
L'intelligence artificielle dans les industries de santé

*Définition, cartographies, perspectives, métiers &
compétences, formations et futurs impacts sur
l'ensemble de la chaîne de valeur*

Septembre 2020



Auteurs du rapport

Christine Garnier

Managing Partner, AEC Partners

christine.garnier@aec-partners.com

Nicolas Collet

Manager, AEC Partners

nicolas.collet@aec-partners.com

Sandrine Jaremko

Partner, AEC Partners

sandrine.jaremko@aec-partners.com

Marine Abtan

Consultant, AEC Partners

marine.abtan@aec-partners.com



Cette étude sur l'impact de l'IA dans les industries de santé s'inscrit dans le cadre de l'EDEC *, signé entre les parties prenantes des industries de santé et l'Etat représenté par la DGEFP ** pour la période 2019-2021...

- Un EDEC Industries de santé a été signé entre, d'une part, les secteurs des entreprises du médicament à usage humain et vétérinaire, du diagnostic in vitro et du dispositif médical et d'autre part l'Etat, représenté par la DGEFP** pour la période 2019 – 2021
- Il est la traduction opérationnelle de la volonté de ceux-ci d'anticiper les évolutions des compétences, et de préserver leur compétitivité dans un monde industriel concurrentiel. Pour cela ils s'intéressent particulièrement la transition numérique. En effet, au-delà des transformations visibles, la transformation digitale des métiers et compétences suppose un accompagnement spécifique et des outils à repenser pour les entreprises.
- Sous l'impulsion d'un Comité de pilotage réunissant la DGEFP, les représentants des fédérations professionnelles, des salariés de la branche, les organismes relais, OPCA DEFI et OPCAİM, un plan d'action a été défini à travers quatre axes principaux

1 Axe 1 : Mesurer les impacts compétences et métiers de la transition numérique

2 Axe 2 : Informer, outiller et accompagner les entreprises sur la transition numérique

3 Axe 3 : Développer des compétences spécifiques liées à la transition digitale

4 Axe 4 : Accompagner et outiller les entreprises pour attirer les talents dans un monde numérique

** EDEC : Engagement de développement de l'emploi et des compétences ** DGEFP (délégation générale à l'emploi et à la formation professionnelle)*

Source : EDEC Industries de santé



... et a quatre objectifs

Cette étude analysant spécifiquement **l'impact de l'IA sur les industries de santé** a quatre objectifs :

1. **Définir l'IA en santé** et **établir une cartographie des entreprises d'IA** en santé en France
2. **Définir les compétences nécessaires** au développement des entreprises d'IA dans les industries de santé
3. **Analyser les typologies de formations déjà existantes en IA** (notamment celles spécifiques en santé) afin de les comparer aux besoins exprimés
4. **Définir les impacts de l'IA sur les métiers et compétences associées** dans la chaîne de valeur des industries de santé



Pour répondre aux objectifs de cette étude, AEC Partners a mis en place une méthodologie basée sur de la recherche secondaire, de la conduite d'entretiens avec des experts et des sessions de travail avec les métiers

1

Recherches secondaires

- Revue pragmatique de la littérature sur l'IA en santé et hors santé
- Revue de l'actualité sur l'IA en santé en France
- Identification et caractérisation des entreprises d'IA en santé en France, et des métiers associés
- Identification des activités IA des multinationales présentes sur le territoire français
- Analyse des types de formations initiales et continues proposées en France dans le domaine de l'IA

2

Conduite d'entretiens avec 21 experts*

- Identification des facteurs pouvant impacter significativement le développement de l'IA en santé
- Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé d'ici 2025
- Identification des métiers et compétences en tension nécessaires au développement de l'IA
- Identification des métiers des industries de santé pouvant être impactés par l'IA

3

Sessions de travail avec des métiers des industries de santé

- Revue de l'impact potentiel de l'IA sur les différents métiers des industries de santé
- Revue d'une sélection de fiches métiers pour préciser les activités potentiellement impactées par l'IA à horizon 3-5 ans

** Plusieurs profils d'experts ont été interrogés : fondateurs de startups d'IA en santé, personnes travaillant dans des industries de santé (laboratoires pharmaceutiques, vétérinaires ou entreprises de dispositifs médicaux) ou des entreprises du numérique, institutionnels et responsables de formations - Voir les noms en annexe*



Agenda

- **Résumé et synthèse des recommandations**

- Résumé

- Synthèse des recommandations

- Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
- Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
- Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
- Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
- Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
- Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
- Bibliographie



Résumé (1/5)

L'intelligence artificielle (ou IA) émerge réellement depuis la fin des années 2010. Cette période marque le début de plusieurs avancées technologiques, notamment dans le domaine des réseaux neuronaux, souvent évoqué sous le terme anglo-saxon *deep learning*, ou apprentissage profond en français : ce sous-domaine de l'IA représente un pan significatif de la recherche actuelle en IA. Le développement de l'IA s'explique également par l'émergence de nouvelles puissances de calcul, la multiplication des capteurs et d'importantes capacités de stockage des données.

Aujourd'hui, l'IA n'est pas une technologie mature et le terme lui-même est galvaudé car la plupart des solutions disponibles ou en développement n'ont rien « d'intelligent » au sens commun du terme. Les outils développés ou en développement permettront de faciliter, optimiser, voire automatiser certaines tâches mais ils ne remplaceront pas les humains dans un avenir proche. Ainsi, les IA actuellement disponibles sont dites « faibles » et « moyennes » car elles ne sont supérieures à toute intelligence humaine que pour des tâches spécifiques.

Conscient du potentiel de l'IA, plusieurs gouvernements ont décidé d'accompagner le développement de cette nouvelle technologie. Les Gouvernements américain et sud-coréen ont ainsi publié un rapport stratégique sur le sujet en 2016, suivi par le Gouvernement chinois en 2017. Ces rapports ont été accompagnés par des investissements de centaines de millions d'euros, voire milliards d'euros, notamment en recherche et développement.



Résumé (2/5)

La France a également pris le sujet en main et le rapport « Donner un sens à l'intelligence artificielle », rédigé par le député et mathématicien Cédric Villani et publié en mars 2018, représente l'aboutissement de différentes réflexions : ce rapport définit la stratégie de la France pour les années à venir concernant l'IA. Depuis, il s'est traduit par des **actions concrètes comme la création de quatre instituts interdisciplinaires de l'IA, la mise en place de la plateforme Health Data Hub et l'acquisition d'un supercalculateur dédié à l'IA.**

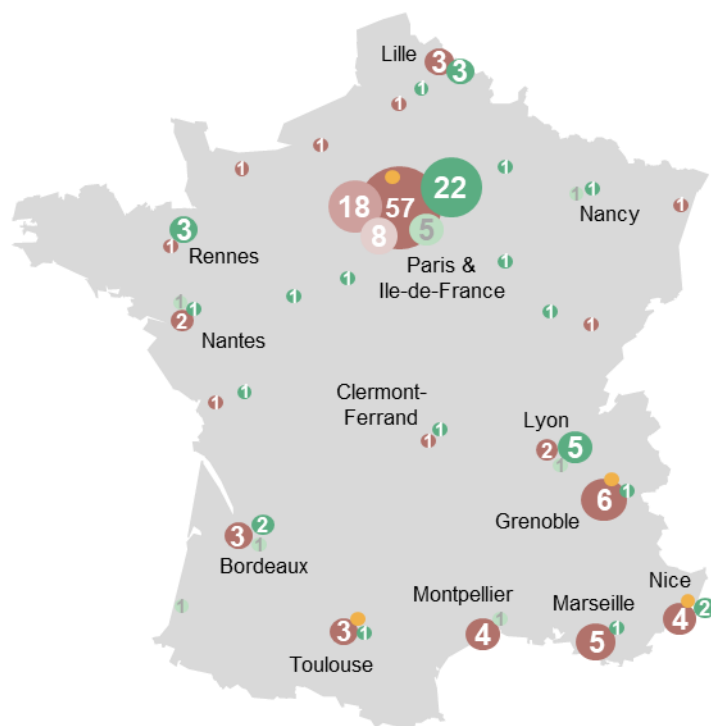
Si l'IA peut être exploitée dans de nombreux domaines, **la santé est souvent évoquée comme un domaine majeur d'application** aux côtés de l'agriculture, les transports et la défense & sécurité.

L'IA est aujourd'hui un domaine majeur de recherche en biologie et médecine : si moins de 50 articles ont été publiés sur le sujet entre 1970 et 1979, plus de 10 000 articles sont parus sur la seule année 2018 à l'échelle mondiale. Cela s'est traduit par la création de centaines d'entreprises et des investissements massifs. La France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine. **Début 2020, on dénombrait près de 100 startups et 18 multinationales développant des solutions d'IA en santé en France** : si un nombre significatif de ces entreprises sont localisées à Paris et en Ile-de-France, on les retrouve dans l'ensemble de l'Hexagone.

Résumé (3/5)

Cartographie des acteurs d'IA en Santé en France selon l'agglomération

- Startups / PME
- Multinationales (siège)
- Multinationales (centre de recherche en IA)
- Etablissements éducatifs
- Ecoles IA Microsoft
- Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle



Sources : Recherches secondaires - Région Ile-de-France. Plan IA 2021 (2018) - Maddyness. Plan IA 2021 : un an après, où en est l'Île-de-France ? (2019) (<https://bit.ly/3c4Z4nJ>) - <http://www.digihall.fr/> - Analyse AEC Partners



Résumé (4/5)

Il existe un consensus sur l'important développement du marché de l'IA au cours des prochaines années : les différents rapports sur le sujet évoquent des taux de croissance annuels moyens de +30% à +50% par an jusqu'en 2025. Cependant, ces prévisions dépendent de plusieurs enjeux qui accéléreront ou freineront le développement de l'IA, notamment en santé. **Ces enjeux sont de différentes natures : techniques, juridiques, réglementaires, socioculturels et économiques.**

Les *enjeux techniques* regroupent les problématiques de qualité et de disponibilité des données, la démonstration de la plus-value des solutions d'IA et les besoins en personnes qualifiées pour développer les solutions d'IA.

Les *enjeux juridiques et réglementaires* font référence à la protection de la donnée et à la définition des critères d'évaluation pour les solutions de Santé comprenant de l'IA.

Les *enjeux socioculturels et économiques* concernent les règles éthiques encadrant les choix de l'IA, l'appropriation des solutions d'IA par le corps médical et les patients, la volonté des entreprises à intégrer l'IA et enfin des forces et faibles de l'écosystème de santé français pour le développement de l'IA.

Quels que soient les enjeux du développement de l'IA, **les solutions seront développées par des experts de la donnée, des ingénieurs en apprentissage automatique et des développeurs informatique bien humains.** Selon le scénario le plus probable, près de **5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA dans le domaine de la santé devraient être créés d'ici 2025.**



Résumé (5/5)

Pour répondre à ces besoins futurs, **50 établissements proposent aujourd'hui des formations en données massives / IA, dont quatre (bientôt cinq) qui proposent des formations avec des modules dédiés à la santé**, voire spécialisés en santé. En sus des écoles et universités, **Microsoft a ouvert 11 centres de formation dédiés à l'IA, dont un spécialisé en santé au sein du CHRU de Nancy**. Outre les formations « standard », il existe de **nombreux cours sur Internet** proposant des formations en IA, ainsi que des **structures proposant des formations continues** en IA.

Enfin, une première étude d'impact de l'IA sur les métiers des industries de santé indique que la **plupart des métiers seront principalement impactés par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA**. Les solutions d'IA devraient permettre d'automatiser certaines tâches fastidieuses et répétitives mais nécessaires et d'améliorer l'efficacité et/ou la performance de certaines tâches qui continueront à être réalisées par des humains.

L'IA est un outil qui permettra un progrès scientifique, médical, économique et sociétal, à condition d'être utilisé à bon escient.



Agenda

- **Résumé et synthèse des recommandations**

- Résumé

- **Synthèse des recommandations**

- Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
- Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
- Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
- Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
- Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
- Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
- Bibliographie



Conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé : rappel du contexte (1/3)



Disponibilité et de l'interopérabilité des données – Rappel du contexte

Les données de santé sont d'ores et déjà nombreuses et variées (e.g. données SNIIRAM, données PMSI) : avec le développement rapide de l'Internet des objets (souvent abrégé IoT) et des solutions permettant de gérer une quantité massive de données (i.e. big ou smart data), il est raisonnable de considérer que la quantité de données de santé va augmenter de manière exponentielle au cours des cinq prochaines années. L'importance des données pour le développement de l'IA a été mise en exergue dans de multiples rapports, dont le rapport Villani. En 2018, l'enjeu principal autour des données consistait à les rendre accessibles et interopérables : c'est ainsi qu'est officiellement né en décembre 2019 le Health Data Hub, un guichet unique devant permettre d'accéder aux montagnes de données de santé disponibles en France, préalablement rendues interopérables et dont la qualité et la sécurité est garantie.

De l'avis quasi unanime des acteurs du secteur, la création du Health Data Hub est un très bon début : aucun ne souhaite la création de nouvelles structures qui complexifieraient un environnement qui l'est déjà particulièrement et dilueraient et superposeraient les missions, les responsabilités et les budgets. Cependant, le travail engagé doit se poursuivre pour que les promesses du Health Data Hub se concrétisent : le déploiement, dont les principaux jalons ont été respectés à début 2020, doit être mis en oeuvre. Il sera également important de dédier un budget (9,7 M€ pour le Health Data Hub en 2020) et des ressources suffisantes pour assurer la mise à disposition et l'interopérabilité des données de santé.

Si les données mises à disposition par le Health Data Hub feront l'objet de recherches d'instituts publics comme le CNRS, l'Inserm ou encore INRIA, les entreprises privées auront également un rôle à jouer pour extraire la réelle valeur des données de santé : en accord avec les règles du Health Data Hub et de la CNIL, les entreprises de santé pourront mener des recherches à partir des données disponibles.

Les entreprises de santé ne doivent cependant pas se limiter aux données provenant du Health Data Hub : elles disposent fréquemment d'une multitude de données en interne qui sont peu, voire non exploitées car éparpillées dans des fichiers et des structures différentes. Les entreprises de santé, pour celles qui ne le font pas encore, doivent donc lancer un chantier comparable à celui du Health Data Hub pour leurs données internes. La tâche étant colossale, démarrer par les données de R&D semble judicieux car les études d'opinion montrent que les métiers scientifiques / techniques sont, en moyenne, plus appétents à l'utilisation des données et la nécessité de réduire la durée et les coûts de recherche et développement des produits de santé est une problématique récurrente du secteur. Tous ces projets devront être menés dans le plus strict respect des règles de confidentialité des données car un seul « mauvais élève » pourrait porter un discrédit important sur l'ensemble des travaux d'IA menés dans le domaine de la santé.

Conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé : rappel du contexte (2/3)



Démonstration de la plus-value des solutions d'IA – Rappel du contexte

L'usage puis l'adoption des solutions d'IA se heurte régulièrement à la démonstration de la plus-value de la solution par rapport à l'existant. La remarque est vraie pour des solutions *BtoB* à destination des entreprises de santé comme pour des solutions *BtoC* à destination des structures et/ou des professionnels de santé.

A titre d'exemple, le nombre de publications portant sur l'usage de l'IA en imagerie médicale (principalement des réseaux de neurones) augmente de manière exponentielle. Intellectuellement, l'intérêt de l'IA pour des domaines tels que l'imagerie médicale ou l'anatomopathologie ne fait aucun doute ; cependant, un radiologue ou un pathologiste n'acceptera de payer une nouvelle solution numérique plusieurs milliers d'euros que si cette dernière lui apporte une plus-value : elle peut se matérialiser par une amélioration des performances de diagnostic (i.e. sensibilité et spécificité), la capacité à détecter des pathologies qui le sont difficilement avec les outils actuels et/ou à améliorer l'efficacité du diagnostic (i.e. temps de diagnostic plus court à performance égale). Or, dans la plupart des études publiées jusqu'à présent, la performance indiquée est difficilement interprétable car la solution d'IA est éduquée puis testée avec la même banque d'images sans être comparée à la pratique médicale réelle. L'analyse des applications pour smartphone utilisant l'IA pour améliorer le diagnostic des cancers de la peau montre que sur 78 apps développées sur iOS et/ou Google play, seules 7 ont été évaluées dans des études cliniques : parmi ces 7 applications, les résultats étaient disponibles pour seulement trois d'entre elles.

Par ailleurs, une étude publiée dans Nature en janvier 2020 montrait qu'une solution d'IA développée par Google améliorait la détection des cancers du sein en support d'une première lecture mammographique par le radiologue mais que la valeur ajoutée de la solution n'était plus présente lorsque l'on ajoutait une nouvelle lecture mammographique par un second radiologue. Ainsi, l'IA pourrait trouver toute sa place pour remplacer une seconde lecture : la performance d'un dépistage du cancer du sein par un médecin aidé d'une solution d'IA pourrait être similaire à un dépistage en double lecture par deux médecins, mais à moindre coût. De plus, certaines tumeurs qui étaient détectées par le médecin ne l'étaient pas par la solution d'IA et réciproquement, ce qui suggère l'intérêt d'associer la solution d'IA au diagnostic humain.

Enfin, la plupart des professionnels de santé ne sont pas formés à l'évaluation des solutions d'IA. La FDA aux Etats-Unis et la HAS en France travaillent actuellement sur des méthodes d'évaluations des solutions d'IA **qui pourraient alors leur donner un cadre de référence.**

Conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé : rappel du contexte (3/3)

Adoption des solutions d'IA – Rappel du contexte

Selon un sondage réalisé par l'IFOP et présenté en décembre 2019, 91% des français interrogés connaissent l'IA (+3 points en un an) et 51% voient désormais « précisément de quoi il s'agit » (+3 points en un an). Cette bonne connaissance est particulièrement perceptible chez les hommes, chez les jeunes et chez les cadres et professions intellectuelles supérieures et chez les diplômés du 2e ou 3e cycle du supérieur.

Plus les français adhèrent au fonctionnement de l'IA, plus leur connaissance s'améliore alors qu'inversement, plus ils se montrent réfractaires, plus cette connaissance s'avère imprécise. Ainsi, 68% de ceux qui déclarent adhérer au développement de l'IA affirment bien la connaître tandis que seuls 49% des réfractaires font ce constat.

Après remise à niveau, 25% des français déclarent avoir déjà eu recours à des produits ou services faisant appel à de l'IA dans leur vie personnelle, soit une progression de 4 points en un an. Parallèlement, 17% des français ont fait appel à l'IA dans le cadre de leur vie professionnelle, soit une progression de 3 points en un an.

L'image générale de l'IA est positive : 8% des français déclarent avoir une « très bonne image » de l'IA et 63% une « assez bonne image ».

Cependant, si 58% des français sont confiants en l'IA, ce résultat est en baisse de 5 points par rapport à 2018. Ainsi, les français les plus inquiets face à l'IA placent les risques en matière de vie privée et de protection des données en tête de leur préoccupations (+10 points en un an à 38%) devant la possible destruction d'emplois (-2 points à 30%).

La santé et l'éducation émergent comme des secteurs prioritairement touchés par l'IA, et sur lesquels 70% des français sont en attente d'information. 78% des français considèrent que l'IA jouera un rôle important en matière de santé dans le quotidien des individus.

