrepreneur, en partie grâce à ces systèmes intelligents, comme **agent du changement social** et pas seulement du changement économique. Son rôle n'est pas seulement de créer des richesses, mais de contribuer à **transformer la société**.

D'autres défis en dehors des considérations économiques liés aux risques du monde numérique sont également à relever comme la cybersécurité et la protection





Chapitre III — Comment gérer les impacts de la transition numérique ?

des données. De même, les questions d'éthiques liées à l'ingénierie génétique ou celles de la santé avec le vieillissement de la population vont devenir de plus en plus prégnantes.

Même chez les investisseurs, cette dimension sociologique et éthique est de plus en plus présente ; ils font souvent plus confiance aux **équipes** qu'aux projets. Ces questions d'éthique sont par ailleurs de plus en plus enseignées dans les Écoles de commerce.

Comme cela a toujours été le cas lors des précédentes grandes transitions économiques, il faudra accompagner cette dynamique entrepreneuriale par un certain nombre d'**innovations sociales** dont certaines sont déjà en cours.

Une idée serait de moderniser le système de **travail par intermittence** (avec des budgets en équilibre) pour le généraliser et l'appliquer aux néo-intermittents évoqués en fin de chapitre II. C'est le système de la **flexisécurité** à la danoise. Il permet de s'arrêter quand on le souhaite après avoir accumulé des points de formation, de choisir de vivre plus chichement, mais avec du temps libre, de changer facilement de trajectoire, etc. La révolution numérique peut faire beaucoup pour rendre possibles ces itinéraires personnalisés. Cependant, cela soulève un certain nombre d'interrogations. La vie d'intermittent du spectacle n'est pas toujours bien vécue. Le besoin d'interaction sociale est primordial : sauf caractère particulier, l'homme ne se sent pas bien s'il n'est pas intégré dans une équipe. **Le travail doit garder une dimension collective** même avec des intermittents.

Ces évolutions de la nature même du travail imposent de revisiter en profondeur le schéma français de l'emploi à vie. La division entre CDI et CDD est à revoir au profit de nouveaux modèles de contrats de travail : élargissement des statuts existants (indépendants, auto-entrepreneurs, intermittents...) et création de nouveaux statuts (activité rémunérée au cachet, revenu universel inclusif, etc.). Cette flexibilité pourrait répondre aux demandes aussi bien des entreprises que des personnes actives. D'après l'IESF (Institut des ingénieurs et scientifiques de France), 30 % des ingénieurs et scientifiques dans les pays anglo-saxons ont d'ores et déjà ce type de statut. Selon les projections faites aux USA, 43 % de la force de travail des États-Unis relèveront de ce type de contrats de travail en 2020. Il faut se préparer à cette généralisation.





Chapitre IV

Conclusion et prochaines étapes

Ce rapport est un rapport d'étape qui intervient après la tenue du séminaire de l'Académie des technologies d'octobre 2016 qui a précédé un contexte politique nouveau pour la France. Ce contexte devrait accélérer la mise en œuvre effective de réformes structurelles indispensables pour la croissance et l'emploi (réforme du marché du travail, réforme fiscale...). Pour autant, plutôt que de faire croire à l'existence de remèdes miracles, l'Académie choisit délibérément ici de soulever plus de questions que d'apporter des réponses définitives à l'impact de la transition numérique sur l'emploi :

- sommes-nous entrés pour longtemps dans la phase **de destruction** du modèle de destruction créatrice de Schumpeter avec un **fort décalage dans le temps** de la phase de création d'emplois ?
- ce modèle est-il encore applicable devant l'irruption généralisée de la transition numérique dans toutes les activités humaines ou sommes-nous entrés dans une période de **stagnation séculaire** de la productivité, de la croissance et de l'emploi ?
- en plus de l'impact quantitatif sur l'emploi, l'évolution des métiers et le niveau des emplois futurs générés, les transitions technologiques actuelles ne vont-elles pas écarteler du marché du travail toute une catégorie de personnes (les « inutiles ») avec des conséquences sociales et politiques dévastatrices ? Pour aller plus loin, assistons-nous à **la fin du travail** ?

