

# — L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE —

TENDANCE MÉTIERS DANS L'INDUSTRIE



L'intelligence artificielle désigne le champ d'études et d'applications qui tente de faire faire par une machine ce que l'homme faisait jusqu'à présent avec son intelligence. Le sujet fait parler de lui et semble toucher tous les domaines : économique, scientifique, judiciaire, médical, industriel, etc. Au-delà des espoirs suscités et des prédictions parfois brandies rapidement, le domaine a bénéficié de la multiplication des données d'une part et de l'augmentation des puissances de calcul d'autre part. De fait, des applications uniquement théoriques dans les années 1980 ont désormais des applications pratiques. Et les opportunités d'emploi sont réelles auprès des sociétés de services du numérique (ESN), des cabinets de conseil et gestion des entreprises ou d'ingénierie-R&D. Avec un volume d'environ 2 400 offres en 2017, le marché de l'emploi cadre a d'ailleurs plus que doublé en un an.



Avec le concours  
du Programme d'Investissements d'Avenir



CAMPUS  
D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE FORMATION PROFESSIONNELLE



## –LES ENJEUX–

L'intelligence artificielle (IA) : sa définition répond moins à un champ de recherches et de techniques bien délimité qu'à un projet. Elle cherche à comprendre le fonctionnement des processus cognitifs humains pour parvenir à les reproduire. Elle est donc à l'intersection de plusieurs disciplines de recherche au premier rang desquelles l'informatique, les mathématiques ou les sciences cognitives.

### – L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA) : UNE HISTOIRE COURTE ET MOUVEMENTÉE

Datant des années 1950<sup>1</sup> et issues des mathématiques et de la logique formelle, les premières approches de l'IA consistent à l'origine à traduire sous forme algorithmique des raisonnements formels : il s'agit de modéliser des tâches intellectuelles par la manipulation et l'application de règles logiques ou de symboles représentant des connaissances ou des processus cognitifs élémentaires. Cette approche symbolique connaît une renaissance dans les années 1980 avec les systèmes expert<sup>2</sup>. L'industrie, très engagée, développe notamment des applications dans le contrôle des processus de production, en lien étroit avec les développements de la robotique. Certaines réussites<sup>3</sup> marquent le grand public mais d'autres tentatives, comme le traitement automatique du langage, sont alors moins convaincantes du fait de la complexité du langage humain, plus difficile à formaliser que les règles du jeu d'échecs. À ce stade, seules les tâches *goal-oriented*<sup>4</sup> sont possibles : la machine demeure incapable de définir ses propres buts et l'apprentissage par des approches symboliques demeure contraint car les données de travail doivent être extrêmement propres et documentées.

Un glissement s'est opéré plus récemment des approches symboliques vers des approches connexionnistes, qui tentent de reproduire le mode de fonctionnement du cerveau. À travers les techniques développées aujourd'hui, l'IA repose moins sur une modélisation à proprement parler que sur un entraînement à la reconnaissance nourrie d'immenses corpus de données. Le machine *learning* et le *deep-learning*, sous domaines de l'IA liés aux réseaux de neurones, en sont les fruits.

« L'exemple typique, c'est le conducteur de voiture. Modéliser sous la forme d'une base de connaissances le comportement d'un conducteur, c'est compliqué : il y a trop de cas à envisager, certains sont parfois contradictoires les uns avec les autres... C'est là qu'intervient le deep-learning. Si on a les data avec des données d'entrée (par exemple ce que voit le conducteur quand il conduit) et des données de sortie (les actions qu'il entreprend), on est capable d'utiliser ces informations-là. On ne 'modélise' pas directement, on fait intégrer ces données à un réseau de neurones qui, petit à petit, en répétant l'action, approxime le modèle. » (Expert).

Cette technologie, connue depuis les années 1980<sup>5</sup>, n'a connu de réels développements qu'à l'orée des années 2000, avec l'accroissement exponentiel des données grâce à Internet, et l'augmentation de la capacité des processeurs.