Recommandations sur les conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé (1/4)



Disponibilité et de l'interopérabilité des données – Recommandations

- 1) Si les données de santé doivent se structurer à l'échelle nationale, elles doivent également se structurer à l'échelle de l'entreprise. Les entreprises de santé foisonnent de données complémentaires aux données publiques :



Chaque entreprise, si ce n'est pas déjà fait, devrait :

- **Réaliser un état des lieux des données disponibles en interne par domaine d'activité** (e.g. R&D, Production, Commercial)
- **Nettoyer les bases / données pour s'assurer de l'absence de redondance, de la qualité et de la sécurité de l'information selon un niveau de priorité défini par l'entreprise :**
 - ✓ **Ce travail n'a pas vocation à être mené dans l'ensemble de l'entreprise et au même moment**, la tâche pouvant être trop importante pour être menée
 - ✓ **Démarrer par la R&D semble judicieux** car (1) les métiers scientifiques / techniques sont appétents à l'utilisation des données, (2) de multiples solutions de gestion des données massives / solutions d'IA sont disponibles et (3) le besoin de réduire les coûts et durées de développement sont un enjeu pour la plupart des industries de santé.
- **Mettre en place une architecture informatique garantissant l'interopérabilité des systèmes et du partage des données au sein de l'entreprise** (e.g. harmonisation de la structure des fichiers de suivi / recueil de données des études cliniques), ainsi que la sécurité des données actuelles et futures



Les actions listées ci-dessus devraient s'appuyer sur les employés avec une forte appétence pour les données / solutions numériques pour accompagner les services IT (internes et/ou externes) à déployer de nouvelles solutions de gestion des données



Une culture du partage des données doit se développer dans les industries de santé : les programmes de formations internes devraient inclure des formations sur le recueil, la structuration et le partage des données

Recommandations sur les conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé (2/4)



Démonstration de la plus-value des solutions d'IA – Recommandations

- 1) Les industries de santé qui développent des solutions d'IA à destination des professionnels de santé doivent :
 -  **Définir le positionnement de la solution dans le parcours de soins en collaboration avec les différentes parties prenantes afin de s'assurer que la solution répond à un besoin médical et/ou organisationnel**
 -  **Collaborer avec les acteurs académiques (universités / écoles et instituts de recherches) pour établir une méthodologie robuste d'étude clinique permettant de démontrer la plus-value d'une solution d'IA, à l'image des études pivot randomisées, en double aveugle, multicentriques et contrôlées permettant de démontrer la balance bénéfice/risque d'un médicament par rapport à un traitement de référence.**
- 2) Le développement de solutions d'IA en santé nécessite des compétences fortes **tant dans le domaine médical que dans le domaine numérique : beaucoup de laboratoires pharmaceutiques manquent de compétences numériques**. Il est donc conseillé aux laboratoires développant des solutions d'IA en santé ou souhaitant le faire de :
 -  **Mettre en place des partenariats économiques avec des acteurs académiques, notamment les quatre Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle, et des industries du numérique, pour développer des solutions d'IA**
 -  **Employer des experts de la donnée (*i.e. Data architect, Data engineer, Data scientist, Data analyst*) qui permettront aux entreprises de santé de gagner en autonomie**
 -  **S'assurer, pour les entreprises employant des ingénieurs en apprentissage automatique et/ou des développeurs informatique, que la connaissance et la maîtrise des algorithmes / programmes ne sont pas concentrées chez une seule personne**
- 3) Pour les entreprises développant des solutions visant à améliorer les pratiques des industries de santé, il est important de :
 -  **Développer des indicateurs et des métriques permettant de démontrer aux entreprises des industries de santé l'intérêt des solutions d'IA (*e.g. diminution de certains coûts, réduction du temps et/ou de la fréquence de certaines tâches, amélioration de la qualité*) qui sont trop souvent uniquement basées sur des promesses**

Cibles :  Industries de santé  Développeurs de solutions d'IA (startups ou multinationales)  Universités & organismes de formation

Recommandations sur les conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé (3/4)

Adoption des solutions d'IA – Recommandations

1) Le développement de l'IA en santé passera nécessairement par l'adoption des solutions par les professionnels de santé & les patients. Pour favoriser cette adoption, il convient de :

-  **Informier et éduquer les professionnels de santé sur l'IA en santé et les solutions proposées** car les études d'opinion montrent qu'une meilleure connaissance de l'IA favorise l'adhésion à ce nouvel outil
 - Etudiants en médecine
 - ✓ Intégrer un enseignement au début des études de médecine (e.g. 2^{ème} ou 3^{ème} année lors de la formation générale en sciences médicales) sur le numérique en santé intégrant un module sur l'IA
 - ✓ Proposer un enseignement dédié à l'IA aux internes formés dans les spécialités médicales les plus exposées à l'IA (e.g. radiologie & imagerie médicale, biologie médicale, génétique médicale, anatomie & cytologie pathologiques)
 - Médecins diplômés
 - ✓ Proposer des webinars sur l'IA : certains pourraient être généralistes pour découvrir l'IA en santé et d'autres plus spécialisés pour les radiologues, biologistes, généticiens et anatomopathologistes
 - ✓ Organiser, dans le cadre de la formation médicale continue, des conférences généralistes pour découvrir l'IA en santé et d'autres plus spécialisées pour les radiologues, biologistes, généticiens et anatomopathologistes
-  **S'assurer de la simplicité d'usage d'une solution d'IA et de son interopérabilité avec les logiciels informatiques actuels des professionnels de santé pour faciliter son adoption** : l'IA doit être considérée comme un outil qui facilite la vie et non comme une contrainte supplémentaire
-  **Garantir un minimum de transparence sur le fonctionnement des solutions d'IA vis-à-vis des professionnels de santé comme des patients et sur la sécurité et la confidentialité des données**

Recommandations sur les conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé (4/4)

Adoption des solutions d'IA – Recommandations

2) Le développement de l'IA en santé passera aussi par l'adoption des solutions par les employés des industries de santé :

 **Proposer au Top Management de participer à des programmes « *executive education* » pour mieux comprendre l'IA et son potentiel pour l'entreprise et devenir des ambassadeurs de l'IA dans l'entreprise**

 **Proposer aux employés des formations sur l'IA de différents niveaux :**

- Niveau de base pour l'acculturation de l'ensemble des employés vis-à-vis de l'IA : cette formation peut s'intégrer dans un programme plus large portant sur le numérique en général
- Niveau intermédiaire pour accompagner les employés souhaitant mettre en place ou utiliser des solutions d'IA
- Niveau avancé réservé aux employés souhaitant développer des solutions d'IA : pour ce dernier type de formations, un certain nombre de prérequis seraient nécessaires (*e.g. profils scientifiques ayant l'habitude de gérer un grand nombre de données, expérience dans le codage informatique*)

Ces formations, quel que soit le niveau, devraient être organisées par de véritables experts des sujets abordés : des partenariats avec des écoles ou universités françaises sont recommandés pour garantir la qualité des formations

 **Créer des réseaux internes portant sur l'IA pour que les employés puissent échanger sur les meilleures pratiques** : cela pourrait se matérialiser par un groupe dédié dans l'intranet

Recommandations pour attirer et fidéliser les experts de la donnée et les ingénieurs en apprentissage automatique (ou ingénieur IA)



Leviers d'attractivité des entreprises en santé pour les experts de la donnée et ingénieurs IA – Rappel du contexte

- Les métiers de la donnée / ingénieur IA étaient en pénurie jusqu'à récemment ; aujourd'hui le nombre de formations initiales et continues s'est largement développé : cependant, il manque toujours des profils expérimentés avec une maîtrise de la gestion de projet
- Les jeunes diplômés ont souvent une confiance en eux exacerbée, mais n'ont pas d'expertise métier : ils ont besoin de travailler en collaboration avec les métiers pour appréhender leur travail
- Par ailleurs, certains profils étant autodidactes, il est souvent difficile de détecter et recruter un bon profil : les experts de la donnée / ingénieurs IA sont les mieux placés pour recruter
- Ces profils sont très demandés par les grands groupes du numérique (e.g. GAFAM) : les startups peuvent être attractives quand elles ont déjà un « leader » (*i.e. personne reconnue du milieu par les différentes compétitions*) souvent parmi les fondateurs. Les industries de santé ne sont pas perçues comme attractives (processus de décision & développement longs)



Leviers d'attractivité des entreprises en santé pour les experts de la donnée et ingénieurs IA – Recommandations

- **Moyens pour les attirer :**
 - Construire un réseau de métiers de la donnée, grâce aux personnes déjà recrutées (notamment les leaders des compétitions KAGGLE) : ces profils rejoignent plus facilement les « leaders » pour apprendre d'eux
 - Motiver / expliquer concrètement l'objectif de la solution à développer, en intégrant un aspect d'amélioration sociétale (mettre en avant l'amélioration de la santé en général et l'orientation patients)
 - Proposer des rémunérations attractives et expliquer les différences par rapport à d'autres pays, notamment les USA (e.g. absence d'assurance maladie, de caisse de retraite, coût des écoles privées, etc.)
- **Moyens pour les garder :**
 - Jouer l'ouverture et la transparence : proposer du « challenge technique », un potentiel recours au télétravail, des conférences HealthTech payées par la société



Recommandations pour attirer et fidéliser les développeurs informatique



Leviers d'attractivité des entreprises en santé pour les développeurs informatique – Rappel du contexte

- Les entreprises se battent pour attirer les développeurs informatique : le rapport de force est nettement en faveur des candidats dans cette spécialité
- Cette rareté du « bon développeur informatique » induit une inflation salariale : +20 à 30% à chaque changement de poste
- Selon une étude CodinGame qui a interrogé 9 000 développeurs informatique dans 120 pays, une majorité de développeurs informatiques ne reste que trois ans dans un poste
- Beaucoup de développeurs informatique sont autodidactes et se forment seuls, et beaucoup ne sont formés qu'en informatique, sans expertise métier. Ces profils manquent souvent d'autonomie
- Par ailleurs, les industries de santé n'arrivent pas à les attirer : l'environnement est perçu comme trop lent avec trop de réglementations par rapport au monde numérique



Leviers d'attractivité des entreprises en santé pour les développeurs informatique – Recommandations

- **Moyens pour les attirer :**
 - Motiver/Expliquer concrètement l'objectif de la solution à développer, en intégrant un aspect d'amélioration sociétale (mettre en avant l'amélioration de la santé en général et l'orientation patients)
 - Faire appel à des cabinets de recrutement spécialisés
 - Construire un réseau de développeurs informatique grâce aux développeurs déjà recrutés
 - Proposer des rémunérations attractives et expliquer les différences par rapports à d'autres pays, notamment les USA (e.g. absence d'assurance maladie, de caisse de retraite, coût des écoles privées, etc.)
- **Moyens pour les garder :**
 - Créer beaucoup de jeux / compétitions autour de leur métier
 - Leur donner des tâches qui les intéressent (e.g. *ne pas faire de slides*)

Recommandations pour répondre aux besoins en compétences IA en santé en France et adapter l'offre de formation

Besoins en compétences et offre de formation – Rappel du contexte

Dans le domaine de la santé, si le nombre d'experts de la donnée et d'ingénieurs IA semble suffisant, il existe un déficit de développeur informatique. Par ailleurs, pour les métiers de la donnée et ingénieurs IA comme pour les développeurs informatique, l'offre de formation répond globalement aux attentes des industries de santé : une meilleure compréhension de l'écosystème de santé pourrait accélérer le développement de solutions d'IA en santé.



Besoins en compétences et offre de formation pour les métiers de la donnée / ingénieur IA – Recommandations

- **Renforcer l'expertise « métier santé / connaissance du monde de la santé »**, en proposant des conférences (formations initiales et continues) en partenariat avec des entreprises / experts en santé, qui présentent :
 - Enjeux du système de santé français
 - Applications concrètes d'IA en santé pour les professionnels de santé / patients (*innovation*) et pour l'optimisation des industries de santé de la recherche à la commercialisation (*efficience*)
- **Favoriser la formation continue des personnes travaillant déjà avec un grand nombre de données** car ce sont les plus aptes et avec une appétence forte pour développer des solutions d'IA : ces personnes pourraient développer une expertise pour les métiers de la donnée



Besoins en compétences et offre de formation pour développeur informatique – Recommandations

- **Augmenter le nombre de développeurs informatique, notamment dans les écoles d'ingénieur – en développant les responsabilités d'un développeur et en intégrant ces responsabilités dans leur formation :**
 - Management de projet, afin qu'ils soient autonomes dans leur développement
 - Capacité à rédiger un cahier des charges et/ou renforcer l'esprit critique sur la réalisation du cahier des charges
- **Créer une filière de développeurs informatique dans le domaine de la santé** en intégrant aux écoles d'ingénieur dès la première année une spécialisation en santé, avec des modules pour notamment étudier les applications dans le domaine de la santé (*e.g. industries de santé, systèmes de soins, centres de recherche*), les enjeux du système de santé français et les réglementations en vigueur



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
- **Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine**
- Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
- Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
- Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
- Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
- Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
- Bibliographie



Partie 1 – Avant propos et résumé

Cette première partie pose le cadre de l'étude et définit l'IA en santé. Par la suite, le chapitre résume la stratégie IA de six pays particulièrement avancés sur le sujet – Etats-Unis, Chine, Canada, Corée du Sud, Japon et Allemagne – permettant de repositionner la France dans un écosystème largement mondialisé. Le chapitre se termine sur les principaux aboutissements de la stratégie nationale IA issue du rapport Villani « Donner un sens à l'intelligence artificielle ».

La France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine : la rapport Villani fut un catalyseur pour la structuration et l'organisation de l'écosystème IA et plusieurs recommandations se sont concrétisées comme la création de quatre instituts interdisciplinaires de l'IA, la mise en place de la plateforme Health Data Hub et l'acquisition d'un supercalculateur dédié à l'IA.

Il n'existe pas de définition universelle de l'Intelligence Artificielle (IA)



« L'IA est un ensemble de techniques permettant à des machines d'accomplir des tâches et de résoudre des problèmes normalement réservés aux humains et à certains animaux »

**Yann Le Cun – Facebook & Prix Turing 2019
(2016)**



« Si une personne lambda peut faire une tâche mentale avec moins d'une seconde de réflexion, nous pouvons probablement l'automatiser en utilisant l'IA, soit maintenant, soit dans un avenir proche »

Andrew Ng – ex Baidu & ex Google Brain (2016)



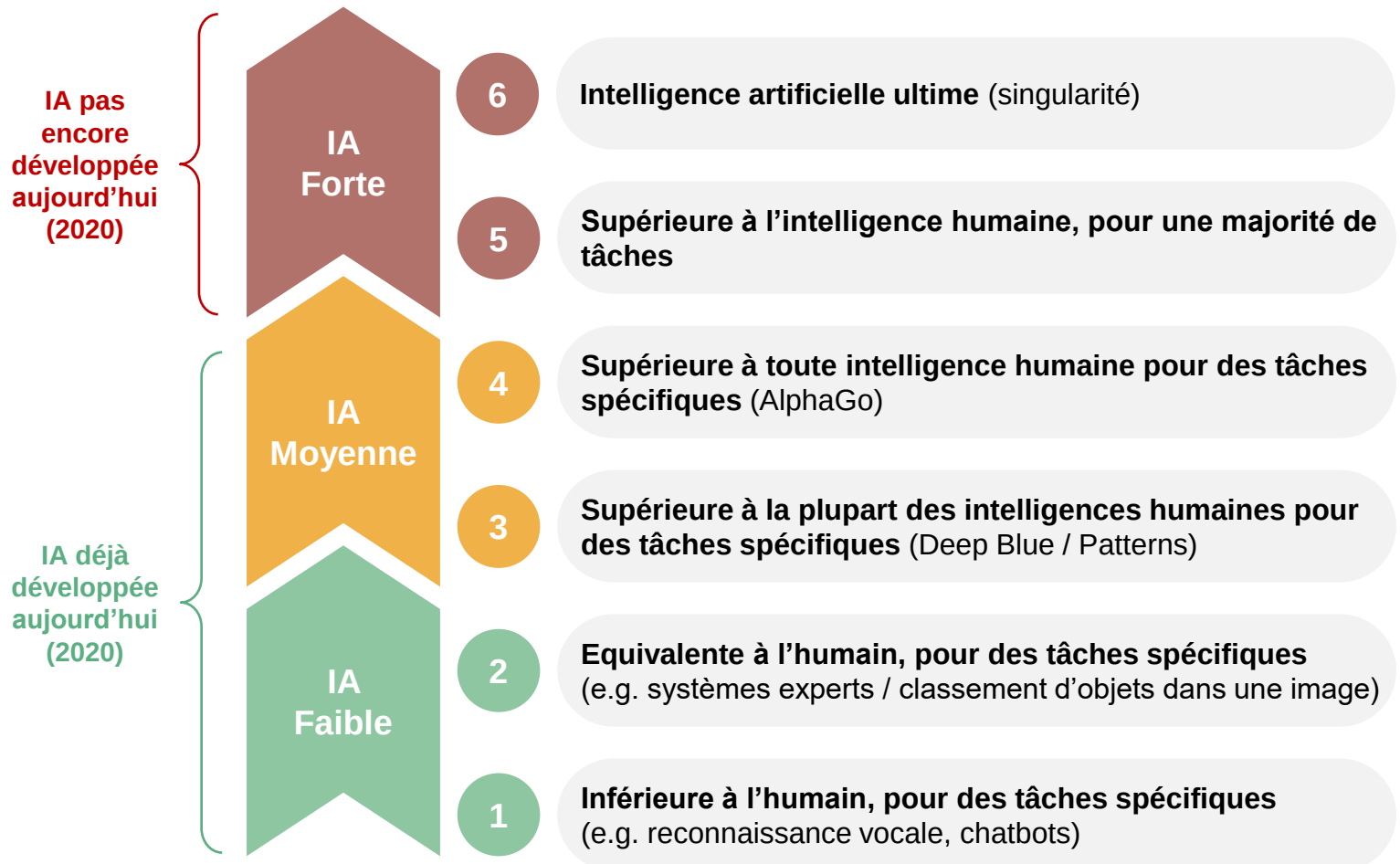
« On regroupe habituellement sous le terme d'Intelligence Artificielle un ensemble de notions s'inspirant de la cognition humaine ou du cerveau biologique, et destinées à assister ou suppléer l'individu dans le traitement des informations massives »

France IA (2017)

Sources : Yann Le Cun. Informatique et sciences numériques – Collège de France (2016) (<https://bit.ly/2Z3EgYk>) - Harvard Business Review. What Artificial Intelligence Can and Can't Do Right Now (2016) - Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Analyses AEC Partners

Et aujourd'hui, il n'existe pas encore d'intelligence artificielle forte

Les 6 niveaux d'intelligence artificielle selon Jean-Claude Heudin



Source : Jean-Claude Heudin. Audition publique au Sénat (Janvier 2017)



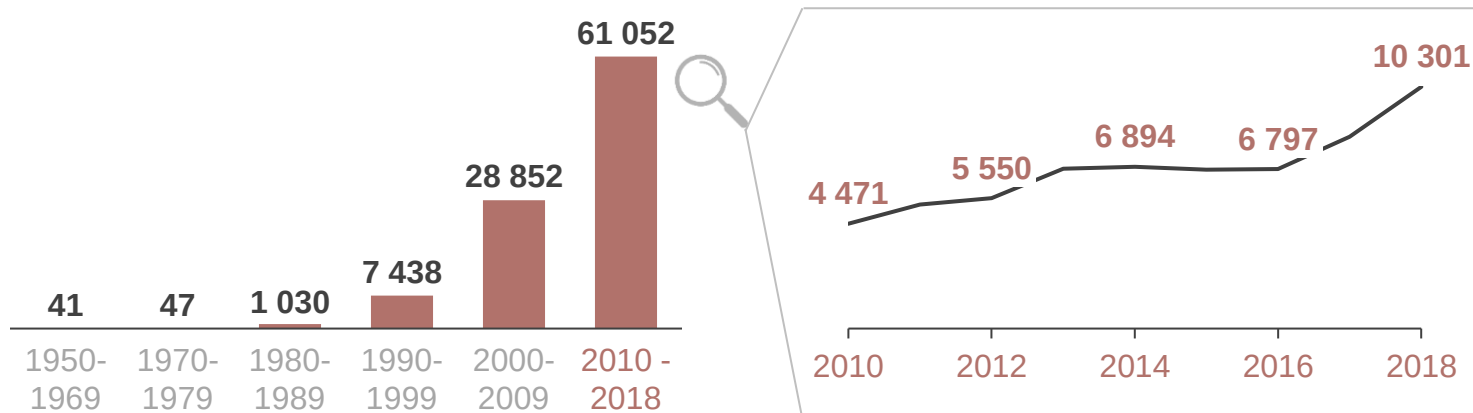
C'est pourquoi, dans le cadre du projet, nous proposons la définition suivante de l'Intelligence Artificielle

Est considérée comme de l'Intelligence Artificielle
toute solution pour un besoin en Santé ou des Industries de Santé
intégrant un algorithme
qui fournit des informations non préétablies par un humain *

** Quelle que soit la technique d'apprentissage et quel que soit le type d'algorithme utilisé*

Depuis les années 2000, il y a eu un véritable engouement pour l'IA, qui se traduit par des publications scientifiques toujours plus nombreuses et la création de startups bénéficiant d'investissements conséquents

Nombre de publications portant sur l'IA référencées dans PubMed * depuis 1950



* PubMed est le principal moteur de recherche de données bibliographiques de l'ensemble des domaines de spécialisation de la biologie et de la médecine. La recherche a été faite le 17/12/19 avec comme mot clé « artificial intelligence »

Entreprises spécialisées en IA et investissements

En 2016, **plus de 1 600 startups spécialisées en IA** étaient recensées dans le monde par CBInsights