Face à ces interrogations très anxiogènes, d'autres indices sur les effets réels de ces transitions indiquent que les impacts sur l'emploi de cette transition ne sont globalement pas si différents que ceux déjà observés dans les précédentes transitions





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

technologiques, mais seront différenciés suivant les secteurs économiques et la nature des emplois. De façon générale, les **innovations techniques sont la condition indispensable des gains de productivité et des augmentations de revenu**. Sur le long terme, **le potentiel d'innovation** qu'offrent le numérique et les systèmes intelligents va-t-il créer des gains de productivité et de revenu qui pourraient se traduire par de **nombreuses opportunités de travail et d'emplois** ? Il faudrait pour cela que cette transition technologique s'accompagne des transformations sociales permettant de libérer ce potentiel d'innovation et de fluidifier les mobilités nécessaires par la **flexibilité du droit social et la formation tout au long de la vie**.

Il n'en reste pas moins que, comme le signale l'économiste Jean-Michel Charpin, « les relations entre innovation, croissance et emploi au **niveau macro-économique** restent une énigme ». En revanche, au niveau microéconomique force est de constater que les exemples de croissance et de création d'emplois liés à la mise en œuvre des nouvelles technologies sont nombreux et il faut s'en inspirer.

Il faut alors s'interroger sur la possibilité de consolider dans l'approche méso-économique l'émergence des nouveaux écosystèmes induits par les transitions technologiques.

L'Académie des technologies a un rôle à jouer pour clarifier les relations entre innovation et emploi et doit poursuivre ce type de travaux en engageant les étapes suivantes :

- la poursuite de la **veille sur les travaux des experts** ciblée sur quelques thèmes prioritaires :
 - les nouveaux indicateurs de productivité et de croissance au-delà du PIB,
 - le réexamen de la stagnation séculaire et du paradoxe de Solow,
 - l'équilibre différencié entre destruction et création d'emplois induites par les nouvelles technologies dans certains secteurs économiques (banque-finances-assurances, automobile, etc.),
- l'analyse des **freins réglementaires et sociaux** qui empêchent l'adaptation de l'emploi aux évolutions technologiques, et entravent l'adhésion des générations futures aux valeurs de croissance et d'innovation ;
- la **formation** initiale et tout au long de la vie (équilibre centralisé/décentralisé, articulation des initiatives au niveau des entreprises et de l'État, etc.) ;





Conclusion et prochaines étapes

- l'indispensable **montée en compétences des PME** qui fait l'objet d'un groupe de travail de la Commission démographie, éducation, formation, emploi (DEFE) de l'Académie des technologies ;
- la libération de la **dynamique d'innovation dans les territoires** qui fera l'objet du prochain séminaire d'octobre 2017 de l'Académie des technologies .







Liste des contributions

Académie des technologies

Christian de Boissieu , Christian Brévard , Thierry Breton , Alain Cadix , Yves Caristan , Yves Caseau , Jean Michel Charpin , Jean-Pierre Dupuy , Bruno Jarry , Marc Giget , Pierre-Noël Giraud , Michel Godet , Jacqueline Lecourtier , Jacques Lesourne , Thierry Magnin .

Personnalités extérieures

Dr Wenke Apt (Conseillère de VDI/VDE Innovation + Technik GmbH , Allemagne) , Jean-Michel Billaud (fondateur et ancien Directeur de l'ATELIER BNP Paribas) , Alain Bloch (directeur de HECentrepreneur) , Jean-Michel Boussemart (Co-Rexecode) , Serge Brunschwig (président de Christian Dior Homme et directeur général de Christian Dior Haute Couture) , Alexis Collomb (directeur du département économie , finance , assurance , banque du CNAM) , Laurent Giovachini (directeur général adjoint du Groupe SOPRA STERIA) , Dominique Guellec (direction de la science , de la technologie et de l'innovation à l'OCDE) , Eric Labaye (président du McKinsey Global Institute) , Pascal Rialland (directeur commercial , Bayo) , Claire Tutenuit (déléguée générale , Entreprise pour l'environnement) .





