

## Dossiers thématiques

### 1 / L'intelligence artificielle « Made in France »<sup>1</sup>

Ludovic Dibiaggio et Lionel Nesta

Définie comme une technologie de la prédiction, l'intelligence artificielle (IA) est pressentie comme la grande vague technologique qui renouvellera en profondeur nos économies, en termes de création de valeur [Aghion et al., 2019], de fonctionnement des marchés [Varian, 2018], de processus d'innovation [Cockburn et al., 2019] et bien évidemment d'emplois [Acemoglu et Restrepo, 2019 ; Agrawal et al., 2019 ; Felten et al., 2019]. L'espoir est de faire de l'IA la technologie qui saura soustraire les économies développées à la menace d'une stagnation séculaire.

Conscients des enjeux stratégiques de ce défi technologique et industriel, les gouvernements des pays industrialisés ainsi que les géants industriels se sont lancés dans des stratégies offensives annonçant des plans d'investissement considérables. Cet engouement contraste avec l'appareil de mesure de l'IA qui, à ce jour, reste pour ainsi dire inexistant. L'IA n'est ni une catégorie statistique, ni une variable comptable, si bien que rendre compte des activités d'investissement en IA demeure un exercice délicat.

Ce chapitre a pour ambition d'identifier les atouts et les faiblesses de la France dans cette grande course à l'innovation. Pour pallier l'absence de cadre comptable, ce travail s'appuie sur une base de données unique et exhaustive en matière de brevets afin de révéler les stratégies d'investissement des États et des acteurs. Ce choix méthodologique présente l'avantage de donner une représentation cohérente des innovations liées à l'IA au niveau international.

---

1 Ce chapitre s'appuie sur l'article de Deperi et al. [2023].

### Le brevet comme matériau de base

Nous mobilisons des données de brevets issues de la base de données PATSTAT. L'usage du brevet présente deux avantages essentiels. Premièrement, le brevet constitue une source de données unique et systématique de l'innovation. La base PATSTAT est produite par l'Office européen des brevets et recense plus de 140 millions de brevets déposés dans plus de quarante offices de propriété intellectuelle. Un brevet constitue une source rare d'informations relatives au contenu technologique du brevet ; le nom et la localisation de l'inventeur et de son propriétaire ; l'année de priorité ; le titre du brevet ; son résumé. Deuxièmement, il permet de saisir les activités d'innovation qui impliquent l'intelligence artificielle et les associe à des marchés pressentis comme porteurs. Ce faisant, on se concentre sur le développement marchand de l'IA, c'est-à-dire incorporé

en valeur ajoutée attendue, davantage que sur le développement scientifique et technique de l'IA hors valeur marchande.

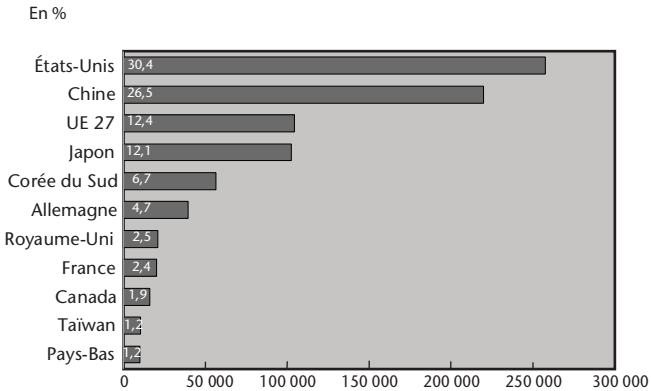
En tant qu'algorithme, l'IA ne se prête pas au brevetage (article 52 de la Convention sur le brevet européen, 16<sup>e</sup> édition, 2020), et ce n'est qu'intégrée dans une technologie matérialisée qu'elle peut être brevetée. L'identification d'un brevet incorporant de l'IA et sa classification en techniques, fonctions et domaines d'application s'effectue par la recherche de mots clefs et de classes technologiques systématiquement répertoriées. Ce faisant, la méthode d'identification des brevets IA permet d'obtenir un ensemble que nous pouvons considérer comme notre base de brevets en relation avec l'IA sur la période 1990-2017. Au total, entre 1990 et 2017, nous comptons plus de 860 000 brevets en relation avec l'IA. Parmi eux, environ 178 000 brevets sont liés à des techniques IA, environ 242 000 à des fonctions IA et plus de 600 000 à des applications IA.