Les **investissements** dans les startups spécialisées en IA ne cessent de croître, passant de **415 millions de dollars en 2012 à 5 milliards de dollars en 2017**

Sources : Recherches PubMed - Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Microsoft. Intelligence artificielle : guide de survie (2018) - Analyses AEC Partners



Quatre principaux facteurs expliquent l'engouement croissant pour l'IA depuis la fin du XX^{ème} siècle

Principaux facteurs expliquant l'engouement croissant des chercheurs pour l'IA



Puissance de calculs & capacités de stockage disponible à des coûts toujours plus bas



Multiplication des capteurs et des données



Maturité des technologies de traitement des données massives



Miniaturisation des machines

Sources : Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Microsoft. Intelligence artificielle : guide de survie (2018) - Analyses AEC Partners

Les Etats-Unis et la Chine se positionnent aujourd'hui en leader en matière d'IA : si les USA se distinguent par ses entreprises privées, la Chine se développe rapidement en IA grâce à ses plans gouvernementaux



Etats-Unis

- En 2016, le gouvernement américain a rendu publics plusieurs rapports sur l'IA (Future of Artificial Intelligence ; National AI R&D Strategic Plan ; AI, Automation and the Economy)
- En septembre 2018, la **DARPA** annonçait un investissement pluriannuel de **deux milliards de dollars** pour la recherche en IA (« AI Next »)
- Plus de 50 universités américaines proposent des formations en IA. En octobre 2018, le **MIT** annonce l'investissement d'un milliard de dollars pour le MIT Stephen A. Schwarzman College of Computing spécialisé dans l'IA
- Le **transfert de technologies** (i.e. transformation des découvertes issues de la recherche fondamentale – souvent public – en applications commerciales – généralement menées par des acteurs privés) est notamment facilité par les **GAFAM** (Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft)



Chine

- En juillet 2017, le gouvernement chinois rendait public le **Plan « made in China 2025 »** visant à faire passer le poids économique de l'IA (i.e. revenus directs et indirects) de plus de 150 milliards de yuans (22 Md\$) à l'horizon 2020 à 400 milliards de yuans (59 Md\$) en 2025
- L'IA est en **enjeu politique majeur pour le gouvernement chinois** qui entend l'utiliser comme levier pour faire du pays la **première puissance économique mondiale en 2049**, année du centenaire de la République Populaire
- Le développement de l'IA sera notamment assuré par **l'Etat via un fond public de 30 milliards de dollars** dédié aux nouvelles technologies et à l'IA, mais également par les provinces (dont une ayant annoncé un investissement de 5 milliards de dollars pour l'IA) et les villes (**Beijing devrait investir deux milliards de dollars pour un parc industriel**)
- Si le transfert de technologies est plus difficile qu'aux Etats-Unis, la Chine peut compter sur les **BATX** (Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi)

Sources : Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - White House. Artificial Intelligence for the American People (<https://bit.ly/2Fvfebp>) - DARPA. AI Next Campaign (<https://bit.ly/306qzlr>) - MIT News. MIT reshapes itself to shape the future (2018) (<https://bit.ly/2QWI3Tp>) - Challenges. Le plan de la Chine pour devenir leader mondial en intelligence artificielle (2017) (<https://bit.ly/2T4oIm8>) - The Conversation. China is catching up to the US on artificial intelligence research (2019) (<https://bit.ly/36AjqCT>) - Le Monde. Intelligence artificielle : « La Chine entend s'appuyer sur cette technologie pour déchoir les Américains de leur rang à l'horizon 2049 » (2019) (<https://bit.ly/30Euk3f>) - Analyse AEC Partners

Le Canada, la Corée du Sud, le Japon et l'Allemagne ont également défini l'IA comme un secteur stratégique



Canada

- Le Canada a réussi à attirer l'attention par la qualité de son tissu et de ses recherches appliquées, avec la création du **pôle NextIA** autour des **universités d'Alberta, Toronto & Montréal** et un financement dédié
- En juillet 2019, le Premier Ministre canadien annonçait un investissement de **150 millions de dollars canadiens sur 5 ans** pour la création d'un **centre de gestion des données de santé**



Corée du Sud

- En 2016, la Corée du Sud a annoncé un **plan IA** (Mid- to Long-Term Master Plan in Preparation for the Intelligent Information Society) **doté de 800 millions d'euros sur 5 ans** dans le cadre duquel un centre de recherche national sera créé sous la forme d'un partenariat public-privé
- Les formations en IA sont concentrées sur **6 universités** : en 2016, le gouvernement coréen indiquait vouloir **former plus de 5 000 ingénieurs sur le sujet d'ici 2020**



Japon

- Au Japon, l'ouverture de deux **nouveaux centres de recherche en IA** fondamentale et appliquée en 2016, avec des investissements respectifs de **57M€ et 157M€**, témoigne de l'intérêt du gouvernement japonais pour l'IA
- En **mars 2017**, le gouvernement japonais rendait public son **rapport sur l'IA** (Artificial Intelligence Technology Strategy)



Allemagne

- En **2013**, le gouvernement allemand a lancé le **Plan Industrie 4.0**. En 2014, il lançait le **Plan Cyber Valley** autour du deep learning
- L'Allemagne possède un centre de recherche en IA de référence : **DFKI** (550 chercheurs, 450 étudiants, 250 projets en cours et 46 M€ de budget en 2017)

Sources : Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Canada.ai. Trudeau Liberals Pledge \$150 Million Toward Big Data Cancer Research Initiative (2019) (<https://bit.ly/2QXEJYp>) - The Korean Ministry of Science, ICT and Future Planning. Mid- to Long-Term Master Plan in Preparation for the Intelligent Information Society (2016) - Strategic Council for AI Technology. Artificial Intelligence Technology Strategy (2017) - DFKI (<https://www.dfki.de/en/web/> ; <https://bit.ly/36PeXMo>) - Analyse AEC Partners



Le Gouvernement français a fait de l'Intelligence Artificielle, notamment en santé, un enjeu stratégique

De nombreux travaux sur l'IA ont été publiés en France au cours de 3 dernières années :

- Septembre 2016 → **INRIA**, *Intelligence Artificielle : les défis actuels et l'action d'INRIA*
- Janvier 2017 → **Conseil d'orientation pour l'Emploi**, *Automatisation, numérisation et emploi : tome 1 : les impacts sur le volume, la structure et la localisation de l'emploi*
- Janvier 2017 → **CNIL**, *Le rôle des données et des algorithmes dans l'accès aux contenus*
- Mars 2017 → **France IA**, *France Intelligence Artificielle, la stratégie IA en France*
- Mars 2017 → **OPECST**, *Pour une Intelligence Artificielle maîtrisée, utile et démystifiée*
- Juin 2017 → **CERNA**, *Ethique de la recherche en apprentissage machine*
- Septembre 2017 → **Conseil d'Orientation pour l'Emploi**, *Automatisation, numérisation et emploi : tome 2 : l'impact sur les compétences*
- Octobre 2017 → **Cigref**, *Intelligence Artificielle dans les grandes entreprises : enjeux de mise en œuvre opérationnelle*
- Mars 2018 → **France Stratégie**, *Intelligence artificielle et travail*
- Mars 2018 → **Mission parlementaire, AI for Humanity ou Mission Villani** : *Donner un sens à l'intelligence artificielle*

C'est le rapport Villani « Donner un sens à l'intelligence artificielle » publié en mars 2018, qui définit la stratégie nationale de l'IA et identifie le secteur de la santé comme l'un des cinq axes de développement principaux de l'IA (avec l'Education, l'Agriculture, les Transports et la Défense / Sécurité)

→ Suite à ce rapport, le gouvernement du président Macron a émis le souhait d'investir massivement dans l'IA afin de positionner la France comme une nation experte mondiale du domaine

Sources : C. Villani. et al. Donner un sens à l'intelligence artificielle (2018) - Communiqués de presse associés - Analyses AEC Partners



Le nouveau positionnement de la France en IA l'amène à s'organiser, avec plusieurs projets en cours de réalisation

Exemples d'implications concrètes de la stratégie nationale en faveur de l'IA :

Création de quatre instituts interdisciplinaires de l'IA à Grenoble, Nice, Paris et Toulouse



- Tous ont la santé comme domaine d'application privilégié. L'objectif de ces nouveaux instituts sera de **développer la formation et la recherche** en IA dans cinq domaines : **santé, environnement, transports, territoires et énergie**

Mise en place de la plateforme Health Data Hub



- Lancée par le biais d'un arrêté ministériel **publié le 30 novembre 2019**. Son objectif est de **permettre aux chercheurs d'accéder aux vastes ensembles de données de santé du SNDS** afin d'entraîner des modèles d'IA
- Ces données issues des organismes publics de santé français **pourront être utilisées dans le cadre de projets de recherche** minutieusement sélectionnés
- Pour y avoir accès, les entreprises devront **justifier de l'intérêt général du projet et recevoir le feu vert de la CNIL**

Acquisition d'un supercalculateur dédié à l'IA, dénommé « Jean Zay »



- **Un ordinateur doté d'une puissance de calcul de 14 pétaflops** (millions de milliards d'opérations par seconde) est actuellement **en construction sur le plateau de Saclay**
- *« C'est un outil qui va nous permettre de nous attaquer à des problèmes vraiment complexes, comme ceux de l'extraction d'informations pertinentes dans une conversation ou de l'apprentissage avec peu de données »,* se félicite Nicholas Asher, directeur de recherche au CNRS et porteur du projet toulousain de 3IA

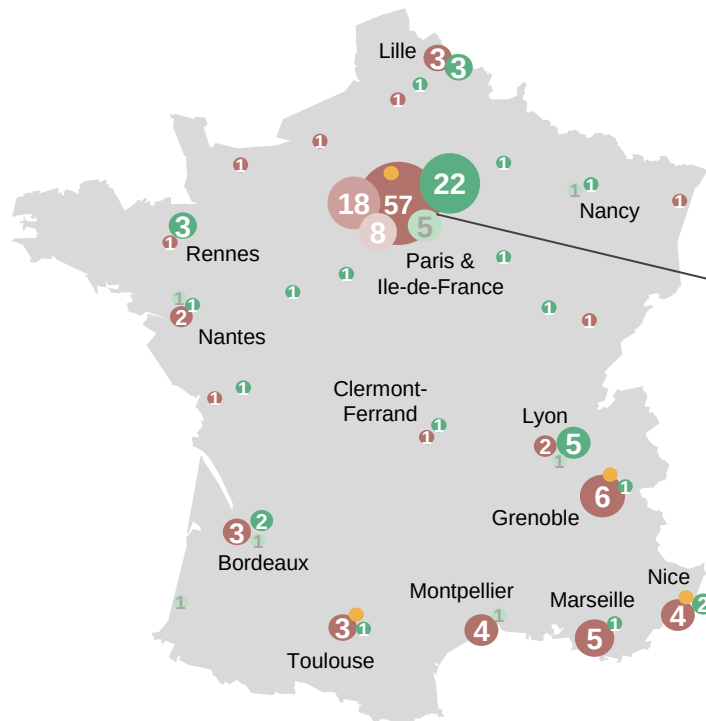
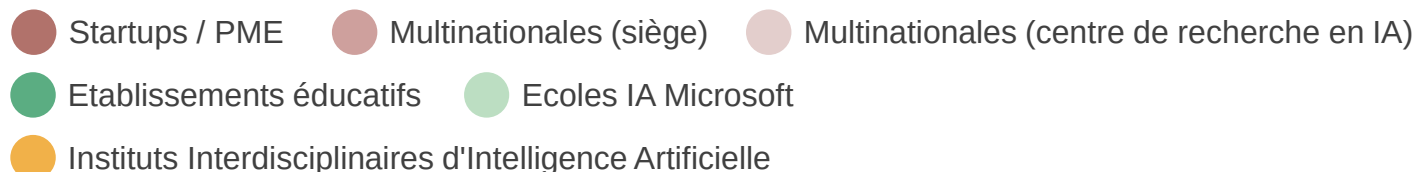
SNDS : Système National des Données de Santé

Sources : Les Echos. Un an après le rapport Villani (2019) (<https://bit.ly/302wUXm>) - Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Investissements d'avenir (<https://bit.ly/3aNCGmq>) - Le big data. Health Data Hub : tout sur la plateforme française de données de santé (2019) (<https://bit.ly/301JYfU>) - Analyse AEC Partners

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020

Les acteurs d'IA en Santé sont principalement implantés à Paris & Ile-de-France, dans la région Rhône-Alpes, le long du pourtour méditerranéen, à Toulouse, Bordeaux et Lille

Cartographie des acteurs d'IA en Santé en France selon l'agglomération



En octobre 2018, la région Ile-de-France a publié son **Plan IA 2021**. Parmi les 15 mesures, la 11^{ème} concerne spécifiquement la santé : « L'IA au service de la Santé – Challenge IA Oncologie et déploiement de l'Hôpital du futur ».

Un an plus tard, deux mesures se sont concrétisées : (1) le **pack IA** qui doit aider les PME et ETI à intégrer des solutions d'IA et (2) le **Challenge AI for Industry**, visant à attirer de nouveaux talents dans la région, remporté par Owkin pour ses recherches en cancérologie.

Par ailleurs, le **DigiHall**, un imposant centre de recherche regroupant des chercheurs académiques et de diverses industries, devrait être inauguré en 2023

Sources : Recherches secondaires - Région Ile-de-France. Plan IA 2021 (2018) - Maddynews. Plan IA 2021 : un an après, où en est l'Île-de-France ? (2019) (<https://bit.ly/3c4Z4nJ>) - <http://www.digihall.fr/> - Analyse AEC Partners



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
- Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
- **Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé**
 - Startups / PME d'IA en Santé
 - Multinationales actives dans l'IA en Santé
- Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
- Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
- Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
- Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
- Bibliographie



Partie 2 – Avant propos et résumé

Cette seconde partie dresse un panorama des entreprises développant et commercialisant des solutions d'IA dans le domaine de la santé. Elle présente une photographie des startups / PME et les multinationales actives dans le domaine : l'étude se veut la plus exhaustive possible dans ce secteur extrêmement dynamique (création, disparition, transformation).

Aujourd'hui, près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé : ces entreprises ont été caractérisées et cartographiées pour mieux comprendre les acteurs en présence et où se trouvent les technopôles de l'IA en santé. Par ailleurs les activités sont réalisées par trois familles de métiers : les métiers de la donnée, les ingénieurs en apprentissage automatique et les développeurs informatique.



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
- Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
- **Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé**
 - Startups / PME d'IA en Santé
 - Multinationales actives dans l'IA en Santé
- Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
- Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
- Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
- Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
- Bibliographie

La cartographie des startups / PME d'IA en Santé a été construite à partir de 3 sources reconnues et de recherches secondaires

1

Identification

Les startups / PME d'IA en Santé ont été identifiées à partir de trois sources reconnues :

1. Site Internet & Rapports France is IA

2. Cartographie réalisée par BPI France

3. Liste des participants au congrès 'AI for Health'

La liste construite a été revue et enrichie avec une recherche secondaire (e.g. Les Echos, Biotechfinances, recherches Internet)

PME : petites et moyennes entreprises (entreprises avec moins de 250 collaborateurs)

2

Caractérisation

La caractérisation de chaque startup / PME d'IA en Santé a été réalisée à partir de différentes sources :

- Sites Internet
- Pages LinkedIn
- Sites spécialisés (e.g. Frenchweb, Usine Digitale, Maddyness)

3

Cartographie

La cartographie des startups / PME d'IA en Santé comporte les informations suivantes :

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| • Description de l'entreprise | • Industrie | • Part de la santé dans l'offre |
| • CEO | • Innovation ou efficacité | • Partenariats commerciaux |
| • Nationalité | • Usage | • Métiers |
| • Nombre de salariés | • Spécification | |
| • Siège social | • Part de l'IA dans l'offre | |
| • Région | | |

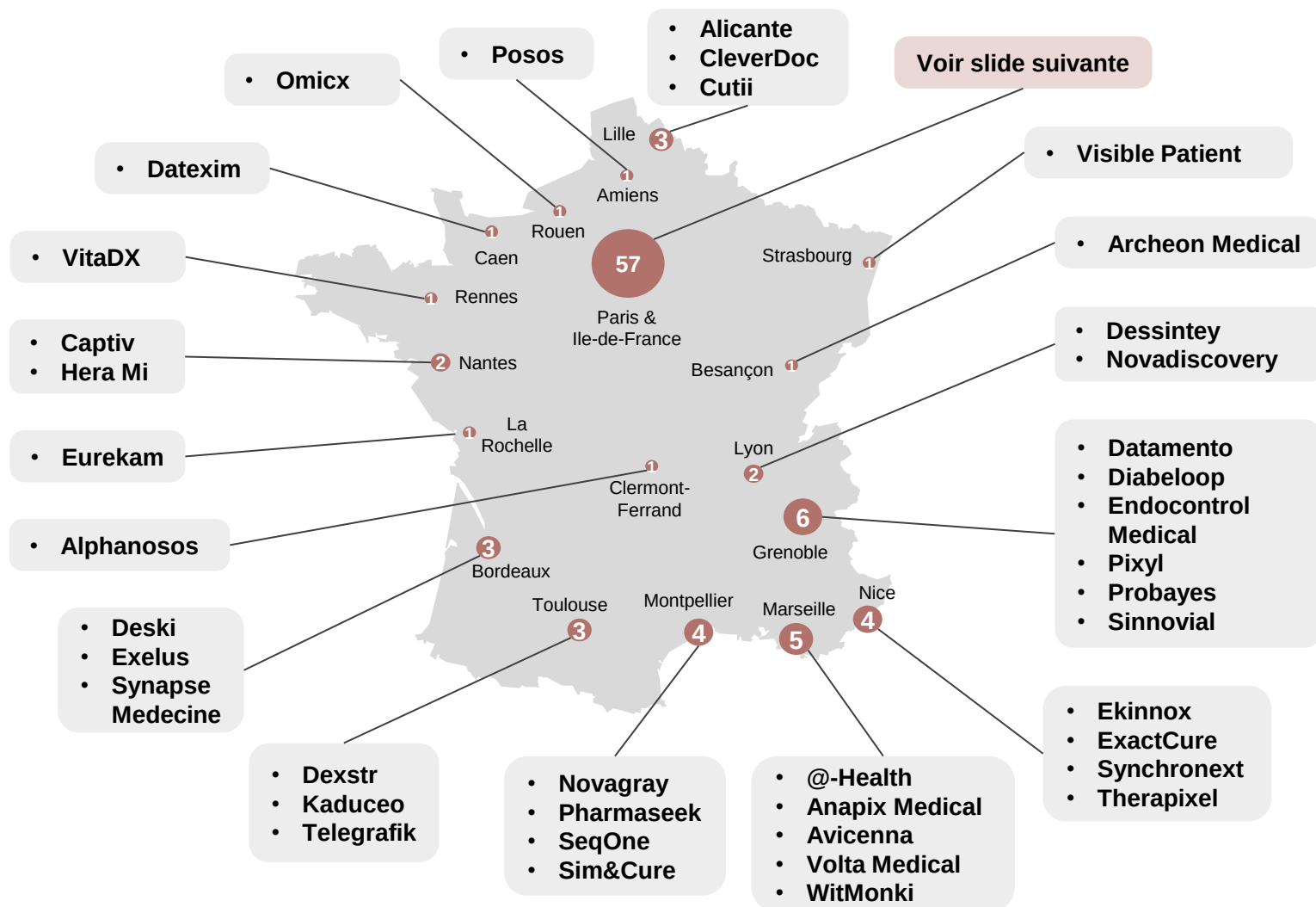


* De part la méthodologie utilisée, nous capturons la majorité des entreprises – cependant, certaines entreprises proposant de l'intelligence artificielle sans la présenter comme telle peuvent ne pas avoir été capturées

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020

En France, près de 100 startups / PME développent des solutions d'IA en Santé...