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

Rédaction du rapport de synthèse :

Serge Bercovici, Secrétaire technique de la Commission recherche, innovation, technologie, emploi de l'Académie des technologies.

Muriel Beauvais, adjointe au président du Comité des travaux.





Références

1. Etienne Klein, in « La recherche et l'innovation en France » Jacques Lesourne et Denis Randet, FutuRis 2016 chapitre 10, Odile Jacob
2. Rémi Barré, in « La recherche et l'innovation en France » Jacques Lesourne et Denis Randet, FutuRis 2016 chapitre 2, Odile Jacob
3. Pierre Masse, François Bloch Lainé, Pierre Masselin, *Rapport sur la situation des salaires du secteur nationalisé*, Paris, Documentation française, Paris, 1963.
4. Jean Michel Boussemart et Michel Godet Tribune dans le Le Figaro le 24/08/2016
5. *Les technologies du changement climatique*, Rapport de l'Académie des technologies, avril 2016.
6. *Comment bien se nourrir en respectant la planète et notre santé*, Rapport de l'Académie des technologies, septembre 2016.
7. *Les aliments santé : avancées scientifiques et implications industrielles* Rapport de l'Académie des technologies; 2016
8. Carmen N. Reinhart and Kenneth S. Roggoff, *This time is different . Eight centuries of Finance folly* . Princeton University Press, août 2011
9. Robert Gordon *The Rise and Fall of American Growth*, Princeton University Press, 2016.





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

10. C. Fred and M. A. Osborne “*The future of Employment . How susceptible are jobs to computerization*” Oxford Martin School, sept 2013 .

11. McKinsey Global Institute . Plusieurs publications abordent le sujet :
 - Independent work: Choice , necessity and the gig economy , Oct 2016 ,
 - Digital America: A tale of the haves and haves-more , Jun 2016 ;
 - Digital Globalization: The new era of global flows , March 2016 ,
 - The Internet of things: Mapping the value beyond the hype , Jun 2015 ,
 - A labor market that works: Connecting talent with opportunity in the digital age , Jun 2016 ,
 - Global growth: Can productivity save the day in an aging world? Jan 2015 ,
 - Disruptive technologies: Advances : that will transform life , business , and the global economy , May 2013 ,
 - L'emploi en France : Cinq priorités d'action d'ici 2020 , May 2012

12. David H. Autor “Why are there still so many jobs; The history and future of Workplace Automation” , *Journal of Economics* , vol .29 , summer 2015

13. *L'effet de l'automatisation sur l'emploi : ce qu'on sait et ce qu'on ignore* , Note d'analyse de France Stratégie , 19 juillet 2016 .

14. Xavier Boutou , Hélène Dereux , et Alexandre Hollocou , « Les Industries du Luxe en France . La mort silencieuse du geste artisanal » , *Annales des Mines* 2015

15. Philippe Aghion , Antonin Bergeaud , Time Boppard , Pete Klenow and Huiyu , “ Missing Growth from Creative Destruction” Conférence Stagnation séculaire et mesure de la croissance , Banque de France et Collège de France , janvier 2017 .

16. Pierre-Noël Giraud , *L'homme inutile ; Du bon usage de l'économie* , Odile Jacob , 2015

17. Philippe Frocain et Pierre-Noël Giraud *Dynamique des emplois exposés et abrités en France* , Paris , Presse des Mines 2016 .





Publications de l'académie

Les travaux de l'Académie des technologies sont l'objet de publications réparties en quatre collections¹ :

Les rapports de l'Académie : ce sont des textes rédigés par un groupe de l'Académie dans le cadre du programme décidé par l'Académie et suivi par le Comité des travaux. Ces textes sont soumis au Comité de la qualité, votés par l'Assemblée, puis rendus publics. On trouve dans la même collection les avis de l'Académie, également votés en Assemblée, et dont le conseil académique a décidé de la publication sous forme d'ouvrage papier. Cette collection est sous couverture bleue.

Les communications à l'Académie sont rédigées par un ou plusieurs Académiciens. Elles sont soumises au Comité de la qualité et débattues en Assemblée. Non soumises à son vote elles n'engagent pas l'Académie. Elles sont rendues publiques comme telles, sur décision du Conseil académique. Cette collection est publiée sous couverture rouge.