### – UNE RÉCENTE MONTÉE EN PUISSANCE ÉTAYÉE PAR DES APPLICATIONS CONCRÈTES

Des pans entiers de l'industrie sont potentiellement concernés par l'IA : amélioration des processus, perfectionnement du contrôle qualité, détection des anomalies, prédiction des défaillances, développement de la maintenance prédictive, etc. La production est la

1. « A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, 1955.

2. Outil capable de reproduire les mécanismes cognitifs d'un expert humain.

3. Comme la victoire de Deep Blue sur le champion d'échec Gary Kasparov en 1997.

4. Avec un objectif défini par l'avance.

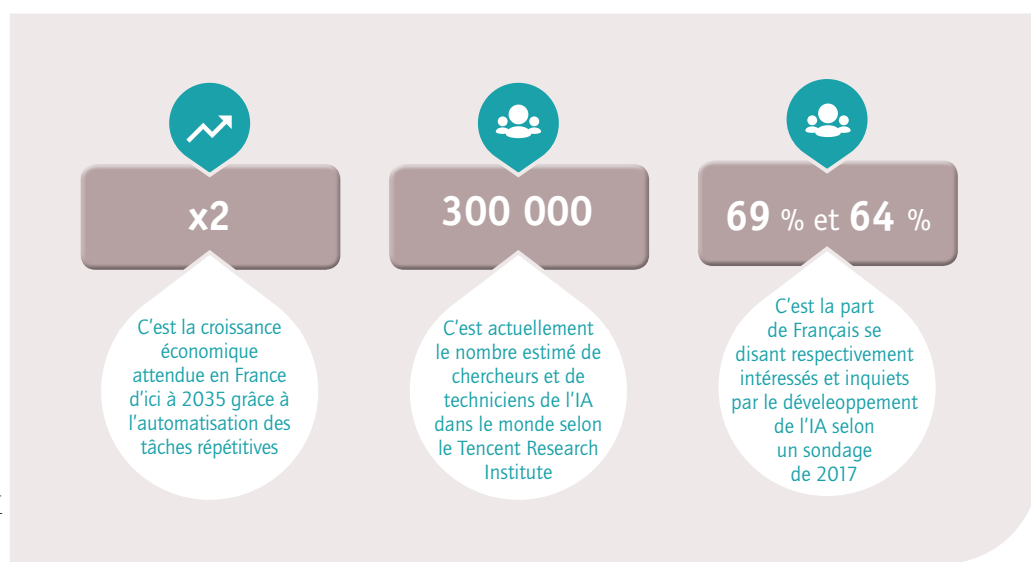
5. Yann LeCun *et al.*,

« Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition », *Neural Computation*, 1989, 1(4), pp. 541-551.

première concernée, mais les champs de la conception, du management ou du marketing sont également susceptibles d'évoluer. Les applications concrètes de l'IA dans l'industrie sont très diverses : de la reconnaissance des défauts sur une ligne de fabrication de verre où l'automate valide la qualité du produit par l'application d'un poinçon, à la maintenance prédictive d'un ascenseur où les données remontées par capteurs permettent le remplacement des pièces usées avant même qu'il ne tombe en panne, en passant par

l'étalonnage de centrifugeuses médicales servant à l'analyse des taux de coagulation du sang... Nombre d'entre elles, comme la reconnaissance vocale ou la distribution du courrier par des machines de traitement, sont en réalité des perfectionnements de techniques connues depuis plusieurs décennies. L'évolution des techniques d'IA permet surtout des changements d'échelle et un certain gain de temps dans la compréhension de phénomènes complexes auparavant inaccessibles.