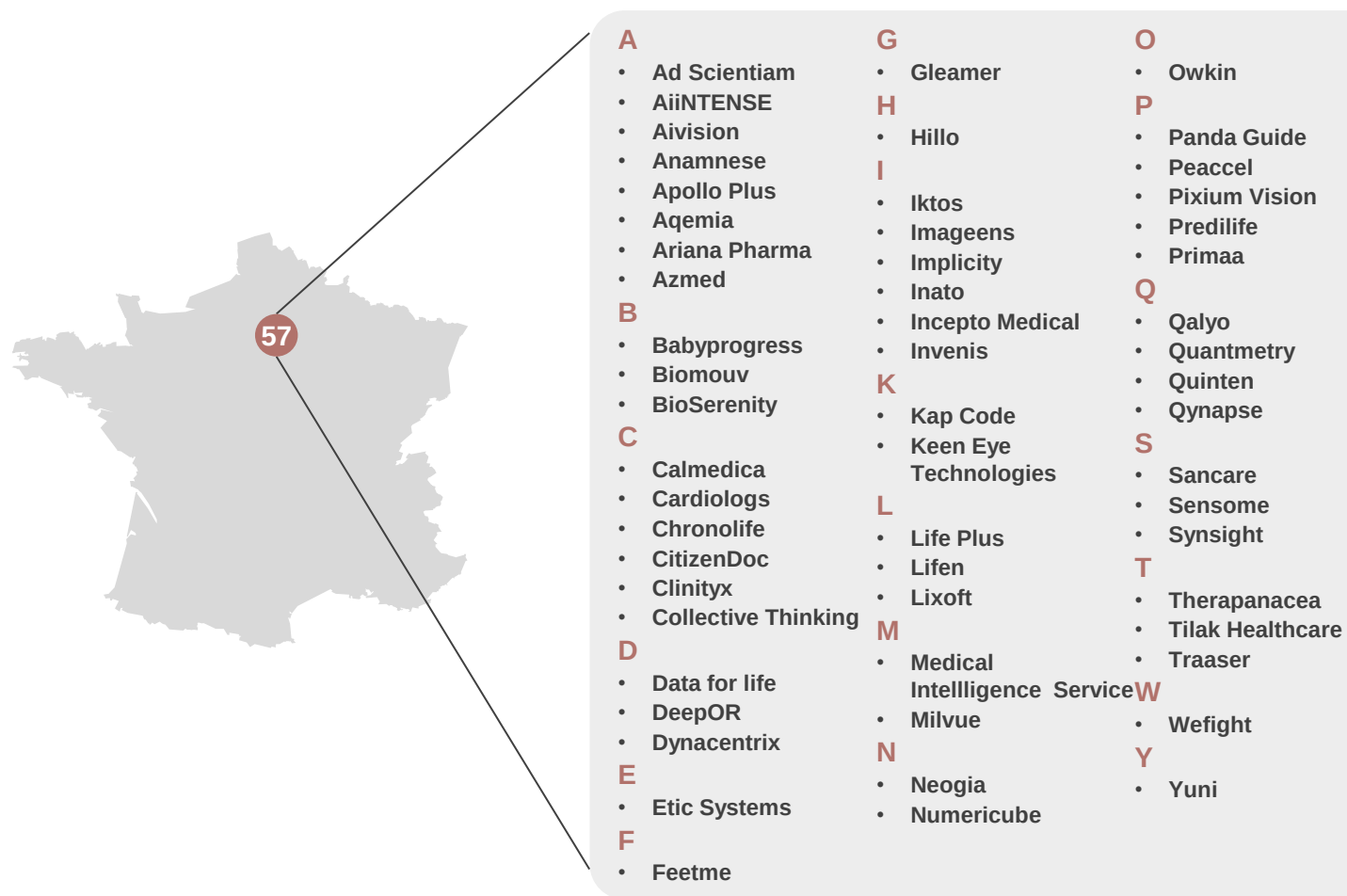
Cartographie des startups / PME d'IA en Santé en France selon l'agglomération (n = 97)



Sources : Recherches secondaires - Analyse AEC Partners

... dont ~ 60% (57 startups / PME) en Ile-de-France

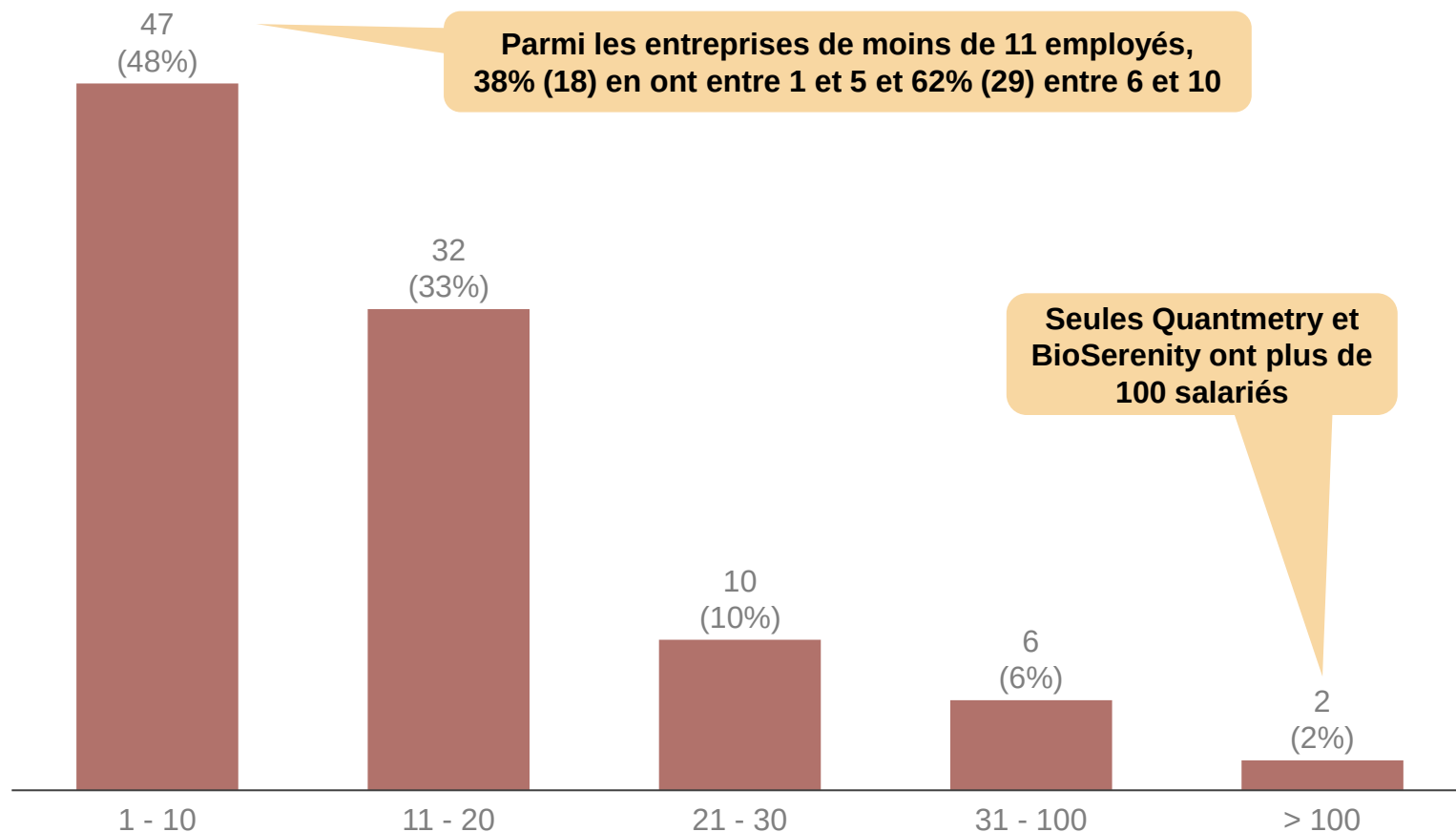
Cartographie des startups / PME d'IA en Santé en France : zoom sur Paris et l'Ile-de-France



Près de la moitié des startups / PME d'IA en Santé ont entre 1 et 10 employés. Seules Quantmetry et BioSerenity ont plus de 100 salariés

Catégorisation des startups / PME d'IA en Santé en fonction du nombre d'employés (n = 97)

En nombre d'entreprises (% de startups d'IA en Santé)



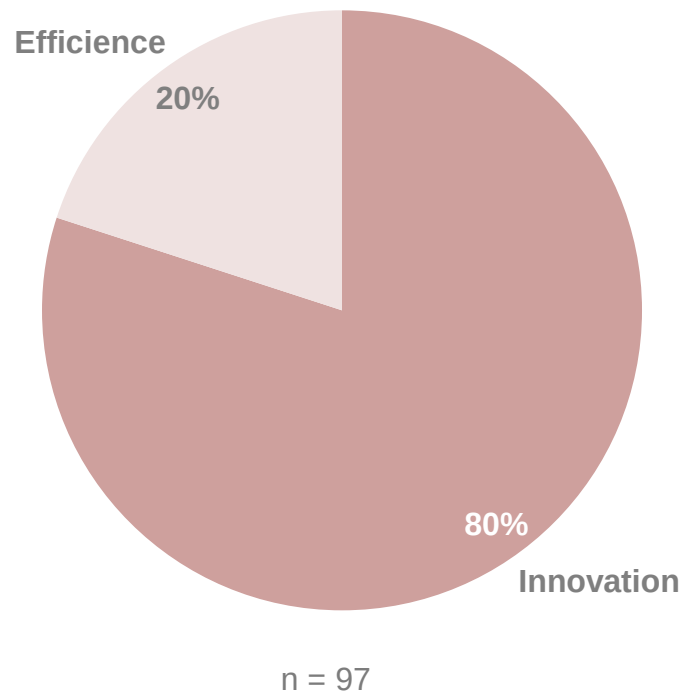
Sources : Recherches secondaires - Analyse AEC Partners

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020

Les startups / PME cartographiées ont été regroupées en 2 catégories : Innovation ou Efficience, en fonction des domaines d'application (80% des entreprises se positionnent sur l'Innovation)

- **L'innovation** est définie comme la conception d'un nouveau produit et/ou service, intégrant des solutions d'IA directement pour les patients ou les professionnels de santé
- **L'efficience** est définie comme l'optimisation de la chaîne de valeur des entreprises des Industries de Santé grâce à l'IA. Cela se traduit notamment par une optimisation des processus, un gain de productivité et/ou une réduction des coûts

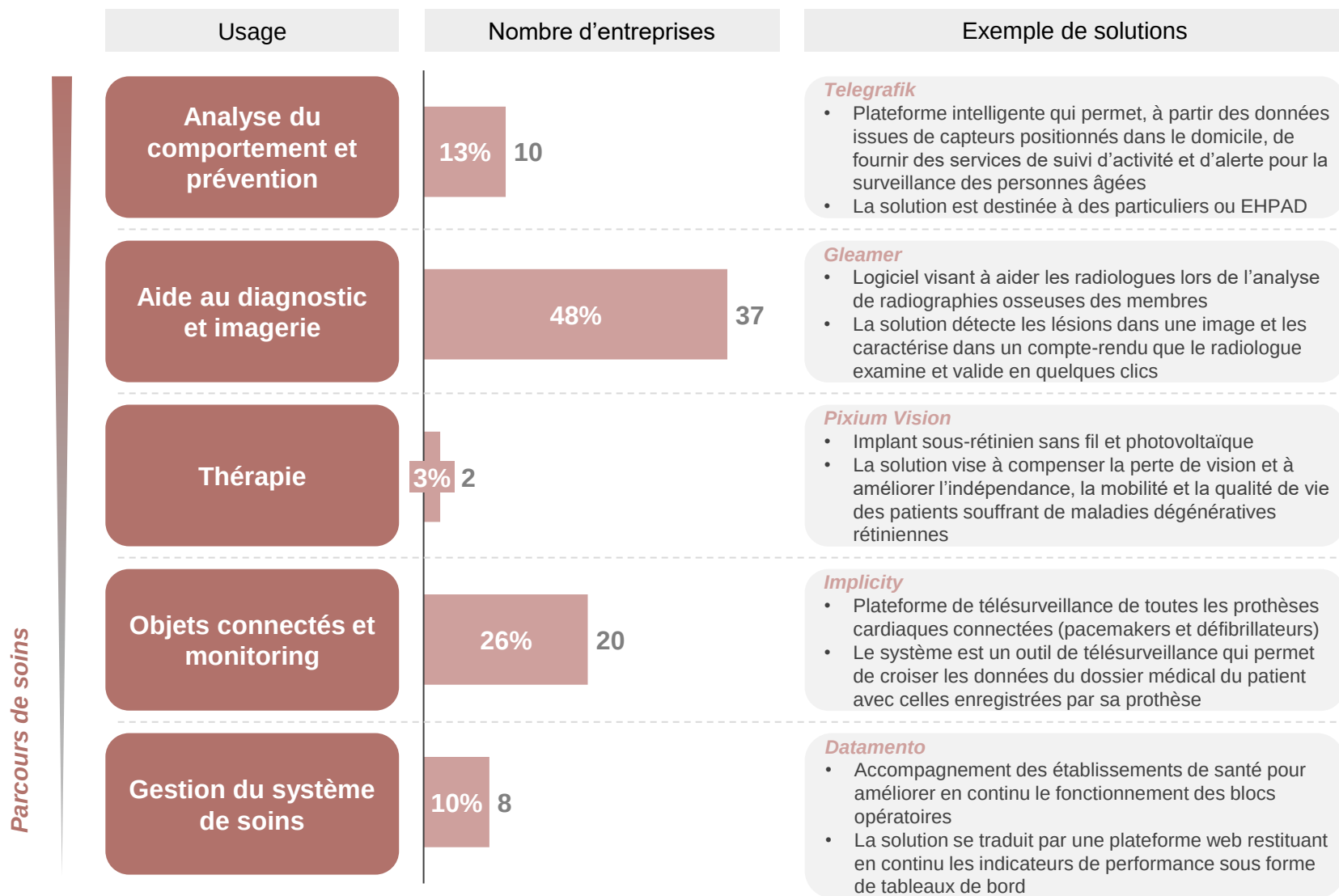
Catégorisation des startups / PME d'IA en Santé en France en fonction de leur principal domaine d'application



* De part la majorité utilisée, nous capturons la majorité des entreprises – cependant, certaines entreprises proposant de l'intelligence artificielle sans le présenter comme telle peuvent ne pas avoir été capturées

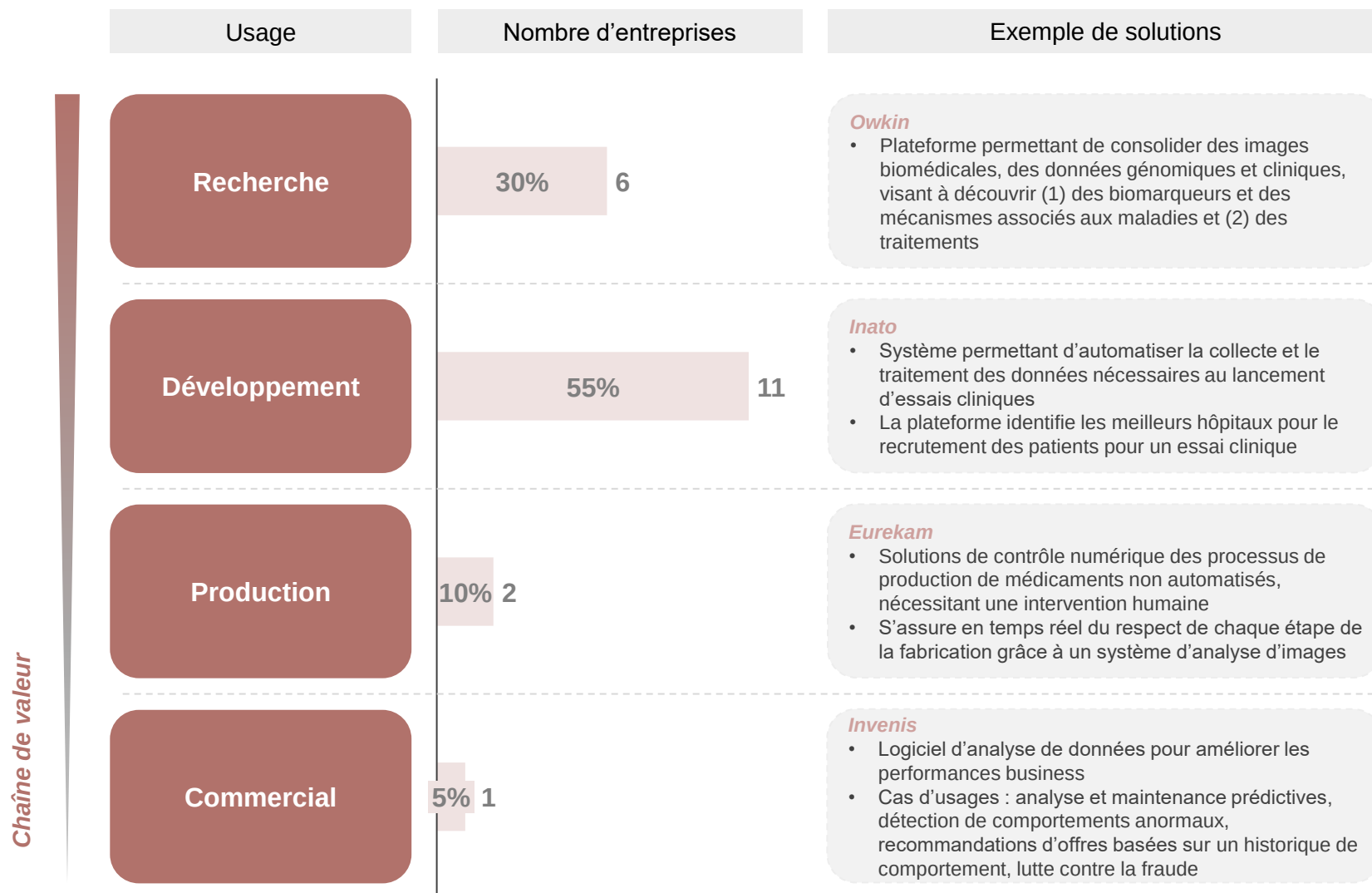
Sources : Recherches secondaires - Analyse AEC Partners

Parmi les 77 startups / PME catégorisées en « Innovation », environ 50% développent des solutions d'aide au diagnostic et d'imagerie



Sources : Recherches secondaires - Sites Internet des entreprises - Analyse AEC Partners

Parmi les 20 startups / PME catégorisées en « **Efficience** », 55% proposent des solutions pour aider au développement clinique



Sources : Recherches secondaires - Sites Internet des entreprises - Analyse AEC Partners

Le cancer, les maladies cardiovasculaires et de la vision sont propices au développement de l'IA - le diabète, les maladies rares et la sclérose en plaques pourraient également l'être dans un avenir proche (Santé 2030)

Maladies / aires thérapeutiques dans lesquelles des progrès thérapeutiques sont attendus dans les 10 prochaines années	Impact principal de l'IA selon Santé 2030	Nombre de startups / PME
Cancer	✓	12
Maladies cardiovasculaires		9
Autisme		
Dépression		
Diabète	✓	2
Malade d'Alzheimer		
Maladie de Parkinson		
Maladies rares	✓	1
Maladies du foie		
VIH SIDA		
Sclérose en plaques	✓	
Maladies de la vision	✓	4

Les maladies / aires thérapeutiques étaient définissables ou applicables pour 38 startups / PME (dont 2 avec plusieurs) : parmi celles non intégrées dans le tableau ci-dessus, on en retrouve 6 en neurologie, 2 en dermatologie, 2 en gynécologie, 1 en gastro-entérologie, 1 en pneumologie et 1 en rhumatologie

Sources : Leem. Santé 2030, une analyse prospective de l'innovation en santé (2019) - Recherches secondaires - Analyse AEC Partners