### La place de la France dans la production mondiale d'innovations incorporant de l'IA

Dès lors qu'il s'agit de mesurer la place relative d'un pays ou d'un acteur dans un domaine particulier, il faut au préalable définir une métrique. L'IA n'étant pas une catégorie statistique, son recensement nécessite des stratégies empiriques indirectes, c'est-à-dire diversifiées et innovantes, mais toujours imparfaites. Ce travail propose de quantifier l'investissement en IA en comptant les innovations brevetées incorporant des algorithmes relatifs à l'IA.

Pour ce faire, il s'appuie sur une base de données unique et exhaustive en matière de brevets, PATSTAT (voir encadré). Le recours exclusif aux données de brevets présente l'avantage de fournir une représentation cohérente des innovations liées à l'IA au niveau international. En revanche, les résultats ne fournissent qu'une lecture partielle de l'innovation en IA et ne sauraient caractériser les acti-

Graphique 1. Les dix principaux pays producteurs de brevets IA (1990-2017)



Sources : PATSTAT, calcul des auteurs.

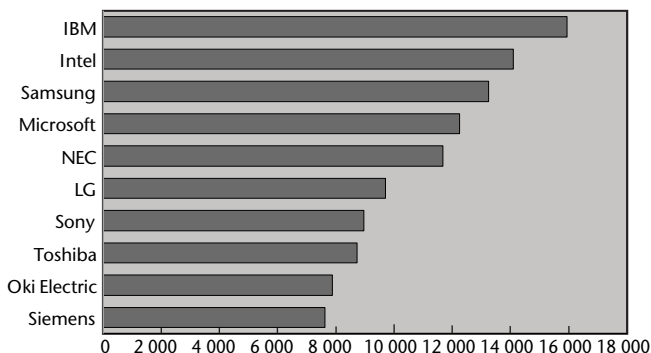
vités exclusivement dédiées au développement d'algorithmes, sans intégration dans un artefact particulier. Par ailleurs, le recours aux brevets est un choix stratégique qui justifie des propensions à breveter hétérogènes. De fait, appuyer sur les brevets des études comparatives ne donne qu'une photographie imparfaite de la réalité.

Le graphique 1 classe les dix premiers pays producteurs de brevets IA. Avec respectivement 30 % et 26 % des brevets IA, les États-Unis et la Chine dominent la production mondiale d'innovations incorporant de l'IA. L'Union européenne et le Japon en représentent chacun 12 %. Ainsi, quatre brevets IA sur cinq émanent de ces quatre zones géographiques. La Corée du Sud représente 6 % des brevets IA. L'Allemagne (pays le plus actif dans le domaine de l'IA au sein de l'Union européenne), le Royaume-Uni, la France, le Canada et Taïwan forment le premier groupe de pays suiveurs. La France apparaît au septième rang mondial, avec 2,4 % de la production de brevets IA. Les dix premiers pays en comptabilisent 90 % et les vingt premiers presque 97 %.

Une normalisation par le nombre d'habitants singularise la Corée du Sud qui produit plus de 1 000 brevets IA par million d'habitants. Avec environ 800 brevets par million d'habitants,

Graphique 2. Les principaux acteurs privés mondiaux

En %



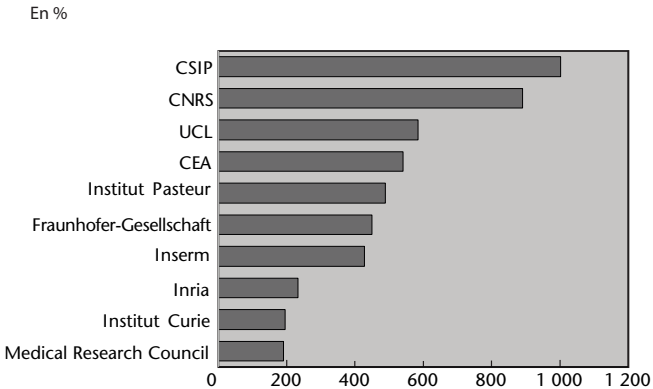
Sources : PATSTAT, calcul des auteurs.

le Japon et les États-Unis se distinguent également par une forte intensité en brevets IA. Avec 234 brevets par million d'habitants, l'Europe est loin derrière. Ceci cache une forte disparité entre pays. Les Pays-Bas (574 brevets par million d'habitants), l'Allemagne (475), mais également la Finlande (748) et la Suède (701) se montrent les plus actifs. À l'inverse, l'Italie (72), l'Espagne (69), le Portugal (39), de même que les anciens pays de l'Est, accusent un net retard. Avec 312 brevets par million d'habitants, la France se classe 15<sup>e</sup> au niveau mondial, occupant une position médiane dans le monde et en Europe.