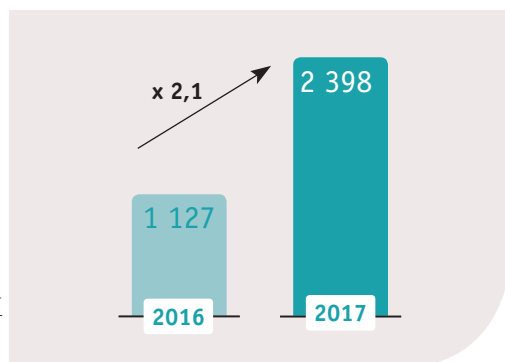
–Figure 1–  
Les chiffres-clés 2017 de l'intelligence artificielle en France<sup>6</sup>



Source : Apec, 2018

## –LES OPPORTUNITÉS–

–Figure 2–  
Nombre d'offres publiées par l'Apec entre 2016 et 2017 en intelligence artificielle



Source : Apec, 2018

Entre 2016 et 2017, le nombre d'offres d'emploi diffusées par l'Apec dans le domaine de l'intelligence artificielle a été multiplié par 2,1, passant de 1 127 à 2 398 (figure 2). Elles ont été publiées par des entreprises recherchant des compétences et/ou proposant des missions en lien avec cette technologie.

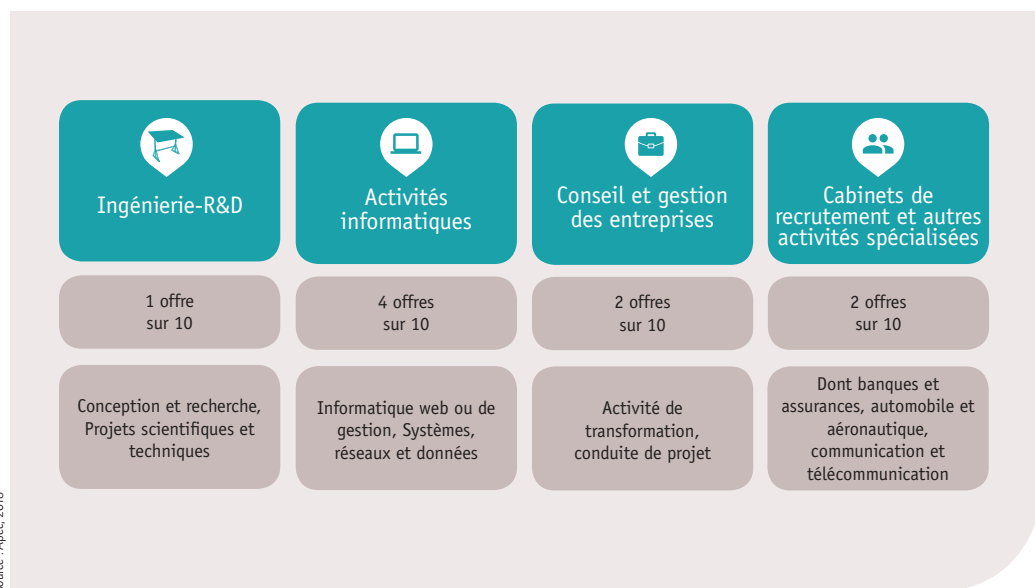
<sup>6</sup> The Global State of Information Security<sup>SM</sup> Survey 2017, PwC.

## QUATRE OFFRES SUR DIX CONCERNENT LE SECTEUR DES ACTIVITÉS INFORMATIQUES

Sur la période 2016-2017, 42 % des offres d'emploi dans le domaine de l'intelligence artificielle ont été publiées par des sociétés d'activités informatiques (entreprises de services du numérique ou ESN notamment). Les entreprises de ce secteur représentent

ainsi les principaux pourvoyeurs d'offres, loin devant les activités de conseil et gestion des entreprises (19 %) et les sociétés d'ingénierie-R&D (11 %). En mineur, des offres ont également été émises par des intermédiaires de recrutement pour lesquels les clients peuvent être divers. Ces activités représentent, ensemble, 17 % des offres publiées dans le domaine (figure 3). 63 % des offres impliquent une intégration des candidats dans les directions informatiques des sociétés et 20 % dans les départements d'études et de R&D.