Les « Dix questions à... et dix questions sur... » : un auteur spécialiste d'un sujet est sélectionné par le Comité des travaux et propose dix à quinze pages au maximum, sous forme de réponses à dix questions qu'il a élaborées lui-même ou après discussion avec un journaliste de ses connaissances ou des collègues (Dix questions à...). Ce type de document peut aussi être rédigé sur un thème défini par l'Académie par un académicien ou un groupe d'académiciens (Dix questions sur...). Dans les deux cas ces textes sont écrits de manière à être accessibles à un public non-spécialisé. Cette collection est publiée sous une couverture verte.

Les grandes aventures technologiques françaises : témoignages d'un membre de l'Académie ayant contribué à l'histoire industrielle. Cette collection est publiée





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

sous couverture jaune .

La plupart existent tant sous forme matérielle que sous forme électronique .

- Les ouvrages de l'Académie des technologies publiés entre 2008 et 2012 peuvent être commandés aux Éditions Le Manuscrit (<http://www.manuscrit.com>) .
- Les titres publiés à partir de janvier 2013 sont disponibles en librairie et sous forme de ebook payant sur le site de EDP sciences (<http://laboutique.edpsciences.fr/>) . À échéance de six mois ils sont téléchargeables directement et gratuitement sur le site de l'Académie .
- Les publications plus anciennes n'ont pas fait l'objet d'une diffusion commerciale , elles sont consultables et téléchargeables sur le site public de l'Académie www.academie-technologies.fr , dans la rubrique « Publications » . De plus , l'Académie dispose encore pour certaines d'entre elles d'exemplaires imprimés .

Par ailleurs , concernant les Avis , l'Académie des technologies est amenée , comme cela est spécifié dans ses missions , à remettre des Avis suite à la saisine d'une collectivité publique ou par auto saisine en réaction à l'actualité . Lorsqu'un avis ne fait pas l'objet d'une publication matérielle , il est , après accord de l'organisme demandeur , mis en ligne sur le site public de l'Académie .

Enfin , l'Académie participe aussi à des co-études avec ses partenaires , notamment les Académies des sciences , de médecine , d'agriculture , de pharmacie...

Tous les documents émis par l'Académie des technologies depuis sa création sont répertoriés sur le site www.academie-technologies.fr . La plupart sont peuvent être consultés sur ce site et ils sont pour beaucoup téléchargeables .

Dans la liste ci-dessous , les documents édités sous forme d'ouvrage imprimé commercialisé sont signalés par une astérisque . Les publications les plus récentes sont signalées sur le site des éditions . Toutes les publications existent aussi sous forme électronique au format pdf et pour les plus récentes au format ebook .

AVIS DE L'ACADÉMIE

1 . Brevetabilité des inventions mises en oeuvre par ordinateurs : avis au Premier ministre – juin 2001

2 . Note complémentaire au premier avis transmis au Premier ministre – juin 2003





Publications de l'Académie

3. Quelles méthodologies doit-on mettre en oeuvre pour définir les grandes orientations de la recherche française et comment, à partir de cette approche, donner plus de lisibilité à la politique engagée ? – décembre 2003
4. Les indicateurs pertinents permettant le suivi des flux de jeunes scientifiques et ingénieurs français vers d'autres pays, notamment les États-Unis – décembre 2003
5. Recenser les paramètres susceptibles de constituer une grille d'analyse commune à toutes les questions concernant l'énergie – décembre 2003
6. Commentaires sur le Livre Blanc sur les énergies – janvier 2004
7. Premières remarques à propos de la réflexion et de la concertation sur l'avenir de la recherche lancée par le ministère de la Recherche – mars 2004
8. Le système français de recherche et d'innovation (SFRI). Vue d'ensemble du système français de recherche et d'innovation – juin 2004
 - Annexe 1 – La gouvernance du système de recherche,
 - Annexe 2 – Causes structurelles du déficit d'innovation technologique. Constat, analyse et proposition.
9. L'enseignement des technologies de l'école primaire aux lycées – septembre 2004
10. L'évaluation de la recherche – mars 2007
11. L'enseignement supérieur – juillet 2007
12. La structuration du CNRS – novembre 2008
13. La réforme du recrutement et de la formation des enseignants des lycées professionnels – Recommandation de l'Académie des technologies – avril 2009
14. La stratégie nationale de recherche et l'innovation (SNRI) – octobre 2009
15. Les crédits carbone – novembre 2009