### Les principaux acteurs

Concentrons-nous maintenant sur les principales organisations, publiques-privées, qui soutiennent l'innovation en matière d'IA. Sans surprise, le géant américain du matériel informatique IBM est leader avec environ 16 000 brevets. Intel (États-Unis, 14 000 brevets), Samsung (Corée du Sud, 13 000 brevets), Microsoft (États-Unis, 12 000 brevets) et NEC (Japon, 11 000 brevets) sont les innovateurs majeurs de l'IA. Plus globalement, le top 10 compte trois entreprises américaines (IBM, Intel, Microsoft),

Graphique 3. Les principaux acteurs publics européens



Sources : PATSTAT, calcul des auteurs.

quatre japonaises (NEC, Sony, Toshiba, Oki Electric), deux coréennes (Samsung, LG) et une allemande (Siemens). La première entreprise française, Thalès, se classe en 37<sup>e</sup> position avec environ 3 000 brevets recensés.

Le graphique 3 présente les dix premiers organismes de recherche publique en Europe. Avec 1 000 brevets, le CSIP espagnol (Consejo Superior de Investigaciones Cientificas) est en tête du classement. Les organismes de recherche français sont fortement représentés : le CNRS est 2<sup>e</sup> avec 891 brevets, le CEA et l'Institut Pasteur sont respectivement 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup>, l'Inserm occupe la 7<sup>e</sup> place, l'Inria la 8<sup>e</sup> et l'Institut Curie la 9<sup>e</sup> place. On compte donc six institutions françaises parmi les dix principaux organismes de recherche européens. Si ce classement ne révèle pas nécessairement la position effective des acteurs publics quant à la valorisation des inventions par une politique de dépôts de brevets, il a le mérite de mettre en évidence la force des organisations de recherche publiques françaises.

Il est également possible de caractériser, certes imparfaitement, la valeur économique des brevets, en comptant le nombre de pays dans lesquels la propriété intellectuelle est obtenue. On observe ainsi que les institutions françaises pro-

duisent des brevets à haute valeur économique : alors que le nombre moyen de pays de protection s'élève à 1,9 pour l'ensemble des instituts de recherche européens, ce nombre atteint 2,2 pour le CNRS, de 2,5 pour l'Institut Pasteur, 2,1 pour l'Inserm, 2,2 pour l'Institut Curie.

### L'organisation industrielle de l'innovation IA

Comme le montre le tableau 1, les entreprises privées produisent nettement plus de brevets que les institutions publiques. À un brevet public correspondent 4,6 brevets émanant d'acteurs privés, hors inventeurs individuels. On remarque, en outre, une grande hétérogénéité entre pays. Au Japon, par exemple, le ratio entre brevets privés et brevets publics est supérieur à 20, tandis qu'il s'élève à 12 en Allemagne. Ces ratios contrastent avec ceux observés en Chine, en France et en Corée du Sud puisque, dans ces pays, les organismes de recherche publique jouent un rôle moteur dans la génération de brevets IA.

Examinons maintenant les réseaux de collaboration en nous concentrant sur les cobrevets, c'est-à-dire les brevets appartenant à plusieurs organisations. On observe en premier lieu que ceux-ci représentent à peine plus de 1 % des brevets. Gageons que d'autres formes de collaboration existent, mais qu'elles sont peu ou mal saisies par la comptabilité des brevets. Remarquons en second lieu que, avec plus de 3 % des brevets impliquant plusieurs acteurs (3,4 %), la France se distingue par une fréquence élevée de cobrevets, s'opposant sur ce point aux États-Unis, à l'Allemagne et au Japon.

Le tableau 1 présente également la fréquence en pourcentage des cobrevets impliquant des acteurs de nationalités différentes (%CI) et celle impliquant des partenaires de natures différentes, publique ou privée (%CM). La position de la France est singulière. On y observe un fort niveau de collaboration entre institutions de recherche publiques, mais ces réseaux restent relativement fermés à l'international et à la mixité institutionnelle. Les réseaux de collaboration de l'Allemagne montrent un visage différent. En volume, les réseaux allemands semblent en retrait. Toutefois, les cobrevets allemands font preuve d'une plus grande ouverture à l'international.