– Figure 3 –  
Principaux émetteurs d'offres en intelligence artificielle publiées sur la période 2016-2017



## L'ÎLE-DE-FRANCE DRAINE PRÈS DE DEUX TIERS DES OFFRES D'EMPLOI

Avec 63 % des offres relatives à l'intelligence artificielle en 2016-2017, les entreprises franciliennes représentent près des deux tiers des diffuseurs d'offres. Suivent ensuite les deux territoires d'Auvergne - Rhône-Alpes et d'Occitanie qui représentent, à eux deux, 16 % des offres émises dans le domaine de l'intelligence artificielle. Toutefois, cette distribution est moins le reflet de la place qu'occupe l'industrie au sein des différents territoires que de la métropolisation de certaines activités de services aux entreprises : ESN, sociétés de conseil ou cabinets d'ingénierie<sup>7</sup>.

## UNE OFFRE SUR QUATRE S'ADRESSE À DES CANDIDATS EXPÉRIMENTÉS

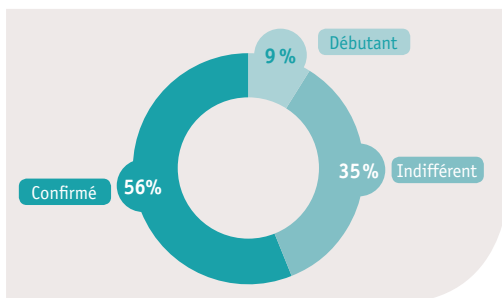
En 2016, 56 % des entreprises recherchent des cadres confirmés dans leur domaine, ce qui témoigne du degré important d'expertise requis. Néanmoins plus d'un tiers des offres n'ont pas d'exigence sur le niveau d'expérience (figure 4). Cet élément doit être mis en parallèle avec les discours des recruteurs sur l'écart qui subsiste entre les besoins actuels en compétences relatives à l'intelligence artificielle et le vivier de candidats :

<sup>7</sup> Cartographie et analyse territoriale des offres d'emploi cadre par secteur, Apec, 2017, n°39.

« Actuellement, on ne peut pas s'assurer de la compétence des gens recrutés. Ça sera sur la rigueur de travail et sur les méthodes utilisées. » (Expert).

Si les recruteurs ciblent essentiellement des développeurs ou des *data scientists*, les docteurs sont plus fortement sollicités que sur d'autres tendances émergentes.

– Figure 4 –  
Niveaux d'expérience recherchés par les recruteurs en intelligence artificielle en 2016



Source : Apec, 2018

## – LES COMPÉTENCES RECHERCHÉES –

Une très grande majorité des offres répondent aux intitulés de développeurs informatiques ou de *data scientists* ou *data analysts*, mais ces appellations recouvrent des attentes diverses en ce qui concerne les connaissances, les compétences<sup>8</sup> mais aussi de besoins en matière d'intelligence artificielle, même si une formation solide en informatique et/ou en mathématiques est souvent un prérequis.

maîtrise des langages (Javascript, Python, Bash, Html5, CSS, C, C++...) et en développement d'applications notamment. Le poste peut être couplé à celui d'analyste des données et une bonne connaissance des bases de données peut ainsi être exigée (Hadoop ou Spark). En revanche, la maîtrise de l'intelligence artificielle varie sensiblement, de l'étude théorique de nouvelles couches de neurones et de leur intégration aux couches présentes dans un produit existant à un simple intérêt déclaré pour les technologies émergentes autour du *big data* et de l'IA.

### CHEZ LES ESN, UNE APPÉTENCE POUR LES DÉVELOPPEURS AVEC DES DEMANDES VARIÉES EN MATIÈRE DE COMPÉTENCES EN IA

Du côté des sociétés informatiques, des compétences techniques fortes sont systématiquement attendues en

#### DÉVELOPPEUR LOGICIEL EXPERT C++ ET SQL H/F

Émetteur de l'offre d'emploi : ESN (Hauts-de-France).