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

16. Réduire l'exposition aux ondes des antennes-relais n'est pas justifié scientifiquement : mise au point de l'Académie nationale de médecine, de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies – décembre 2009
17. Les biotechnologies demain – juillet 2010
18. Les bons usages du Principe de précaution – octobre 2010
19. La validation de l'Acquis de l'expérience (VAE) – janvier 2012
20. Mise en oeuvre de la directive des quotas pour la période 2013–2020 – mars 2011
21. Le devenir des IUT – mai 2011
22. Le financement des start-up de biotechnologies pharmaceutiques – septembre 2011
23. Recherche et innovation : Quelles politiques pour les régions ? – juillet 2012
24. La biologie de synthèse et les biotechnologies industrielles (blanches) – octobre 2012
25. Les produits chimiques dans notre environnement quotidien – octobre 2012
26. L'introduction de la technologie au lycée dans les filières d'enseignement général – décembre 2012
27. Évaluation de la recherche technologique publique – février 2013
28. L'usage de la langue anglaise dans l'enseignement supérieur – mai 2013
29. Les Académies d'agriculture, des sciences et des technologies demandent de restaurer la liberté de recherche sur les plantes génétiquement modifiées – mars 2014
30. La réglementation thermique 2012, la réglementation bâtiment responsable 2020 et le climat – novembre 2014
31. Les réseaux de chaleur – décembre 2014





Publications de l'Académie

32. Les enjeux stratégiques de la fabrication additive – juin 2015
33. Sur la loi relative à la “transition énergétique pour une croissance verte” – juin 2015
34. Les technologies et le changement climatique. Des solutions pour l'atténuation et l'adaptation – novembre 2015
35. Biodiversité et aménagement des territoires – décembre 2015
38. Aliments-santé. Implications pour l'industrie – mai 2016
39. Avis des Académies d'agriculture de France et des technologies sur la réglementation des mutagènes ciblées en amélioration des plantes – juillet 2016
40. La détermination d'un prix de référence du carbone – janvier 2017
41. Modifier la réglementation thermique des bâtiments neufs afin de baisser les émissions de gaz à effet de serre au moindre coût – juillet 2017
42. Une stratégie robotique pour réindustrialiser la France – juillet 2017

RAPPORTS DE L'ACADÉMIE

1. Analyse des cycles de vie – octobre 2002
2. Le gaz naturel – octobre 2002
3. Les nanotechnologies : enjeux et conditions de réussite d'un projet national de recherche – décembre 2002
4. Les progrès technologiques au sein des industries alimentaires – Impact sur la qualité des aliments / La filière lait – mai 2003





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

5. *Métrologie du futur – mai 2004
6. *Interaction Homme-Machine – octobre 2004
7. *Enquête sur les frontières de la simulation numérique – juin 2005
8. Progrès technologiques au sein des industries alimentaires – la filière laitière , rapport en commun avec l'Académie d'agriculture de France – 2006
9. *Le patient , les technologies et la médecine ambulatoire – avril 2008
10. *Le transport de marchandises – janvier 2009 (version anglaise au numéro 15)
11. *Efficacité énergétique dans l'habitat et les bâtiments – avril 2009 (version anglaise au numéro 17)
12. *L'enseignement professionnel – décembre 2010 Appropriation des technologies .indd 50 26/05/2015
13. *Vecteurs d'énergie – décembre 2011 (version anglaise au numéro 16)
14. *Le véhicule du futur – septembre 2012 (publication juin 2013)
15. *Freight systems (version anglaise du rapport 10 le transport de marchandises) – novembre 2012
16. *Energy vectors – novembre 2012 (vesion anglaise du numéro 13)
17. *Energy Efficiency in Buildings and Housing – novembre 2012 (version anglaise du numéro 11)
18. *Les grands systèmes socio-techniques / Large Socio-Technical Systems – ouvrage bilingue , juillet 2013
19. * Première contribution de l'Académie des technologies au débat national sur l'énergie / First contribution of the national academy of technologies of France to the national debate on the Future of energies supply – ouvrage bilingue , juillet 2013
20. Renaissance de l'industrie : construire des écosystèmes compétitifs fondés sur la confiance et favorisant