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020

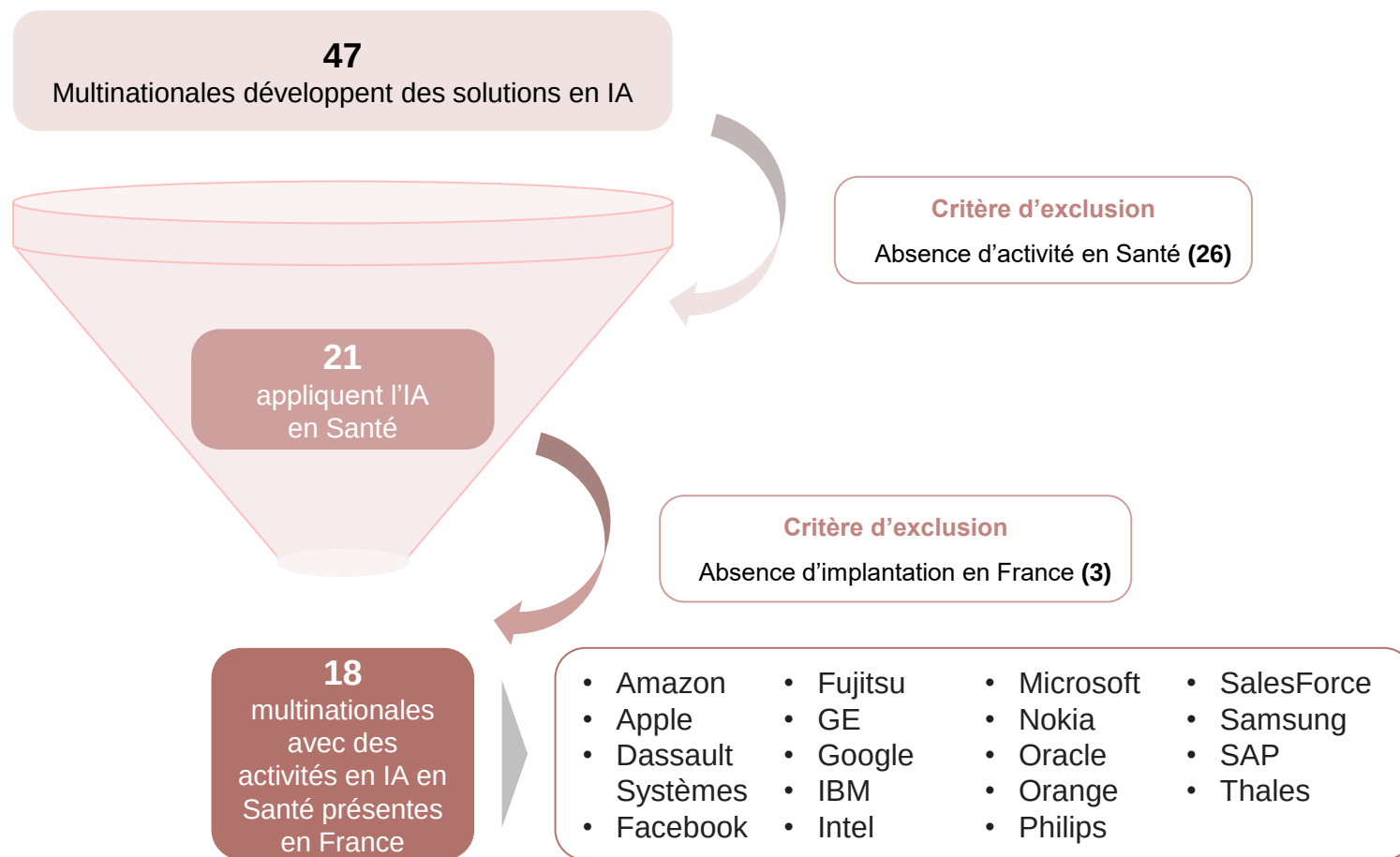


Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
- Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
- **Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé**
 - Startups / PME d'IA en Santé
 - **Multinationales actives dans l'IA en Santé**
- Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
- Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
- Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
- Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
- Bibliographie

Parmi les 47 multinationales identifiées comme développant des solutions d'IA, 18 proposent des applications en Santé et sont présentes en France

Méthodologie utilisée pour identifier les multinationales ayant une activité en IA en Santé avec une présence en France

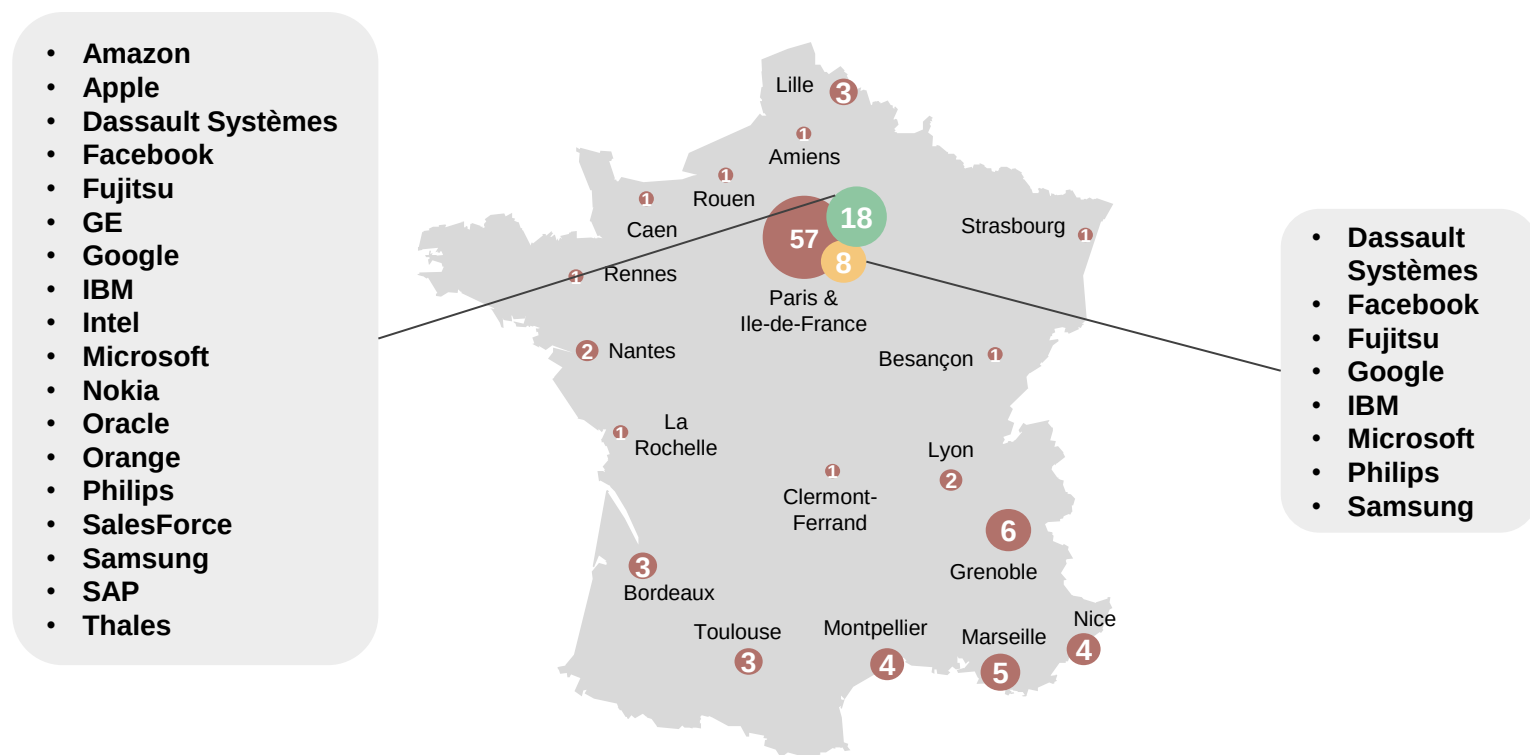


Sources : Recherches secondaires - Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Analyse AEC Partners

En plus de leurs implantations commerciales en France, plusieurs multinationales ont des centres de recherche en IA en région Parisienne

Cartographie des entreprises d'IA en Santé en France selon l'agglomération

● Startups / PME ● Multinationales (siège) ● Multinationales (centre de recherche en IA)



Note: EDF, Thales et Total ont annoncé en février 2020 une alliance visant à ouvrir un centre de recherche en IA d'une quinzaine de chercheurs sur le plateau de Saclay (source : <https://bit.ly/37F958p>)

Sources : Recherches secondaires - Analyse AEC Partners



IBM est particulièrement active dans le domaine de l'IA, notamment en Santé, grâce à son programme Watson

Présentation d'IBM

- IBM a généré **77 Md\$ de revenus en 2019** grâce à ses services informatiques, ses logiciels & matériels informatiques, **pour un résultat net de plus de 9 Md\$**
- En 2011, IBM dévoilait son **programme Watson**, un programme d'IA conçu pour répondre à des questions formulées en langue naturelle : Watson gagne en notoriété en devenant le champion du jeu télévisé Jeopardy ! Depuis 2012, IBM travaille sur les différents moyens de monétiser Watson
- En septembre 2017, IBM annonçait un **investissement de 240 M\$ sur 10 ans** dans le cadre d'un partenariat avec le MIT visant à financer un laboratoire commun baptisé **MIT-IBM Watson AI Lab**

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- Système de santé
 - **Aide à l'analyse d'imageries médicales**
 - **Recommandations aux oncologues pour définir le traitement optimal d'un patient**
 - **Analyse et visualisation des données, chatboat médical**
 - **Information en temps réel sur les prix et recommandations d'accès au marché**
- Entreprise en santé / Recherche médicale
 - **Facilitation de la recherche pharmaceutique** en structurant les données disponibles
 - **Structuration des données en génomique** issues de multiples sources d'information
 - **Optimisation du recrutement et de la gestion des études cliniques**
- **IBM MarketScan**, base de données médicales portant sur plus de 250 millions de personnes

Activités IA en France

- En avril 2019, **IBM a inauguré un centre de recherche en IA à Saclay** : 200 personnes avaient été recrutées avec un objectif de 400 à horizon 2021
- IBM a également annoncé que le **projet Business Automation Intelligence with Watson** (BAI with Watson, plateforme d'accompagnement des entreprises pour les offres Watson) sera piloté depuis la France

Sources : <https://www.ibm.com/watson-health> - Zonebourse - Les Numériques. IA : IBM investit 240 millions de dollars avec le MIT (2017) (<https://bit.ly/2TPQ5k7>) - Le Monde Informatique. IBM inaugure son centre de recherche IA à Saclay (2019) (<https://bit.ly/2sMGejX>) - Analyse AEC Partners

Microsoft, qui a plusieurs applications de l'IA en Santé, a choisi la France pour ouvrir son centre mondial de développement dédié à l'IA



Présentation de Microsoft

- Microsoft a généré **126 Md\$ de revenus en 2019** grâce à ses services informatiques, ses logiciels & matériels informatiques, **pour un résultat net de plus de 39 Md\$**
- Avec **Azure**, le géant de Seattle propose des services d'apprentissage machine disponibles dans le cloud pour développer simplement des solutions d'IA

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- **Optimisation de l'imagerie médicale** (Projet InnerEye)
 - Aide à l'analyse d'images médicales
 - Délimitation de la zone à irradier lors de radiothérapies
 - Amélioration de la chirurgie et optimisation de la planification
- **Amélioration de la recherche pharmaceutique** (Projet Hanover)
 - Structuration des données en génomique
 - Optimisation du recrutement pour les études cliniques
 - Gestion des données en vie réelle
- **Simplification de la communication avec les autistes** grâce à la reconnaissance d'images (Projet Helpicto)
- **Amélioration de la détection, du diagnostic, du suivi et du traitement des maladies mentales** (Projet Talia)
- **Structuration des données en immunologie** (Microsoft Immunomics)
- **Amélioration du parcours de soins**

Activités IA en France

- En mars 2018, Microsoft a lancé **l'Ecole IA Microsoft** pour des personnes éloignées de l'emploi, ayant une appétence pour les mathématiques et le code
- La France a été choisie pour accueillir un **Centre mondial de développement dédié à l'IA (100 ingénieurs)** : il a pour mission d'accompagner les entreprises du monde entier dans leur transformation digitale et dans leur quête d'efficacité et de productivité accrues grâce à l'IA
- En septembre 2019, **Microsoft et AstraZeneca** lançaient à Paris **AI Factory for Health** pour soutenir des startups en IA en Santé, notamment avec des conseils techniques, marketing et business

Sources : <https://www.microsoft.com/fr-fr/ai> - Zonebourse - Analyse AEC Partners



Alphabet, la maison mère de Google, investit massivement dans l'IA et multiplie les recherches dans le domaine de la Santé



Présentation d'Alphabet

- **Alphabet est la maison mère de Google** : cette structure a été créée pour que Google recentre ses activités sur le moteur de recherche et les services Internet, les autres activités ayant été intégrées dans de nouvelles filiales. Le chiffre d'affaires d'Alphabet a atteint **163 Md\$ en 2019 pour un résultat net de plus de 32 Md\$**
- Alphabet investit massivement dans l'IA par l'intermédiaire de sa filiale **DeepMind** qui était à l'origine une entreprise britannique acquise pour 400 M£ en 2014 : son **service dédié à la recherche en Santé a rejoint Google Health en septembre 2019**. Si le revenu de DeepMind a presque doublé entre 2017 et 2018 pour atteindre 103 M£, le déficit a fortement augmenté, passant de 302 à 470 M£ sur la même période
- Enfin, Google Ventures est un investisseur très actif en AI **avec 27 investissements en startups en 2019**

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- **Etude des structures protéiques** (AlphaFold)
- **Lecture des mammographies** lors du dépistage du cancer du sein
- **Aide au diagnostic des maladies rétinienues**
- **Détection des patients à risque d'insuffisance rénale** aiguë potentiellement fatale 48 heures avant les symptômes
- **Délimitation de la zone à irradier** lors de radiothérapies pour le traitement d'un cancer de la tête et du cou
- **Estimation de la probabilité de décès** d'un patient à partir de milliers de données (Medical Brain)

Activités IA en France

- En septembre 2018, Google a inauguré à Paris un **centre de recherche fondamentale en l'IA** : **120 employés du groupe** doivent s'y installer (dont 15 chercheurs de DeepMind) **plus 80 recrutements**, malgré les 2 500 employés déjà présents à Zurich. L'engagement avait été pris en janvier 2018 par Sundar Pichai, Directeur General d'Alphabet, auprès du Président Macron dans le cadre des rencontres #ChooseFrance, organisées en amont du Forum de Davos

Sources : <https://deepmind.com/> - Zonebourse - CB insights. AI 100: The Artificial Intelligence Startups Redefining Industries (2019) - Bloomberg (<https://bloom.bg/37ghPIU>) - Buzz eSanté (<https://bit.ly/36g4sAW>) - Numerama (<https://bit.ly/2Rc3WQ1>, <https://bit.ly/37gxY17>) - CNBC (<https://cnb.cx/30GTLpF>) - Le Monde (<https://bit.ly/2GdKNHd>) - Analyse AEC Partners

Facebook est active dans le domaine de l'IA avec le FAIR, son unité de recherche dirigée par le français Yann Le Cun



Présentation de Facebook

- Facebook a généré **56 Md\$ de revenus en 2019** grâce à son réseau social et un **résultat net de 18 Md\$**
- Le **Facebook Artificial Intelligence Research (FAIR)** est l'unité de recherche en IA du groupe : il regroupe plusieurs laboratoires de recherche en IA (Londres, Menlo Park, Montréal, New York, Paris, Pittsburgh, Seattle, Tel Aviv) et compte plus de 200 chercheurs à travers le monde. Il a été créé en 2013 par le français **Yann Le Cun, prix Turing 2019**
- En octobre 2018, Facebook annonçait vouloir **doubler les effectifs du FAIR** pour atteindre 400 employés en 2020 : ces recrutements visent notamment à **augmenter les efforts de recherche dans le domaine de l'imagerie médicale**

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- **Accélération de l'interprétation des images d'IRM** obtenues grâce à une création d'images nécessitant moins de données (collaboration avec la NY University School of Medicine) : objectif de réduction de la durée de l'examen de 50%

Activités IA en France

- Le Facebook Artificial Intelligence Research possède un **laboratoire de recherche à Paris depuis juin 2015, hub européen pour la recherche en IA**
- En janvier 2018, Facebook annonçait un **investissement de 10 M€ d'ici 2022** dans le FAIR parisien, un **doublément des effectifs de chercheurs et ingénieurs** de 30 à 60 et un **triplément du nombre de doctorants** de 10 à 30. L'annonce avait été faite quelques heures avant les rencontres #ChooseFrance, organisées en amont du Forum de Davos
- Le FAIR a un partenariat avec l'Inria

Sources : <https://ai.facebook.com/> - Zonebourse - Techcrunch. Where Facebook AI research moves next (2018) (<https://tcrn.ch/2TL7gTW>) - Popular Science. An exclusive look at Facebook's efforts to speed up MRI scans using artificial intelligence (2019) (<https://bit.ly/2TM6MwJ>) - HealthImaging. Facebook to double size of AI research staff by 2020, increase medical imaging efforts (2018) (<https://bit.ly/2twr1Ef>) - Usine Digitale. Facebook va doubler la taille de son laboratoire IA à Paris (2018) (<https://bit.ly/2GdAcji>) - Analyse AEC Partners



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
- Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
- Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
- **Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux**
- Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
- Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
- Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
- Bibliographie



Partie 3 – Avant propos et résumé

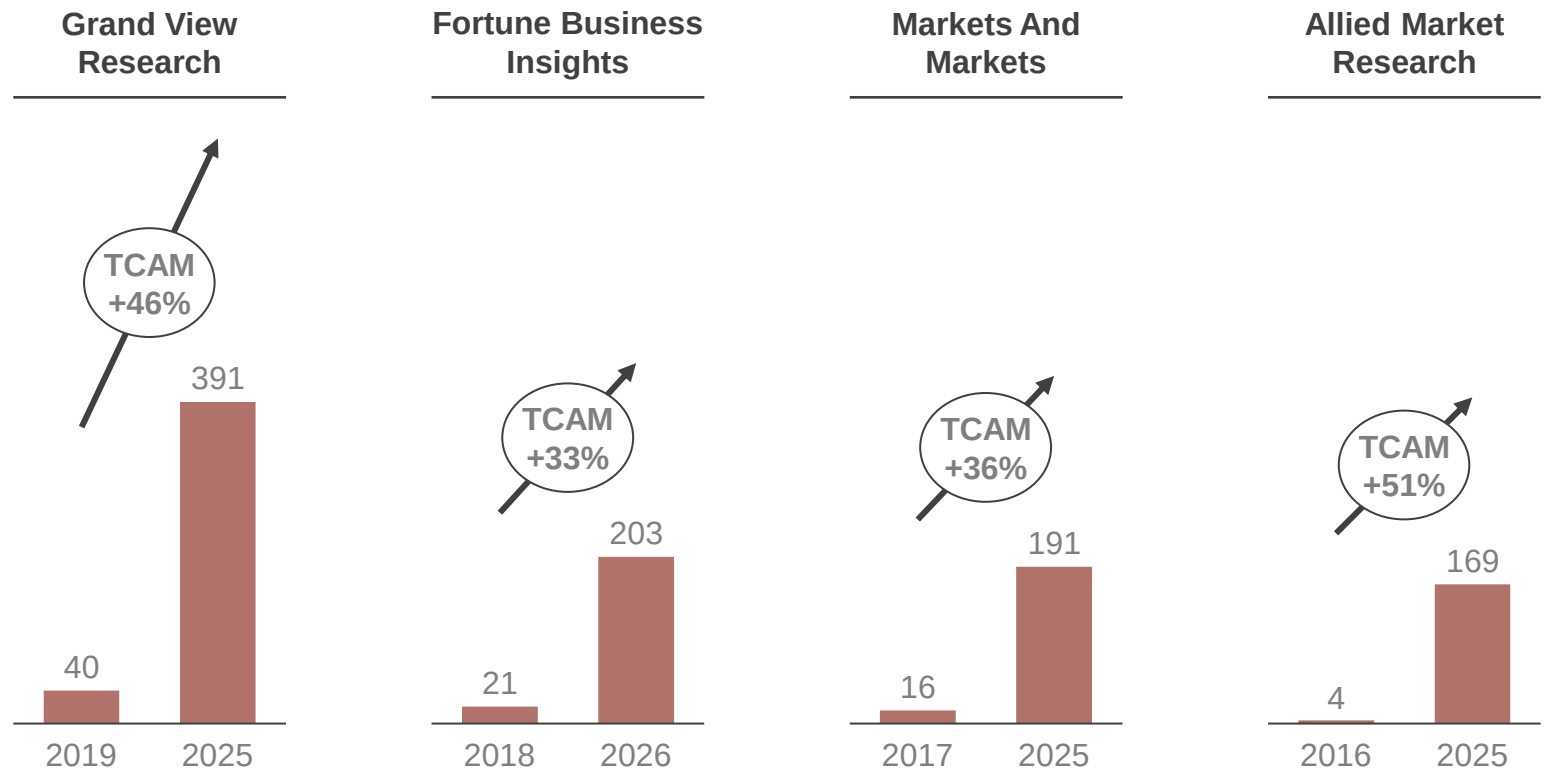
Cette partie étudie les perspectives d'évolution de l'IA en santé en France. Les enjeux (1) techniques, (2) juridiques & réglementaires et (3) socioculturels & économiques des trois à cinq prochaines années y sont présentés. Le choix de cet horizon de temps relativement court est pragmatique et s'explique par l'évolution très rapide des technologies, de la réglementation et de la société vis-à-vis du numérique. Ce travail aboutit à des recommandations pour favoriser l'IA en santé (système de santé et industries de santé).