**Missions** Vous participerez à la conception du logiciel de supervision qui pilote des flottes de robots pour réaliser la logistique de nos clients. Ce logiciel est basé sur une architecture C++/SQL *multithreadée* qui combine des algorithmes d'**intelligence artificielle** et des temps de latence ultra courts. Vous saurez proposer une architecture logicielle et coordonner techniquement les développements de plusieurs développeurs.

**Profil** Avec une formation orientée informatique (ingénieur, master, thèse), vous avez au moins cinq

ans d'expérience en développement C++ sur des projets de grande ampleur, vous savez utiliser l'UML pour proposer un design logiciel. Vous êtes experts en base de données SQL, y compris sur les aspects performance. Une connaissance de l'**intelligence artificielle** et des algorithmes d'optimisation est un plus. Vous avez un bon relationnel qui vous permet de coordonner une équipe technique. Structuré, imaginatif, rigoureux, vous savez prendre des responsabilités et collaborer dans une ambiance décontractée avec les gens qui vous entourent.

<sup>8</sup> Big Data, *Usine du futur, bâtiment du futur ? Quelles évolutions pour les métiers cadres ? Revue de tendances 2017*, Apec.

—

## LES ACTIVITÉS DE CONSEIL ET GESTION DES ENTREPRISES METTENT L'ACCENT SUR LES CHEFS DE PROJET ET LES CONSULTANTS EN IA

—

D'avantage que les développeurs, les consultants en IA doivent être capables d'analyser les données, et une bonne connaissance du monde du *big data* est

souvent soulignée. Si la maîtrise des concepts et des techniques de calcul est valorisée, les connaissances en IA sont orientées *business intelligence*. Les offres insistent ainsi sur la reconnaissance et la formalisation des besoins clients, en particulier pour des projets de transformation (plateformes collaboratives, refonte des processus métiers...). L'autonomie, la réactivité et l'adaptabilité sont des *soft skills* largement plébiscitées dans ce cadre. Ici, une expertise forte en IA est rarement requise.

### CONSULTANT DATA H/F

Émetteur de l'offre d'emploi : Cabinet d'activités financières (Île-de-France).

**Missions** Vous serez amené à prendre part à des projets très variés et innovants sur tous types d'industries. Vous participerez à apporter des innovations de rupture par la *data* auprès des directions générales, financières et des corps de métiers industriels : améliorer la performance des fonctions au cœur de l'organisation par la diffusion d'une culture *data* (cas d'usages, architecture, gouvernance, internet des objets, *data science*, *machine learning*, intelligence artificielle) ; perfectionner la production et de l'analyse des

données stratégiques, financières et opérationnelles pour fournir une vision de bout en bout de la chaîne de valeur dédiée au pilotage efficient des activités.

**Profil** Diplôme(s) d'une école d'ingénieur ou de commerce, ou de 3<sup>e</sup> cycle. Forte appétence pour l'exploration et l'analyse de la *data*. Excellentes capacités analytiques et de résolution de problèmes complexes. Aisance dans la communication écrite et orale, bon sens relationnel, autonomie et proactivité.

Source : Apec.fr

—

## UNE DEMANDE EN INGÉNIEURS ET EN DOCTEURS POUR LES ACTIVITÉS D'ÉTUDES ET DE R&D

—

La notion d'expérimentation est ici particulièrement prégnante. Si la demande en recherche pure en intelligence artificielle est limitée, de nombreuses offres insistent sur l'importance du développement de

nouveaux outils ou services innovants afin de servir de relais de croissance industriel. L'arrière-plan académique est souvent discriminant, notamment l'activité de publication à l'international. La connaissance de l'IA passe par une expérience en traitement de l'image, du signal, en cryptographie, en biomécanique ou encore par l'interaction homme-machine. L'innovation, l'imagination mais aussi la rigueur et la capacité à dialoguer sont souvent mises en avant en ce qui concerne les savoir-faire attendus.