Publications de l'Académie

l'innovation - juillet 2014

21. Le Méthane : d'où vient-il et quel est son impact sur le climat ? – novembre 2014
22. Impact des TIC sur la consommation d'Énergie à travers le monde – 2015]
23. Big data : un changement de paradigme peut en cacher un autre – décembre 2015
24. Le biogaz – mars 2016
25. Les technologies du changement climatique : des solutions pour l'atténuation et l'adaptation – Avril 2016
26. L'enseignement professionnel – mai 2016
27. La perception des risques – juin 2016
28. Les aliments santé : avancées scientifiques et implications industrielles — octobre 2016
29. Quel prix de référence du CO₂ ? – mars 2017
30. Les technologies du changement climatique – des solutions pour l'atténuation et l'adaptation (addendum) — avril 2017
31. Innovation ouverte et PME – juin 2017

COMMUNICATIONS À L'ACADÉMIE

1. *Prospective sur l'énergie au XXI^e siècle, synthèse de la Commission énergie et environnement – avril 2004, MàJ décembre 2004
2. Rapports sectoriels dans le cadre de la Commission énergie et environnement et changement climatique :

– Les émissions humaines – août 2003





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

- Économies d'énergie dans l'habitat – août 2003
 - Le changement climatique et la lutte contre l'effet de serre – août 2003
 - Le cycle du carbone – août 2003
 - Charbon, quel avenir ? – décembre 2003
 - Gaz naturel – décembre 2003
 - Facteur 4 sur les émissions de CO₂ – mars 2005
 - Les filières nucléaires aujourd'hui et demain – mars 2005
 - Énergie hydraulique et énergie éolienne – novembre 2005
 - La séquestration du CO₂ – décembre 2005
 - Que penser de l'épuisement des réserves pétrolières et de l'évolution du prix du brut ? – mars 2007
3. Pour une politique audacieuse de recherche, développement et d'innovation de la France – juillet 2004
4. *Les TIC : un enjeu économique et sociétal pour la France — juillet 2005
5. *Perspectives de l'énergie solaire en France – juillet 2008
6. *Des relations entre entreprise et recherche extérieure – octobre 2008
7. *Prospective sur l'énergie au xxie siècle, synthèse de la Commission énergie et environnement, version française et anglaise, réactualisation – octobre 2008
8. *L'énergie hydro-électrique et l'énergie éolienne – janvier 2009
9. *Les Biocarburants – février 2010
10. *PME, technologies et développement – mars 2010.
11. *Biotechnologies et environnement – avril 2010
12. *Des bons usages du Principe de précaution – février 2011





Publications de l'Académie

13. L'exploration des réserves françaises d'hydrocarbures de roche mère (gaz et huile de schiste) – mai 2011
14. *Les ruptures technologiques et l'innovation – février 2012
15. *Risques liés aux nanoparticules manufacturées – février 2012
16. *Alimentation, innovation et consommateurs – juin 2012
17. Vers une technologie de la conscience – juin 2012
18. Les produits chimiques au quotidien – septembre 2012
19. Profiter des ruptures technologiques pour gagner en compétitivité et en capacité d'innovation – novembre 2012
20. Dynamiser l'innovation par la recherche et la technologie – novembre 2012
21. La technologie, école d'intelligence innovante. Pour une introduction au lycée dans les filières de l'enseignement général – octobre 2012
22. Renaissance de l'industrie : recueil d'analyses spécifiques – juillet 2014
23. Réflexions sur la robotique militaire – février 2015
24. Le rôle de la technologie et de la pratique dans l'enseignement de l'informatique – novembre 2015
25. Le pétrole, quelles réserves, quelles productions et à quels prix ? – janvier 2017
26. L'incidence sur la santé humaine des différentes sources de production d'énergie électrique: évaluation sur les cinquante dernières années – juin 2017





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

DIX QUESTIONS POSÉES À...