L'IA existe depuis les années 1950 avec un enchaînement de périodes de percées technologiques et de ralentissements. L'évolution de l'IA en santé en France dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux : ils sont regroupés en enjeux techniques, enjeux juridiques & réglementaires, et enjeux socio-culturels & économiques.

Tous les rapports sur l'évolution du marché global de l'IA prédisent une croissance exponentielle du marché dans les prochaines années pour atteindre environ 200 milliards US\$ en 2025

Prévisions de croissance du marché global de l'IA dans les prochaines années selon différents rapports d'analystes

En milliards de dollars américains



TCAM : Taux de Croissance Annuel Moyen

Sources : Grand View Research. Artificial Intelligence Market (2019) (<https://bit.ly/3aab5bg>) - Fortune Business Insights. Artificial Intelligence Market, 2019-2026 (2019) (<https://bit.ly/35PGz2S>) - MarketsAndMarkets. Artificial Intelligence Market - Global Forecast to 2025 (2018) (<https://bit.ly/2TiyJfy>) - Allied Market Research. Artificial Intelligence Market - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2018-2025 (2018) (<https://bit.ly/2t4Qq7N>) - Analyses AEC Partners

L'IA existe depuis les années 1950 avec un enchaînement de périodes de percées technologiques et de ralentissements





9 facteurs pouvant impacter significativement le développement de l'IA en Santé ont été identifiés



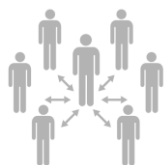
Enjeux techniques

- 1 - Qualité et disponibilité des données
- 2 - Démonstration de la plus-value des solutions d'IA
- 3 - Besoin de personnes qualifiées (e.g. médecins, infirmiers) pour développer les solutions d'IA



Enjeux juridiques & réglementaires

- 4 - Protection de la donnée
- 5 - Définition des critères d'évaluation pour les solutions de Santé comprenant de l'IA



Enjeux socio-culturels & économiques

- 6 - Règles éthiques encadrant les choix de l'IA
- 7 - Appropriation de l'IA par le corps médical et les patients
- 8 - Volonté des entreprises à intégrer l'IA
- 9 - Développement de l'IA dans l'écosystème de santé français

Sources : LEEM. Santé 2030, une analyse prospective de l'innovation en santé (2019) - MedTech Europe. Artificial Intelligence in MedTech: Delivering on the Promise of Better Healthcare in Europe (2019) - Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Analyses AEC Partners



9 facteurs pouvant impacter significativement le développement de l'IA en Santé ont été identifiés



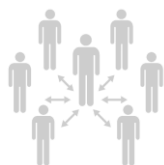
Enjeux techniques

- 1 - Qualité et disponibilité des données
- 2 - Démonstration de la plus-value des solutions d'IA
- 3 - Personnes qualifiées (e.g. médecins, infirmiers) pour « étiqueter » les données



Enjeux juridiques & réglementaires

- 4 - Protection de la donnée
- 5 - Définition des critères d'évaluation pour les solutions de Santé comprenant de l'IA



Enjeux socio-culturels & économiques

- 6 - Règles éthiques encadrant les choix de l'IA
- 7 - Appropriation de l'IA par le corps médical et les patients
- 8 - Volonté des entreprises à intégrer l'IA
- 9 - Développement de l'IA dans l'écosystème de santé français

Sources : LEEM. Santé 2030, une analyse prospective de l'innovation en santé (2019) - MedTech Europe. Artificial Intelligence in MedTech: Delivering on the Promise of Better Healthcare in Europe (2019) - Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Analyses AEC Partners



Jusqu'où le Health Data Hub permettra-t-il de structurer les données de santé afin d'obtenir le niveau de qualité nécessaire à l'IA ? (1/2)



Facteur structurant #1 - Qualité et disponibilité des données

Le développement rapide des objets connectés collectant des données de santé (e.g. montre connectée) induit une forte croissance du volume de données en santé disponible. Cependant, les **données héritées du passé restent généralement difficiles à 'nettoyer'** et la **faible interopérabilité** des bases de données en santé rend leur appariement complexe. Si les données en santé sont aujourd'hui abondantes, leur analyse reste difficile.

Le **développement de bases structurées consolidant une multitude de données de santé de qualité est une condition nécessaire à l'essor de l'IA en Santé**. Ces bases permettront notamment d'assurer la phase d'apprentissage des systèmes d'IA, une étape clé pour la performance des systèmes par apprentissage profond.

Ce facteur structurant pour le développement de l'IA est détaillé dans le **rapport Villani** remis au gouvernement français en mars 2018. Le lancement en novembre 2019 du **Health Data Hub**, qui a pour objectif de favoriser l'utilisation et de multiplier les possibilités d'exploitation des données de santé, est une étape importante pour permettre l'exploitation et l'analyse des données de santé. **Les initiatives comme la création d'une Direction de la Data par l'Institut Curie** devraient également permettre de disposer de données de santé la qualité à l'échelle d'un établissement de santé.

Enfin, le développement du **Dossier Médical Partagé** est un élément de l'environnement de santé qui devrait permettre de disposer de données de qualité pour des millions de français.

Sources : C. Villani. et al. Donner un sens à l'intelligence artificielle (2018) - Les Echos. Un an après le rapport Villani (2019) (<https://bit.ly/302wUXm>) - Institut Curie (<https://bit.ly/2U2QxLo> ; <https://bit.ly/2BophjL>) - Gouvernement de la République française. Ma Santé 2022 (2018) - Interviews d'experts - Analyses AEC Partners



Jusqu'où le Health Data Hub permettra-t-il de structurer les données de santé afin d'obtenir le niveau de qualité nécessaire à l'IA ? (2/2)



Facteur structurant #1 - Qualité et disponibilité des données

Focus sur le Health Data Hub

Le Health Data Hub a publié le 30 janvier 2020 ses quatre « enjeux stratégiques » :

1. **Décloisonner le patrimoine de données de santé et améliorer la qualité**
2. **Renforcer l'usage des données par une offre de service attractive**
3. **Positionner la France comme un leader dans l'usage des données de santé**
4. **Garantir la participation de la société civile et promouvoir les usages des données de santé**

Chaque enjeu est composé de quatre actions détaillées en jalons répartis jusqu'en 2022.

Le premier enjeu a pour objectif d'adresser la problématique d'accès aux données françaises, avec 4 actions :

- Action 1.1 : Inscrire au catalogue des jeux de données prioritaires
 - Les jeux de données cible seront définis cette année : le hub vise 3 bases de données prioritaires inscrites au catalogue et accessibles à la demande en 2020, puis 5 en 2021, puis 5 en 2022
- Action 1.2 : Installer une procédure nationale automatisée pour faciliter la sélection et la remontée des données au catalogue et leur appariement
- Action 1.3 : Créer une « cohorte socle » rassemblant des données cliniques et médico-administratives finement localisées sur un échantillon représentatif de la population
- Action 1.4 : Promouvoir les producteurs participants à la dynamique de partage des données

Sources : Health Data Hub. Plan stratégique 2019 – 2022 (2019) - Interviews d'experts - Analyses AEC Partners



Comment progresser sur la méthodologie d'études cliniques des solutions d'IA, condition préalable à une démonstration robuste de l'efficacité / valeur ajoutée des solutions d'IA ?



Facteur structurant #2 - Démonstration de la plus-value des solutions d'IA

Les **études cliniques actuellement menées pour évaluer une solution d'IA ne possèdent pas encore de standard**, comme c'est le cas pour les essais portant sur des médicaments : si l'étude randomisée, en double aveugle, multicentrique et avec bras comparateur est le design de référence pour démontrer la balance bénéfice/risque d'un médicament, le design des études visant à démontrer la valeur ajoutée d'une solution d'IA par rapport à l'existant reste à valider.

La **FDA et la HAS travaillent actuellement sur des recommandations** pour le développement des logiciels et solutions d'IA.

Un article publié dans Nature le 2 janvier 2020 présentait les résultats d'un système IA développé par Google pour détecter un cancer du sein à partir de mammographies. Cet article a été largement repris et commenté, car à la différence de la plupart des recherches actuelles, **le système d'IA a été comparé à la performance des médecins dans le système de dépistage actuel** au Royaume-Uni et aux Etats-Unis. En effet, la plupart des recherches actuelles sont réalisées en laboratoire et les tests ne sont pas effectués dans des conditions réelles d'utilisation.

Si le potentiel de l'IA pour améliorer les pratiques en santé est incontestable, les méthodologies des études cliniques doivent encore être revues et validées pour démontrer la performance des solutions d'IA, leur valeur ajoutée par rapport aux pratiques actuelles et l'usage optimal que le monde de la santé pourrait en faire.

Sources : FDA. Proposed regulatory framework for modifications to artificial intelligence/machine learning – based-software as a medical device (2019) - HAS. Consultation publique sur le projet de grille d'analyse destinée à être utilisée par la CNEDIMTS pour contribuer à son évaluation de dispositifs médicaux embarquant des systèmes décisionnels s'appuyant sur des procédés d'apprentissage automatique (2019) - Entretiens avec 14 médecins - S.M. McKinney et al. Nature 577, 89-94 (2020) - CNN. Google's AI system can beat doctors at detecting breast cancer (2020) (<https://cnn.it/2QB4BKB>) - FirstWord. Study: Google Health's AI model could help to detect breast cancer (2020) (<https://bit.ly/39OYry6>) - Interviews d'experts - Analyses AEC Partners



Comment mobiliser le volume et le niveau de compétences nécessaires au développement des solutions d'IA ?



Facteur structurant #3 - Besoin de personnes qualifiées (e.g. médecins) pour développer les solutions d'IA

Le développement de solutions d'IA nécessite des experts en gestion et analyse des mégadonnées et des programmeurs, mais ces compétences ne sont pas suffisantes. En effet, **la vaste majorité des solutions d'IA utilisées pour des applications en santé utilise un apprentissage supervisé**, c'est-à-dire à partir de données « étiquetées ». **Or, cette activité d'étiquetage est réalisée par des professionnels de santé.**

Ainsi, pour éduquer une solution d'IA à détecter, par exemple, la présence d'une tumeur, il faut lui présenter des centaines, des milliers, voire des dizaines de milliers d'images qui ont été classifiées entre « présence de tumeur » ou « absence de tumeur ». Lors de cette phase d'apprentissage, le système s'éduque avec chaque nouvelle image soumise au système. La performance des solutions d'IA dépend donc directement de la classification d'images catégorisées par des humains.

La capacité des entreprises à former, recruter et collaborer avec des professionnels de santé pour développer, éduquer et actualiser une solution d'IA sera fondamentale pour l'avenir de l'IA.



Et demain ?



« Aujourd'hui, les meilleurs systèmes d'IA sont encore limités. Ils sont moins intelligents qu'un chat, dont le cerveau compte quand même 760 millions de neurones et 10 000 milliards de synapses. A fortiori de son cousin le chien, qui en possède 2,2 milliards. Nous sommes incapables de concevoir et de construire des machines qui approchent la puissance du cerveau humain, avec ses 86 milliards de neurones et sa puissance consommée d'environ 25 watts. [...], même si nous comprenions les principes de l'apprentissage dans le cerveau, même si nous en comprenions la structure, la puissance de calcul requise pour en reproduire le fonctionnement est gigantesque, de l'ordre de $1,5 \times 10^{18}$ opérations par seconde. Une carte GPU d'aujourd'hui est capable de 10^{13} opérations par seconde et consomme environ 250 watts. Pour obtenir la puissance du cerveau humain, il faudrait connecter une centaine de milliers de ces processeurs au sein d'un ordinateur géant, consommant au moins 25 mégawatts. Une débauche d'énergie qui représenterait un million de fois celle du cerveau humain. Les chercheurs en IA de Google et de Facebook ont accès à des puissances de calcul totales de cet ordre. Mais il est difficile de faire fonctionner plus de quelques milliers de processeurs ensemble sur une même tâche.

Le défi scientifique est immense. Le défi technologique l'est aussi. »

Yann Le Cun – Prix Turing 2019



9 facteurs pouvant impacter significativement le développement de l'IA en Santé ont été identifiés



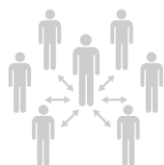
Enjeux techniques

- 1 - Qualité et disponibilité des données
- 2 - Démonstration de la plus-value des solutions d'IA
- 3 - Personnes qualifiées (e.g. médecins, infirmiers) pour « étiqueter » les données



Enjeux juridiques & réglementaires

- 4 - Protection de la donnée
- 5 - Définition des critères d'évaluation pour les solutions de Santé comprenant de l'IA



Enjeux socio-culturels & économiques

- 6 - Règles éthiques encadrant les choix de l'IA
- 7 - Appropriation de l'IA par le corps médical et les patients
- 8 - Volonté des entreprises à intégrer l'IA
- 9 - Développement de l'IA dans l'écosystème de santé français

Sources : LEEM. Santé 2030, une analyse prospective de l'innovation en santé (2019) - MedTech Europe. Artificial Intelligence in MedTech: Delivering on the Promise of Better Healthcare in Europe (2019) - Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Analyses AEC Partners



Quelles approches éthiques et méthodologiques développer pour utiliser les données de santé des patients dans le respect des droits individuels ?



Facteur structurant #4 - Protection de la donnée

La performance des solutions d'IA repose sur les données. Or, ces dernières proviennent de milliers, voire de millions, de patients différents. **Est-il donc nécessaire d'obtenir le consentement individuel des patients pour partager et analyser les données de santé, notamment avec des entreprises privées ?**

En février 2016, la société DeepMind (rachetée par Google en 2014) signait un partenariat avec le NHS, organisme qui gère le système de santé public du Royaume-Uni. Ce partenariat a provoqué une polémique relative au consentement des patients : le NHS s'est alors justifié en expliquant qu'il était impossible de demander à chaque fois le consentement explicite de chaque patient.

Aujourd'hui, la protection des données est encadrée en France par la **loi Informatique et Libertés de 1978** et le **Règlement européen sur la protection des données personnelles (RGPD) entré en vigueur en 2018**.

La loi encadre les conditions de collecte et de conservation des données, ainsi que l'exercice de leurs droits par les personnes (droit à l'information, droit d'opposition, droit d'accès, droit de rectification) afin de protéger leur vie privée et leurs libertés. **La loi Informatique et Libertés interdit qu'une machine puisse prendre seule (sans intervention humaine) des décisions emportant des conséquences cruciales pour les personnes.** Enfin, la loi prévoit **le droit pour les personnes d'obtenir, auprès de celui qui en est responsable, des informations sur la logique de fonctionnement de l'algorithme.**

Le **projet de loi relatif à la bioéthique** est en cours d'examen (adoption estimée en été 2020) et devrait comporter de nouveaux textes relatifs à la protection des données utilisées pour de l'IA.

Sources : CNIL. Comment permettre à l'Homme de garder la main. Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle (2017) - LegiFrance. Loi Informatique et Libertés de 1978 (<https://bit.ly/2XrMGtq>) - EUR-Lex. Règlement européen sur la protection des données personnelles (2016/679) (<https://bit.ly/2XRSk6R>) - Vie publique. Projet de loi relatif à la bioéthique (<https://bit.ly/37bznQ2>) - Usine Digitale (<https://bit.ly/3gT1tFd>) - Le Monde (<https://bit.ly/2MjZhZf>) - New Scientists (<https://bit.ly/301qV5l>) - Interviews d'experts - Analyses AEC Partners



Comment les autorités de santé vont-elles appréhender et évaluer les solutions d'IA, intrinsèquement évolutives ?



Facteur structurant #5 - Définition des critères d'évaluation pour les solutions de Santé comprenant de l'IA

La **FDA et la HAS travaillent actuellement sur des recommandations** pour le développement des logiciels et solutions d'IA.

La **grille d'évaluation de la HAS** (réalisée par la Commission nationale d'évaluation des dispositifs médicaux et des technologies de santé ou CNEDiMTS) pour l'évaluation de dispositifs médicaux embarquant des systèmes décisionnels s'appuyant sur des procédés d'apprentissage automatique était **soumise à consultation jusqu'au 15 janvier 2020**.

Dans ce document, la CNEDiMTS rappelle que *« les critères d'appréciation de l'intérêt d'une technologie restent des critères cliniques et il ne revient pas à la CNEDiMTS d'évaluer le fonctionnement mathématique du modèle. Toutefois la CNEDiMTS a besoin d'informations permettant d'évaluer la maîtrise du processus décisionnel clinique tels que les caractéristiques des données d'entraînement, de test et de validation ainsi que celles relatives au modèle et à(aux) algorithme(s). »*

La grille proposée par la CNEDiMTS comporte 36 requêtes regroupées en 8 modules : (1) Finalité d'usage, (2) Description de l'apprentissage, (3) Description des données d'entrée impliquées dans l'apprentissage initial ou le réapprentissage, (4) Description des données d'entrée impliquées dans la décision, (5) Performance, (6) Validation, (7) Résilience du système et (8) Explicabilité / Interprétabilité.

Il est important de noter que **la HAS a rendu son premier avis sur un dispositif médical intégrant de l'IA en janvier 2020** : il s'agit de l'avis de la CNEDiMTS du 28 janvier évaluant le système de boucle semi-fermée dédié à la gestion automatisée du diabète de type 1 de Diabeloop. Le dispositif a reçu une **amélioration de service attendu de niveau III**.

Sources : FDA. *Proposed regulatory framework for modifications to artificial intelligence/machine learning – based-software as a medical device* (2019) - HAS. *Consultation publique sur le projet de grille d'analyse destinée à être utilisée par la CNEDiMTS pour contribuer à son évaluation de dispositifs médicaux embarquant des systèmes décisionnels s'appuyant sur des procédés d'apprentissage automatique* (2019) - HAS. *Avis de la CNEDiMTS – DBLG1. 28 janvier 2020* - *Analyses AEC Partners*.



9 facteurs pouvant impacter significativement le développement de l'IA en Santé ont été identifiés



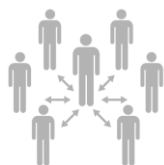
Enjeux techniques

- 1 - Qualité et disponibilité des données
- 2 - Démonstration de la plus-value des solutions d'IA
- 3 - Personnes qualifiées (e.g. médecins, infirmiers) pour « étiqueter » les données



Enjeux juridiques & réglementaires

- 4 - Protection de la donnée
- 5 - Définition des critères d'évaluation pour les solutions de Santé comprenant de l'IA



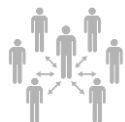
Enjeux socio-culturels & économiques

- 6 - Règles éthiques encadrant les choix de l'IA
- 7 - Appropriation de l'IA par le corps médical et les patients
- 8 - Volonté des entreprises à intégrer l'IA
- 9 - Développement de l'IA dans l'écosystème de santé français

Sources : LEEM. Santé 2030, une analyse prospective de l'innovation en santé (2019) - MedTech Europe. Artificial Intelligence in MedTech: Delivering on the Promise of Better Healthcare in Europe (2019) - Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Analyses AEC Partners



Jusqu'où ira la future Loi de Bioéthique dans l'encadrement des solutions d'IA en Santé ?



Facteur structurant #6 - Règles éthiques encadrant les choix de l'IA

Il n'existe pas encore de règles encadrant les aspects éthiques de l'IA : si le sujet est de plus en plus étudié, les principes généraux se basent encore largement sur les règles établies par l'écrivain I. Asimov, vieilles de 70 ans.

Un article publié dans Nature en 2018 a étudié le choix moral d'environ 40 millions de personnes pour savoir si elles pensaient qu'une voiture autonome devrait sacrifier ses passagers pour en sauver davantage. Ce test est inspiré du « dilemme du tramway » visant à positionner les gens entre éthique utilitariste (la fin justifie les moyens) et déontologique (ce choix est immoral par principe). Cette étude a montré que **selon la nationalité, les règles éthiques associées IA pourraient parfois être très différentes.**

La CNIL a publié un rapport sur les aspects éthiques de l'IA en décembre 2017 qui faisait apparaître deux principes : **un principe de loyauté** et un **principe de vigilance / réflexivité**.

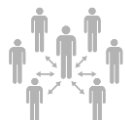
- *Principe de loyauté* → Un algorithme « loyal » ne devrait pas avoir pour effet de susciter, de reproduire ou de renforcer quelque discrimination que ce soit, fût-ce à l'insu de ses concepteurs
- *Principe de vigilance / réflexivité* → Il s'agit d'organiser une forme de questionnement régulier, méthodique et délibératif à l'égard des solutions d'IA

Le **projet de loi relatif à la bioéthique** est en cours d'examen et devrait comporter de nouveaux textes relatifs à l'IA : l'adoption définitive du texte ne devrait pas avoir lieu avant la fin de l'été 2020.