## DOCTEUR EN MACHINE LEARNING H/F

Émetteur de l'offre d'emploi : Société d'ingénierie-R&D (Haut-de-France).

**Missions** Le docteur apportera son expertise notamment sur les aspects de modélisation et de prédiction en lien avec les différentes problématiques traitées. Il participera à la définition et aux orientations scientifiques et stratégiques du projet et contribuera à l'avancée scientifique du projet. Il accompagnera les chefs de projet et ingénieurs dans la transformation des productions scientifiques en concepts économiquement valorisables (contribution au *business model*, aux brevets et produits en co-innovation).

**Profil** De formation master ou école d'ingénieur à dominante *machine learning* et informatique. Vous avez un doctorat. Vous êtes passionné par la recherche-innovation, vous disposez d'un background académique fort en mathématiques, apprentissage et informatique, vous maîtrisez un environnement de *machine learning*. Autonomie et travail en équipe, ouverture d'esprit, capacité d'adaptation, force de proposition, gestion d'équipe, appétence pour expérimenter et réaliser des prototypes rapides, maîtrise du français et de l'anglais (oral/écrit).

Source : Apec.fr

## –PRINCIPAUX DÉFIS RH–

Le secteur de l'IA est décrit comme particulièrement porteur.

« On devrait faire 80 % de croissance cette année, donc on aura probablement une dizaine de recrutements à faire. On est bien staffé sur le plan des spécialistes techniques donc on va être amenés à recruter plus de consultants métiers. Il y a des besoins considérables en IA. » (Recruteur).

Mais certains recruteurs soulignent que l'IA étant fortement publicisée, il peut être complexe de recruter l'individu répondant précisément à tous les critères définis en amont. La demande est forte et l'offre de candidats expérimentés peut être limitée. Ces derniers sont alors en mesure de demander des conditions de travail plus avantageuses.

Des difficultés de recrutement tiennent également au fait que, d'une part, un certain effet de mode attire des candidats qui n'ont pas les compétences escomptées ; d'autre part, les besoins des recruteurs peuvent être mal définis ou trop exigeants.

Le recrutement par approche directe, auprès des laboratoires de recherche et/ou associations de docteurs notamment, est particulièrement sollicité dans ce secteur. Du point de vue de la formation, le diplôme d'ingénieur n'est pas en soi un sésame : plusieurs experts et recruteurs interrogés insistent par exemple sur la force du doctorat,

en mathématiques appliquées, en informatique mais aussi en bio-informatique, en physique ou en astrophysique. Il permet de conjuguer la connaissance du milieu scientifique en laboratoire et celle d'un milieu industriel, avec ses temporalités et ses attendus différents. Certains recruteurs à la recherche de spécialistes IA avec un versant consultant métier valorisent quant à eux les doubles formations, ingénieur - école de commerce. D'autres enfin soulignent l'absence de parcours typique.

« Aller à la fac faire un master d'IA, ça arrive souvent. Beaucoup sortent aussi de grandes écoles d'ingénieurs et ont fait des spécialités assez mathématiques, et parmi ceux-là certains font un crochet à la fac, voire une thèse. [...] Faire une thèse donne un avantage et une crédibilité. » (Expert).

Côté expérience professionnelle, l'insertion dans une équipe pluridisciplinaire ou la capacité à travailler en mode projet sont des éléments valorisés et témoignent d'une réactivité attendue dans le travail au quotidien. Une bonne connaissance de l'anglais opérationnel est impératif, notamment dans l'optique de suivre la littérature scientifique. Notons que les recruteurs ne sont pas systématiquement en attente de profils expérimentés car certains préfèrent former les candidats eux-mêmes.