Relativement à leur production de brevets, les États-Unis montrent un très faible niveau de collaboration. Toutefois,

Tableau 1. Division du travail public-privé et réseaux de collaboration

En % par an

	RPP	%C	%CI	%CM
Monde	4,6	1,3	12,3	21,0
France	2,8	3,4	26,0	11,3
Allemagne	12,3	1,0	50,5	24,6
Chine	1,9	2,9	9,8	18,1
Corée du sud	3,0	2,1	9,3	39,1
États-Unis	8,8	0,5	39,0	39,7
Japon	20,4	1,2	24,7	18,6

Légende : RPP : nombre de brevets IA privés rapporté au nombre de brevets IA publics. %C : part des cobrevets IA dans l'ensemble des brevets IA. %CI : part des collaborations internationales, i.e. impliquant des acteurs de nationalités différentes. %CM : part des collaborations mixtes, i.e. impliquant des types d'institutions (publiques ou privées) différentes.

Sources : PATSTAT, calcul des auteurs.

comme dans le cas de l'Allemagne, quand des acteurs américains sont impliqués dans un cobrevet, ce dernier implique souvent un acteur étranger. La Chine, la Corée du Sud et le Japon affichent quant à eux une division du travail qui leur est propre. De toute évidence, ces chiffres révèlent des systèmes nationaux d'innovation radicalement différents d'un pays à l'autre.

Dans l'ensemble, on retiendra que la France se distingue par une forte présence de sa recherche publique dans la production d'innovations incorporant de l'IA. En termes de collaboration, les réseaux français de cobrevets sont portés par les acteurs publics. Ils sont essentiellement intranationaux et sont faiblement ouverts à l'international et à la mixité institutionnelle.

## Conclusion

Avec une part de marché s'élevant à 2,4 % des brevets IA, la France se situe au septième rang mondial. Normalisé par le nombre d'habitants, elle se situe au 15<sup>e</sup> rang mondial, avec 312 brevets par million d'habitants. Dans l'ensemble, sans être un leader mondial, la France montre une activité modérée mais significative. La faible présence des acteurs privés contraste avec la forte implication des acteurs publics.

En termes de collaboration, les réseaux français se révèlent peu ouverts à l'international et à la mixité institutionnelle.

Au vu de la performance remarquable des institutions de recherche publique, on peut rester optimiste sur l'avenir de l'IA en France. La base scientifique est avérée et, dans la mesure où l'IA est un domaine fondé sur la science, ce prérequis peut être considéré comme étant satisfait. Mais, pour nécessaire qu'elle soit, cette condition ne saurait suffire. L'absence des grands groupes français dans les réseaux d'innovation, de même que leur retard relativement aux acteurs majeurs mondiaux, interrogent. La France court le risque de devenir un laboratoire mondial de l'IA situé en amont des activités d'innovation proprement dites, supportant les coûts fixes et irrécouvrables liés à chaque micro-projet, sans trouver le relais nécessaire, au niveau national à tout le moins, quant à leur exploitation à plus grande échelle.

#### Repères bibliographiques

---

- ACEMOGLU D. et RESTREPO P. [2019], « Automation and new tasks : how technology displaces and reinstates labor », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 33, n° 2, p. 3-30.
- AGHION P., ANTONIN C. et BUNEL S. [2019], « Artificial intelligence, growth and employment : the role of policy », *Économie et Statistique*, n° 510, p. 149-164.
- AGRAWAL A., GANS J. S. et GOLDFARB A. [2019], « Artificial intelligence : the ambiguous labor market impact of automating prediction », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 33, n° 2, p. 31-50.
- COCKBURN I. M., HENDERSON R. et STERN S. [2019], « The impact of artificial intelligence on innovation : an exploratory analysis », in AGRAWAL A., GANS J. et GOLDFARB A. (dir.), *The Economics of Artificial Intelligence. An Agenda*, University of Chicago Press, Chicago, p. 115-148.
- DEPERI J., DIBIAGGIO L., KEITA M. et NESTA L. [2023], « Des idées sans échelle : l'intelligence artificielle "Made in France" en mal de débouchés », *Policy Brief de l'OFCE*, n° 115, 18 avril.
- FELTEN E. W., MANAV R. et SEAMANS R. [2019], « The occupational impact of artificial intelligence : labor, skills, and polarization », *NYU Stern School of Business*.
- OCDE [2021], *Artificial Intelligence and Employment. New Cross-Country Evidence*, OCDE, Paris.
- VARIAN H. [2018], « Artificial intelligence, economics, and industrial organization », in AGRAWAL A., GANS J. et GOLDFARB A. (dir.), *The Economics of Artificial Intelligence. An Agenda*, University of Chicago Press, Chicago, p. 399-419.