Sources : E. Awad et al. Nature 563, 59-64 (2018) - <http://moralmachineresults.scalablecoop.org/> - CNIL. Comment permettre à l'Homme de garder la main. Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle (2017) - Vie publique. Projet de loi relatif à la bioéthique (<https://bit.ly/37bznQ2>) - Interviews d'experts - Analyses AEC Partners



Comment favoriser l'adoption et l'utilisation au long cours des solutions d'IA par les professionnels de santé et les patients ? (1/2)



Facteur structurant #7 - Appropriation de l'IA par le corps médical et les patients

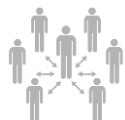
Il y a un réel besoin d'aide à la pratique médicale (l'application doit être commode pour un usage quotidien) et une nécessité de **transparence sur l'algorithme de prise de décision**.

Quatorze entretiens avec des médecins (France, Allemagne, Australie, Pays Bas, Royaume-Uni, Suède, USA – 2019) impliqués dans le diagnostic des cancers de la peau ont permis d'aborder leur perception de l'IA. **Les médecins manifestaient généralement de l'intérêt pour les solutions d'IA et seraient prêts à les utiliser dans leur pratique clinique courante, mais pas à n'importe quelles conditions.** Les solutions d'IA doivent :

- **Répondre à un réel besoin médical**
- **Garantir un minimum de transparence** sur ce que fait l'algorithme (trop souvent présenté comme une « boîte noire »)
- **Démontrer un bénéfice** dans le cadre d'un programme de développement clinique avec une méthodologie robuste
- **Être reconnu par les autorités de santé** (comparable à une Autorisation de Mise sur le Marché pour le médicament) car les médecins avouent ne pas toujours avoir les compétences nécessaires pour évaluer ces nouvelles solutions (voir facteur structurant 5)
- **Être simples d'usage et non chronophage**

Pour que les professionnels de santé intègrent des solutions d'IA dans leur pratique quotidienne, il sera fondamental que ces solutions démontrent leur capacité à répondre à un réel besoin en toute transparence et soit simple d'utilisation.

Comment favoriser l'adoption et l'utilisation au long cours des solutions d'IA par les professionnels de santé et les patients ? (2/2)



Facteur structurant #7 - Appropriation de l'IA par le corps médical et les patients

Selon un sondage réalisé par l'IFOP (n = 1 505) et présenté en décembre 2019, **91% des français interrogés connaissent l'IA** (+3 points en un an) et **51% voient désormais « précisément de quoi il s'agit »** (+3 points en un an). Cette bonne connaissance est particulièrement perceptible chez les hommes, chez les jeunes et chez les cadres et professions intellectuelles supérieures et chez les diplômés du 2e ou 3e cycle du supérieur.

Plus les français adhèrent au fonctionnement de l'IA, plus leur connaissance s'améliore alors qu'inversement, plus ils se montrent réfractaires, plus cette connaissance s'avère imprécise. Ainsi, 68% de ceux qui déclarent adhérer au développement de l'IA affirment bien la connaître tandis que seuls 49% des réfractaires font ce constat.

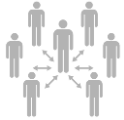
Après remise à niveau, 25% des français déclarent avoir déjà eu recours à des produits ou services faisant appel à de l'IA dans leur vie personnelle, soit une progression de 4 points en un an. Parallèlement, 17% des français ont fait appel à l'IA dans le cadre de leur vie professionnelle, soit une progression de 3 points en un an.

L'image générale de l'IA est positive : 8% des français déclarent avoir une « très bonne image » de l'IA et 63% une « assez bonne image ».

Cependant, **si 58% des français sont confiants en l'IA, ce résultat est en baisse de 5 points par rapport à 2018**. Ainsi, les français les plus inquiets face à l'IA placent les risques en matière de vie privée et de protection des données en tête de leur préoccupations (+10 points en un an à 38%) devant la possible destruction d'emplois (-2 points à 30%).

La santé et l'éducation émergent comme des secteurs prioritairement touchés par l'IA, et sur lesquels 70% des français sont en attente d'information. 78% des français considèrent que l'IA jouera un rôle important en matière de santé dans le quotidien des individus.

L'IA exigeant au sein des industries de santé de forts investissements et évolutions des métiers et pratiques, comment inciter les directions à formuler un fort niveau d'ambition en IA ?



Facteur structurant #8 - Volonté des entreprises à intégrer l'IA

Les entreprises, notamment les industries de santé, ont besoin de comprendre les bénéfices de l'IA sur leur efficience pour s'intéresser au sujet et le prendre en considération.

Aujourd'hui, des solutions d'IA sont disponibles pour optimiser la quasi-totalité de la chaîne de valeur des industries de santé :

- Recherche (e.g. amélioration de la génération de « lead » candidat)
- Développement (e.g. optimisation de la gestion des études cliniques)
- Production (e.g. maintenance prédictive)
- Commercialisation (e.g. ciblage client)
- Fonctions supports (e.g. gestion des documents administratifs)

A titre d'exemple, Vas Narasimhan, CEO de Novartis nommé en 2018, a décidé de déployer des solutions numériques dans tous les pans de l'entreprise. Cette volonté passe par des choix organisationnels, le développement de projets pour intégrer le numérique / l'IA et des partenariats ciblés en numérique / IA.

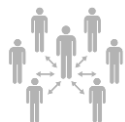
Pour optimiser leur organisation grâce à l'IA, les industries de santé devront définir une stratégie dédiée, avec une organisation forte et des partenariats ciblés pour soutenir cette orientation.

« Pour insuffler de l'IA à tous les niveaux de l'entreprise, il faut que le Top Management ait connaissance des applications de l'IA – et que l'IA reste un moyen technique pour répondre à une stratégie d'entreprise plus large d'optimisation de la donnée »

Sources : Novartis (<https://bit.ly/2ZYQ8gE> ; <https://bit.ly/2yTT6Yy>) - Interviews d'experts - Analyses AEC Partners.



Le système de santé français représente-t-il un terreau favorable au développement et à l'appropriation de l'IA ? (1/2)



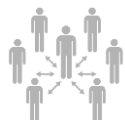
Facteur structurant #9 - Développement de l'IA dans l'écosystème de santé français

Plusieurs recommandations de Ma Santé 2022 font de la France un lieu propice au développement de l'IA :

- **Généralisation du dossier médical partagé (DMP)** → La constitution d'un nouveau carnet de santé numérique avec toutes les informations de santé des patients permettra de disposer d'informations structurées sur des millions de français, élément indispensable au développement de l'IA
- **Déploiement de la télémédecine** → L'évolution des moyens d'échange entre patients et professionnels de santé permet l'émergence de nouveaux objets connectés, qui eux-mêmes permettent d'obtenir un grand volume de données. La télémédecine permet l'appropriation des outils digitaux par les médecins et les patients
- **Développement de l'ordonnance électronique** → Le développement de l'ordonnance électronique devrait faciliter d'obtention des informations dématérialisées pour notamment alimenter le DMP et ainsi améliorer la qualité des données
- **Démocratisation de la médecine à domicile** → Le besoin d'un suivi à domicile du patient permettra de développer de nouveaux produits pouvant utiliser de l'IA afin de répondre aux nouveaux besoins de suivi
- **Passage de l'offre de soins au parcours de santé & nouvelle définition de l'hôpital de demain** → Le système de santé français est actuellement en phase de réorganisation et l'IA pourrait faciliter cette transformation

Sources : Gouvernement de la République française. Ma Santé 2022 (2018) - LEEM. Santé 2030, une analyse prospective de l'innovation en santé (2019)
- Interviews d'experts - Analyses AEC Partners

Le système de santé français représente-t-il un terreau favorable au développement et à l'appropriation de l'IA ? (2/2)



Facteur structurant #9 - Développement de l'IA dans l'écosystème de santé français

Outre les recommandations de Ma Santé 2022, les **directeurs d'hôpitaux (n = 21)** considèrent l'IA **comme un enjeu important pour le système hospitalier** : selon une récente étude (novembre 2019), 81% considèrent que l'IA est un sujet très important pour les hôpitaux et **76% identifient l'IA comme étant une priorité stratégique**. Par ailleurs, les directeurs d'hôpitaux voient tous l'arrivée de l'IA de manière positive : 57% très positive et 43% plutôt positivement. On peut également considérer le **premier recrutement d'un médecin spécialiste en IA** par le CHU de Dijon comme un signal positif. Autre chiffre encourageant : **près de 80% des médecins généralistes de moins de 50 ans déclarent utiliser quotidiennement des outils de e-santé**.

Enfin, la SFPC, le CNHIM, l'ANEPC et la SFPO ont annoncé en février 2020 la **création d'un consortium visant à produire un corpus de règles métier pouvant être retranscrites en algorithme à destination des acteurs de l'e-santé**.

Le système de santé français actuel a cependant certaines caractéristiques qui pourraient ralentir le développement de l'IA.

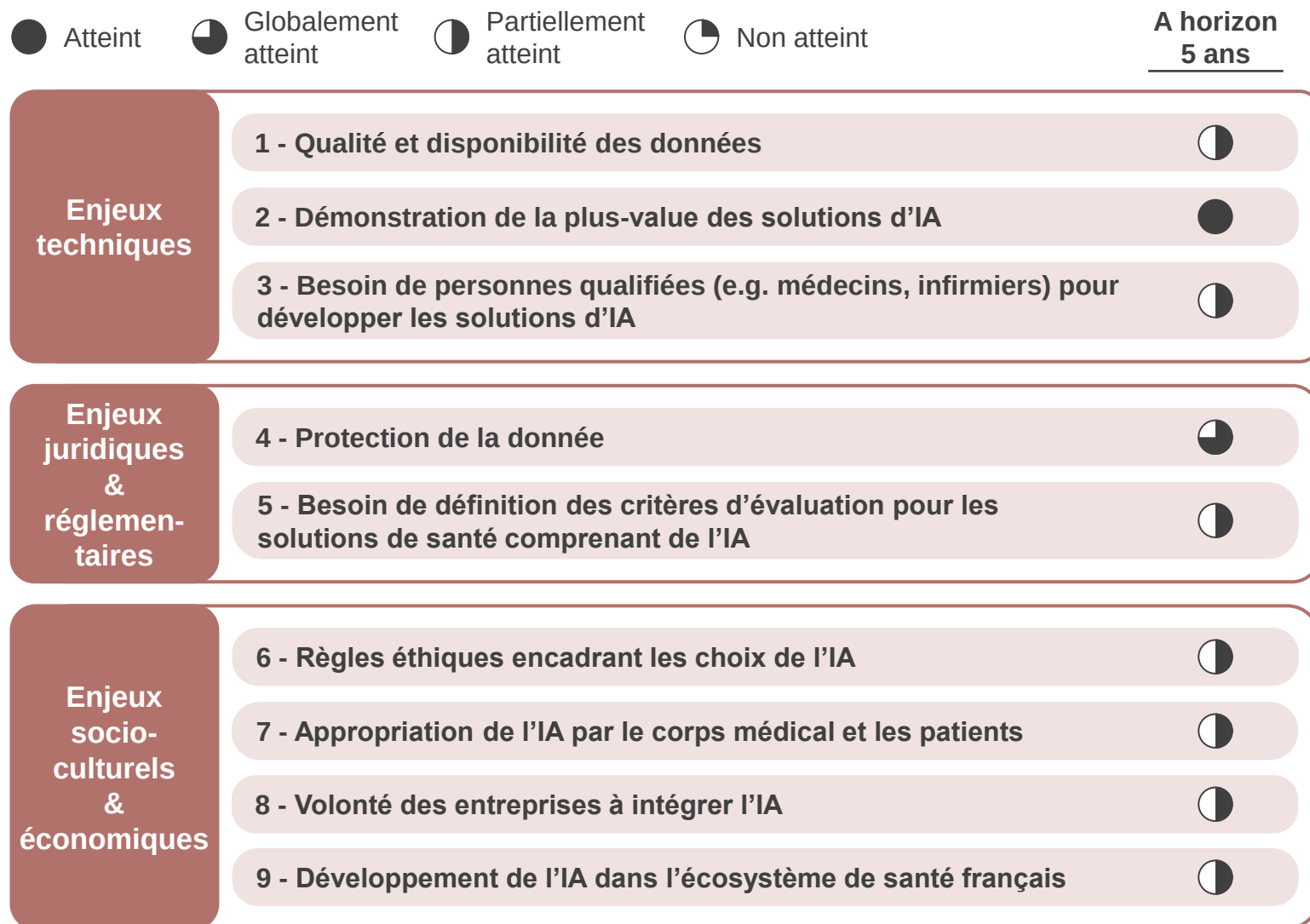
- **De nombreuses solutions d'IA se positionnent en prévention. La France ne fait cependant pas partie des meilleurs élèves dans ce domaine** : la France dépensait en moyenne 91,5 US\$ par an par habitant en 2017 (PPP) alors que la moyenne de l'OCDE était de 115,6 US\$. Pourtant, 25,4% des adultes français déclaraient fumer quotidiennement en 2018 (moyenne de l'OCDE36 = 18%) et un adulte français consomme en moyenne 11,7 litres d'alcool pur par an (OCDE36 = 8,9 litres)
- **Le modèle économique du système de santé français n'est pas toujours adapté à l'intégration de solutions innovantes** : la plupart des startups d'IA en santé ont ainsi évoqué le modèle de rémunération comme frein au développement de l'IA en France

ANEPC : Association nationale des enseignants de pharmacie clinique CNHIM : Centre national hospitalier d'information sur le médicament
PPP : parité de pouvoir d'achat SFPC : Société française de pharmacie clinique SFPO : Société française de pharmacie oncologique

Sources : EY & CHRU Nancy. Baromètre de maturité de l'IA dans les CHU (2019) - Tic Santé (<https://bit.ly/32AHYyg> ; <https://bit.ly/2T7zB6n>) - Drees. Études et Résultats, n° 1139 (2020) - OECD.Stat (<https://bit.ly/3a4x1Dt>) - OCDE. Panorama de la santé (2019) - Interviews d'experts - Analyses AEC Partners

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020

Les 9 enjeux pour le développement de l'IA en santé devraient encore être d'actualité d'ici 5 ans : seule la démonstration de la plus-value des solutions d'IA répondrait aux attentes



Source : Analyses AEC Partners

Recommandations sur les conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé (1/4)



Disponibilité et de l'interopérabilité des données – Recommandations

- 1) Si les données de santé doivent se structurer à l'échelle nationale, elles doivent également se structurer à l'échelle de l'entreprise. Les entreprises de santé foisonnent de données complémentaires aux données publiques :



Chaque entreprise, si ce n'est pas déjà fait, devrait :

- **Réaliser un état des lieux des données disponibles en interne par domaine d'activité** (e.g. R&D, Production, Commercial)
- **Nettoyer les bases / données pour s'assurer de l'absence de redondance, de la qualité et de la sécurité de l'information selon un niveau de priorité défini par l'entreprise :**
 - ✓ **Ce travail n'a pas vocation à être mené dans l'ensemble de l'entreprise et au même moment**, la tâche pouvant être trop importante pour être menée
 - ✓ **Démarrer par la R&D semble judicieux** car (1) les métiers scientifiques / techniques sont appétents à l'utilisation des données, (2) de multiples solutions de gestion des données massives / solutions d'IA sont disponibles et (3) le besoin de réduire les coûts et durées de développement sont un enjeu pour la plupart des industries de santé.
- **Mettre en place une architecture informatique garantissant l'interopérabilité des systèmes et du partage des données au sein de l'entreprise** (e.g. harmonisation de la structure des fichiers de suivi / recueil de données des études cliniques), ainsi que la sécurité des données actuelles et futures



Les actions listées ci-dessus devraient s'appuyer sur les employés avec une forte appétence pour les données / solutions numériques pour accompagner les services IT (internes et/ou externes) à déployer de nouvelles solutions de gestion des données



Une culture du partage des données doit se développer dans les industries de santé : les programmes de formations internes devraient inclure des formations sur le recueil, la structuration et le partage des données

Recommandations sur les conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé (2/4)



Démonstration de la plus-value des solutions d'IA – Recommandations

- 1) Les industries de santé qui développent des solutions d'IA à destination des professionnels de santé doivent :
 -  **Définir le positionnement de la solution dans le parcours de soins en collaboration avec les différentes parties prenantes afin de s'assurer que la solution répond à un besoin médical et/ou organisationnel**
 -  **Collaborer avec les acteurs académiques (universités / écoles et instituts de recherches) pour établir une méthodologie robuste d'étude clinique permettant de démontrer la plus-value d'une solution d'IA, à l'image des études pivot randomisées, en double aveugle, multicentriques et contrôlées permettant de démontrer la balance bénéfice/risque d'un médicament par rapport à un traitement de référence.**
- 2) Le développement de solutions d'IA en santé nécessite des compétences fortes **tant dans le domaine médical que dans le domaine numérique : beaucoup de laboratoires pharmaceutiques manquent de compétences numériques**. Il est donc conseillé aux laboratoires développant des solutions d'IA en santé ou souhaitant le faire de :
 -  **Mettre en place des partenariats économiques avec des acteurs académiques, notamment les quatre Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle, et des industries du numérique, pour développer des solutions d'IA**
 -  **Employer des experts de la donnée (*i.e. Data architect, Data engineer, Data scientist, Data analyst*) qui permettront aux entreprises de santé de gagner en autonomie**
 -  **S'assurer, pour les entreprises employant des ingénieurs en apprentissage automatique et/ou des développeurs informatique, que la connaissance et la maîtrise des algorithmes / programmes ne sont pas concentrées chez une seule personne**
- 3) Pour les entreprises développant des solutions visant à améliorer les pratiques des industries de santé, il est important de :
 -  **Développer des indicateurs et des métriques permettant de démontrer aux entreprises des industries de santé l'intérêt des solutions d'IA (*e.g. diminution de certains coûts, réduction du temps et/ou de la fréquence de certaines tâches, amélioration de la qualité*) qui sont trop souvent uniquement basées sur des promesses**

Cibles :  Industries de santé  Développeurs de solutions d'IA (startups ou multinationales)  Universités & organismes de formation

Recommandations sur les conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé (3/4)

Adoption des solutions d'IA – Recommandations

1) Le développement de l'IA en santé passera nécessairement par l'adoption des solutions par les professionnels de santé & les patients. Pour favoriser cette adoption, il convient de :

-  **Informier et éduquer les professionnels de santé sur l'IA en santé et les solutions proposées** car les études d'opinion montrent qu'une meilleure connaissance de l'IA favorise l'adhésion à ce nouvel outil
 - Etudiants en médecine
 - ✓ Intégrer un enseignement au début des études de médecine (e.g. 2^{ème} ou 3^{ème} année lors de la formation générale en sciences médicales) sur le numérique en santé intégrant un module sur l'IA
 - ✓ Proposer un enseignement dédié à l'IA aux internes formés dans les spécialités médicales les plus exposées à l'IA (e.g. radiologie & imagerie médicale, biologie médicale, génétique médicale, anatomie & cytologie pathologiques)
 - Médecins diplômés
 - ✓ Proposer des webinars sur l'IA : certains pourraient être généralistes pour découvrir l'IA en santé et d'autres plus spécialisés pour les radiologues, biologistes, généticiens et anatomopathologistes
 - ✓ Organiser, dans le cadre de la formation médicale continue, des conférences généralistes pour découvrir l'IA en santé et d'autres plus spécialisées pour les radiologues, biologistes, généticiens et anatomopathologistes
-  **S'assurer de la simplicité d'usage d'une solution d'IA et de son interopérabilité avec les logiciels informatiques actuels des professionnels de santé pour faciliter son adoption** : l'IA doit être considérée comme un outil qui facilite la vie et non comme une contrainte supplémentaire
-  **Garantir un minimum de transparence sur le fonctionnement des solutions d'IA vis-à-vis des professionnels de santé comme des patients et sur la sécurité et la confidentialité des données**

Recommandations sur les conditions optimum de développement de l'IA dans les industries de santé (4/4)

Adoption des solutions d'IA – Recommandations

2) Le développement de l'IA en santé passera aussi par l'adoption des solutions par les employés des industries de santé :

 **Proposer au Top Management de participer à des programmes « *executive education* » pour mieux comprendre l'IA et son potentiel pour l'entreprise et devenir des ambassadeurs de l'IA dans l'entreprise**

 **Proposer aux employés des formations sur l'IA de différents niveaux :**

- Niveau de base pour l'acculturation de l'ensemble des employés vis-à-vis de l'IA : cette formation peut s'intégrer dans un programme plus large portant sur le numérique en général
- Niveau intermédiaire pour accompagner les employés souhaitant mettre en place ou utiliser des solutions d'IA
- Niveau avancé réservé aux employés souhaitant développer des solutions d'IA : pour ce dernier type de formations, un certain nombre de prérequis seraient nécessaires (*e.g. profils scientifiques ayant l'habitude de gérer un grand nombre de données, expérience dans le codage informatique*)

Ces formations, quel que soit le niveau, devraient être organisées par de véritables experts des sujets abordés : des partenariats avec des écoles ou universités françaises sont recommandés pour garantir la qualité des formations

 **Créer des réseaux internes portant sur l'IA pour que les employés puissent échanger sur les meilleures pratiques : cela pourrait se matérialiser par un groupe dédié dans l'intranet**



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
- Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
- Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
- Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
- **Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025**
 - Métiers et compétences de l'IA
 - Volumétrie des métiers de l'IA en santé
- Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
- Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
- Bibliographie



Partie 4 – Avant propos et résumé

Cette partie présente dans un premier sous-chapitre les métiers nécessaires au développement de solutions d'IA et les recommandations associées au développement de ces nouveaux métiers dans le secteur de la santé. Dans un second sous-chapitre, est présentée une estimation de la volumétrie actuelle des métiers de la donnée, des ingénieurs en apprentissage automatique et des développeurs informatiques puis les perspectives d'évolution à horizon cinq ans selon trois scénarios différents.