## MÉTHODOLOGIE

Cette note repose sur l'analyse des offres d'emploi publiées par l'Apec en 2016 et en 2017, comprenant les mots-clefs : « intelligence artificielle »/« deep-learning »/« machine-learning ». Seules les offres émanant des entreprises relevant du domaine de l'industrie et de la construction, des services de l'ingénierie-R&D et de l'informatique ont été couvertes par cette analyse. Toutes les offres d'emploi citées ici à titre illustratif sont extraites de ce cahier d'offres. En complément de cette analyse, des entreprises ayant publié des offres en 2017 ainsi que des experts du domaine ont été interrogés. Ces entretiens, associés à une recherche documentaire, ont permis d'apporter un éclairage contextuel sur cette technologie, et d'en analyser les grandes tendances en termes de marché.

## — LE PROJET DÉFI&CO —

Le projet DEFI&Co (*développer l'expertise future pour l'industrie et la construction*)\*, piloté par CESI et soutenu par le programme Investissements d'Avenir, vise à construire des contenus de formation adaptés aux transformations en cours dans l'industrie et la construction. Dans le cadre de ce projet et sur une durée de cinq ans (2017-2021), l'Apec va réaliser chaque année une revue des tendances liées à l'usine du futur et au bâtiment du futur ayant un impact potentiel fort en matière d'évolution des compétences et des métiers pour les cadres. Ce document consacré à l'**intelligence artificielle** s'inscrit dans la revue des tendances 2018. D'autres documents sont disponibles sur les thèmes de la **cybersécurité industrielle**, de la **cobotique**, de la **simulation numérique**, de la **réalité virtuelle/réalité augmentée**, du **bâtiment intelligent**. Un dernier document est consacré à l'opinion des cadres de l'industrie et du bâtiment concernant l'impact des nouvelles technologies sur leur métier.

\*Le projet DEFI&Co a été retenu dans le cadre de l'appel à projets « Partenariats pour la formation professionnelle et l'emploi » du programme Investissements d'Avenir. Le projet regroupe 34 partenaires dont on peut retrouver la liste à cette adresse : <https://recherche.cesi.fr/projets/defico/>

Toutes les études de l'Apec sont disponibles gratuitement sur le site [www.cadres.apec.fr](http://www.cadres.apec.fr) > rubrique *Observatoire de l'emploi*



[www.apec.fr](http://www.apec.fr)

ISSN 2557-6283  
SEPTEMBRE 2018

Cette étude a été réalisée par la Direction Données, Études et Analyses (DDEA) de l'Apec.  
*Analyse et rédaction* : Jérémy Bouillet, Caroline Legrand.  
*Direction de l'étude* : Gaël Bouron.  
*Direction de la DDEA* : Pierre Lamblin.

*Maquette* : Ludovic Bouliol.

**ASSOCIATION POUR L'EMPLOI DES CADRES**  
51 BOULEVARD BRUNE – 75689 PARIS CEDEX 14

**CENTRE DE RELATIONS CLIENTS**

**0 809 361 212** Service gratuit + prix appel

DU LUNDI AU VENDREDI DE 9H À 19H

\*prix d'un appel local

© Apec

Cet ouvrage a été créé à l'initiative de l'Apec, Association pour l'emploi des Cadres, régie par la loi du 1<sup>er</sup> juillet 1901 et publié sous sa direction et en son nom. Il s'agit d'une œuvre collective, l'Apec en a la qualité d'auteur.

L'Apec a été créée en 1966 et est administrée par les partenaires sociaux (MEDEF, CPME, U2P, CFDT Cadres, CFE-CGC, FO-Cadres, CFTC Cadres, UGICT-CGT).

Toute reproduction totale ou partielle par quelque procédé que ce soit, sans l'autorisation expresse et conjointe de l'Apec, est strictement interdite et constituerait une contrefaçon (article L122-4 et L335-2 du code de la Propriété intellectuelle).