1. *Les déchets nucléaires – 10 questions posées à Robert Guillaumont – décembre 2004
2. *L'avenir du charbon – 10 questions posées à Gilbert Ruelle – janvier 2005
3. *L'hydrogène – 10 questions posées à Jean Dhers – janvier 2005
4. *Relations entre la technologie, la croissance et l'emploi – 10 questions à Jacques Lesourne – mars 2007
5. *Stockage de l'énergie électrique – 10 questions posées à Jean Dhers – décembre 2007
6. *L'éolien, une énergie du xxie siècle – 10 questions posées à Gilbert Ruelle – octobre 2008
7. *La robotique – 10 questions posées à Philippe Coiffet, version francoanglaise – septembre 2009
8. *L'intelligence artificielle – 10 questions posées à Gérard Sabah – septembre 2009
9. *La validation des acquis de l'expérience – 10 questions posées à Bernard Decomps – juillet 2012
10. Les OGM - 10 questions posées à Bernard Le Buanec - avril 2014
11. *Comment bien se nourrir en respectant la planète et notre santé ? - 10 questions posées à Pierre Feillet - juin 2016

GRANDES AVENTURES TECHNOLOGIQUES

1. *Le Rilsan – par Pierre Castillon – octobre 2006
2. *Un siècle d'énergie nucléaire – par Michel Hug – novembre 2009





Publications de l'Académie

HORS COLLECTION

1. Actes de la journée en mémoire de Pierre Faure et Jacques-Louis Lions, membres fondateurs de l'Académie des technologies, sur les thèmes de l'informatique et de l'automatique – 9 avril 2002 avec le concours du CNES
2. Actes de la séance sur "Les technologies spatiales aujourd'hui et demain" en hommage à Hubert Curien, membre fondateur de l'Académie des technologies – 15 septembre 2005
3. Libérer Prométhée – mai 2011

CO-ÉTUDES

1. Progrès technologiques au sein des industries alimentaires – La filière laitière. Rapport en commun avec l'Académie d'agriculture de France – mai 2004
2. Influence de l'évolution des technologies de production et de transformation des grains et des graines sur la qualité des aliments. Rapport commun avec l'Académie d'agriculture de France – février 2006
3. *Longévité de l'information numérique – Jean-Charles Hourcade, Franck Laloë et Erich Spitz. Rapport commun avec l'Académie des sciences – mars 2010, EDP Sciences
4. *Créativité et Innovation dans les territoires – Michel Godet, Jean-Michel Charpin, Yves Farge et François Guinot. Rapport commun du Conseil d'analyse économique, de la Datar et de l'Académie des technologies – août 2010, la Documentation française
5. *Libérer l'innovation dans les territoires. Synthèse du Rapport commun du Conseil d'analyse économique, de la Datar et de l'Académie des technologies. Créativité et Innovation dans les territoires Édition de poche – septembre 2010 – réédition novembre 2010 à la Documentation française
6. *La Métallurgie, science et ingénierie – André Pineau et Yves Quéré. Rapport commun avec l'Académie des sciences (RST) – décembre 2010, EDP Sciences.





Séminaire Innovation — Croissance — Emploi

7. Les cahiers de la ville décarbonée en liaison avec le pôle de compétitivité Advancity
8. Le brevet, outil de l'innovation et de la valorisation – Son devenir dans une économie mondialisée – Actes du colloque organisé conjointement avec l'Académie des sciences le 5 juillet 2012 éditions Tec & doc – Lavoisier
9. Quel avenir pour les biocarburants aéronautiques ? – Rapport commun avec l'Académie de l'air et de l'espace — juillet 2015
10. La mise en œuvre en France des techniques de séquençage de nouvelle génération . Rapport commun avec l'Académie de médecine – février 2016