L'analyse quantitative qui suit porte sur la création d'emplois directs grâce à l'IA : elle porte sur la création d'emplois dans les métiers de la données, de postes d'ingénieurs en apprentissage automatique et en développeurs directement liés au développement de solutions d'IA en santé. Les emplois commerciaux et les fonctions supports ainsi que les emplois indirects (e.g. emplois dans l'hôtellerie, la restauration) créés n'ont pas été estimés dans cette analyse et pourraient faire l'objet d'un travail complémentaire.

Dans le scénario de référence, environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA devraient être créés d'ici 2025.



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
 - Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
 - Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
 - Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
 - **Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025**
- **Métiers et compétences de l'IA**
 - Volumétrie des métiers de l'IA en santé
 - Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
 - Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
 - Bibliographie



23 métiers sont exercés au sein des startups / PME d'IA en santé, répartis en cinq catégories : le digital / data est le groupe le plus représenté

Plateforme IA / Data

- Analyste en mégadonnées
- Expert en mégadonnées
- Architecte en mégadonnées
- Ingénieur en mégadonnées
- Ingénieur en apprentissage automatique
- Chargé de développement (ingénieur ou technicien informatique)
- Graphiste
- Ingénieur / Technicien tests et validation
- Chef de projet / Manager

Clinique / Médical

- Chargé de développement clinique
- Chercheur
- Responsable médical
- Biostatisticien

Information médicale et réglementaire

- Chargé de qualité
- Chargé des affaires réglementaires
- Chargé de l'accès au marché

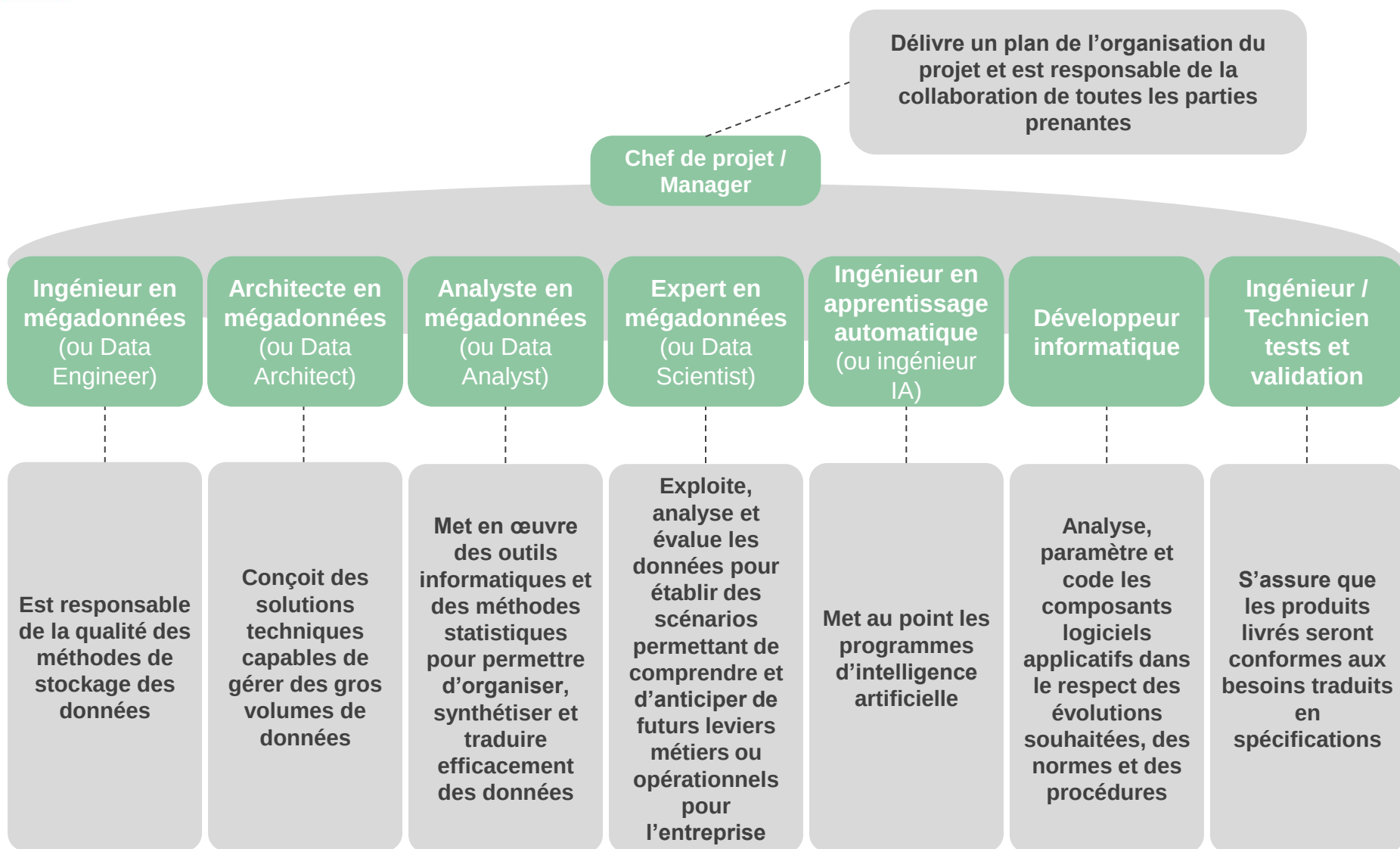
Promotion & Commercialisation

- Responsable marketing / communication et chef de projet marketing
- Responsable des opérations
- Responsable grand comptes
- Commercial
- Ingénieur d'application

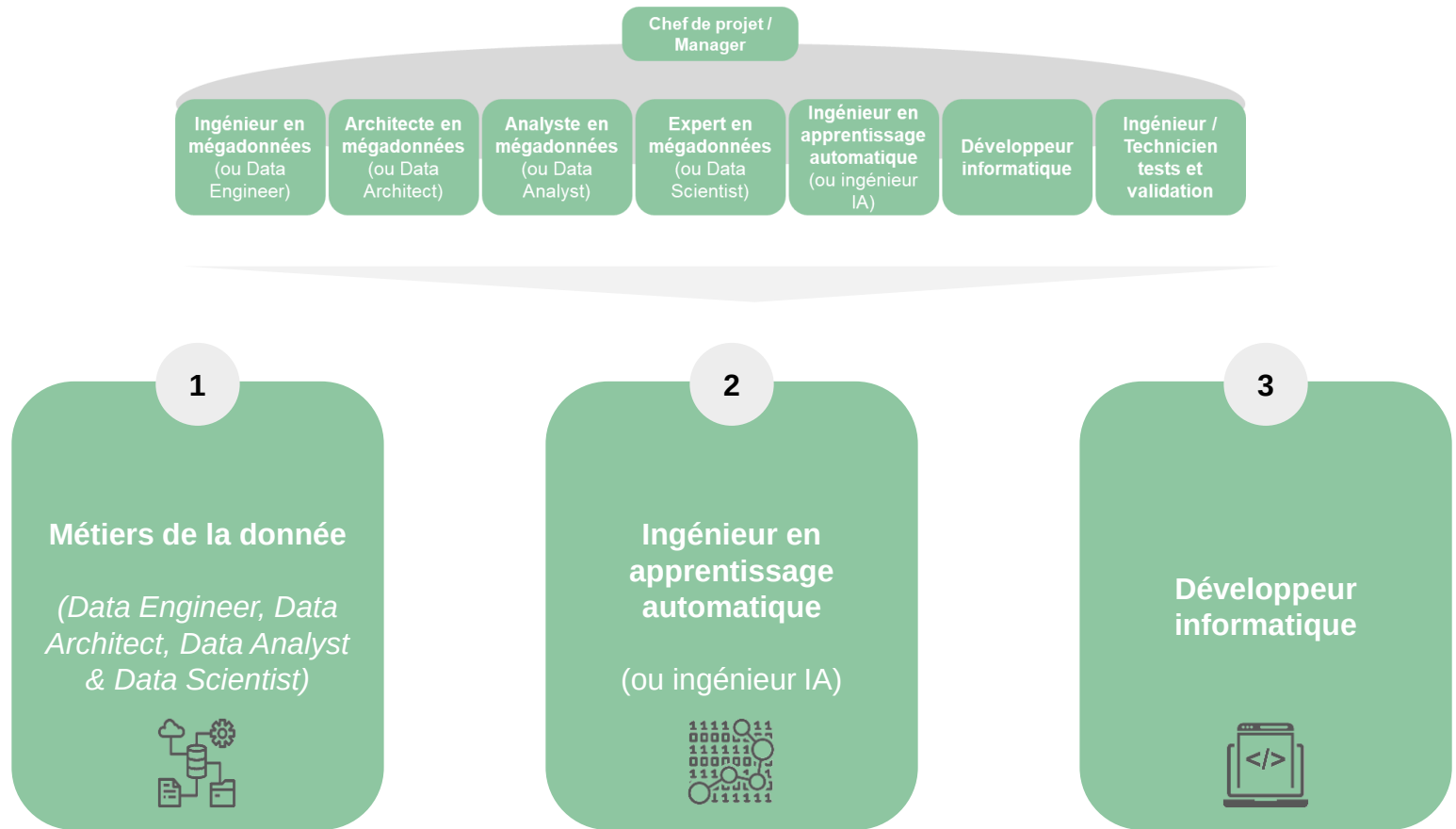
Fonctions support

- Acheteur
- RH

Huit métiers permettant de développer une solution d'IA ont été identifiés

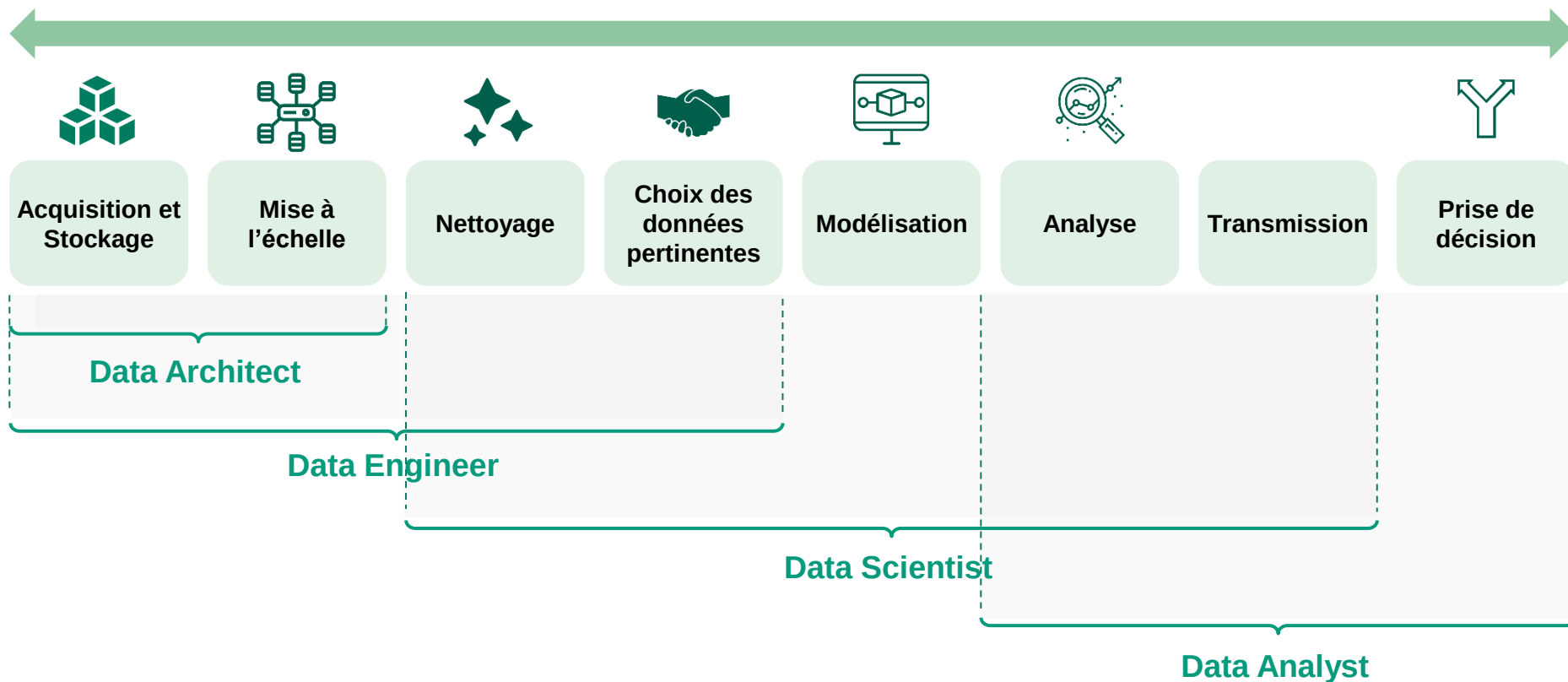


Cependant, dans les industries de santé, ces métiers sont simplifiés en 3 grands métiers : métiers de la donnée, ingénieur IA & développeur informatique



Pour chaque usage développé dans les industries de santé,
ces métiers ont besoin de comprendre les subtilités des industries de santé et donc
d'être en contacts avec les experts métiers de l'industrie

Les métiers de la donnée couvrent une multitude d'actions allant de l'acquisition & le stockage de données jusqu'à la prise de décisions (1/2)



→ Au sein des entreprises,
une même personne peut être responsable de l'ensemble de ces activités

Les métiers de la donnée couvrent une multitude d'actions allant de l'acquisition & le stockage de données jusqu'à la prise de décisions (2/2)

Métiers de la donnée		
Compétences 	Analyses qualitatives et quantitatives	• Agréger des types de données et modes de collecte différents, internes et externes • Mettre la donnée au service du process métier interne et client • Traiter des données quantitatives et/ou qualitatives (bases de données, statistiques, etc.)
	Conception d'ouvrages / produits	• Maîtriser les méthodes, normes et outils standards de conception
	Développement d'ouvrages / produits	• Démocratiser la mise à disposition client des traitements et algorithmes prédictifs • Développer un programme • Maîtriser l'univers client pour spécialiser les applications data
	Maîtrise des logiciels	• Maîtriser des logiciels spécifiques à son domaine technique (analyses mécaniques, chimiques, statistiques, outils de gestion de contrats, etc.)
	Résolution de problèmes complexes	• Elaborer des préconisations, proposer des solutions et scénarios d'amélioration
	Veille, analyse et gestion documentaire	• Analyser des documents techniques • Réaliser une veille et une recherche documentaire
	Autres compétences	• Analyser et synthétiser des informations variées • Faire preuve de créativité et avoir un sens de l'innovation • Manifester un « Leadership » et un esprit d'entreprise • Être rigoureux et organisé • Faire preuve d'adaptabilité et de flexibilité • Avoir un sens relationnel

Sources : OPIIEC (https://www.opiiec.fr/cartographie_des_métiers) - Interviews d'experts - Analyse AEC Partners

L'Ingénieur en Apprentissage Automatique est à la fois un chercheur et un informaticien – qui met au point les programmes d'intelligence artificielle (1/2)

Ingénieur en Apprentissage Automatique (ou ingénieur IA)

Mission



Met au point des programmes informatiques capables d'effectuer des tâches simples effectuées par l'homme

Activités et tâches



- Conceptualise le fonctionnement du cerveau humain sur un problème donné
- Conçoit des programmes informatiques complexes et novateurs permettant de décoder et d'analyser des données
- Entraîne des réseaux de neurones profonds
- Modélise des données complexes, comme des images et des textes
- Mène un projet de recherche et réalise une preuve de concept (POC)

Formation



- Bac +5 : formation de base type licence de mathématiques et/ou d'informatique, complétée par un master ou un diplôme d'ingénieur, voire un doctorat

L'Ingénieur en Apprentissage Automatique est à la fois un chercheur et un informaticien – qui met au point les programmes d'intelligence artificielle (2/2)

Ingénieur en Apprentissage Automatique (ou ingénieur IA)

Compétences



Conception d'ouvrages / produits

- Maîtriser les méthodes, normes et outils standards de conception

Développement d'ouvrages / produits

- Programmer des algorithmes de machine learning et de deep learning
- Déployer les algorithmes en production sur le cloud

Maîtrise des logiciels

- Maîtriser des outils de machine learning (réseaux neuronaux, GAN, auto-encodeurs, etc.) et des outils de pre / post processing (e.g. PCA)

Maîtrise des langages

- Maîtriser un langage interprété (e.g. Python, C/C++)

Veille, analyse et gestion documentaire

- Se maintenir au meilleur niveau de l'état de l'art dans son domaine de compétence, afin d'identifier les approches et outils à forte valeur ajoutée pour le métier

Communication

- Communiquer les résultats des travaux auprès des experts métiers et partenaires techniques

Autres compétences

- Exprimer un goût pour le défi et une volonté de faire ce qui n'a encore jamais été fait
- Être force de proposition
- Posséder des qualités relationnelles et une bonne écoute
- Être curieux, dynamique, précis
- Faire preuve de persévérance
- Avoir un esprit d'équipe

Le Développeur Informatique (Ingénieur / Technicien en Informatique)

délivre un code documenté suivant les règles et besoins de l'entreprise (1/2)

Développeur Informatique (Ingénieur / Technicien en Informatique)

Mission



Analyse, paramètre et code les composants logiciels applicatifs dans le respect des évolutions souhaitées, des normes et des procédures

Activités et tâches



- Analyse :
 - Contribue à la définition des spécifications générales
 - Réalise l'analyse technique et l'étude détaillée
 - Adapte et paramètre les progiciels* applicatifs
 - Réalise le prototypage
- Développe :
 - Réalise les modules (objets et composants logiciels)
 - Assemble les composants
 - Rédige les documentations
- S'assure de la maintenance :
 - A en charge la maintenance corrective
 - A en charge la maintenance évolutive
 - Administre les composants logiciels réutilisables et met à jour la nomenclature de ces composants

Formation



- Bac + 2 (BTS ou DUT) ou ingénieur

* Un progiciel est un ensemble de logiciels munis d'une documentation, conçus pour répondre à des besoins spécifiques et permettre une utilisation autonome
Sources : Cigref - Interviews d'experts - Analyse AEC Partners

Sources : Cidj (<https://bit.ly/3gLdM6j>) - Interviews d'experts - Analyse AEC Partners

Le Développeur Informatique (Ingénieur / Technicien en Informatique) délivre un code documenté suivant les règles et besoins de l'entreprise (2/2)

Chargé de développement (Ingénieur / Technicien en Informatique)

Compétences



Architecture fonctionnelle SI

- Concevoir des cartographies fonctionnelles et applicatives

Conception d'ouvrages / produits

- Maîtriser les méthodes, normes et outils standards de conception

Développement d'ouvrages / produits

- Développer un produit / un programme
- Utiliser des méthodes *lean* et/ou agiles pour maîtriser un produit / un programme

Gestion des contrôles, tests et diagnostics

- Analyser et comprendre l'origine d'un dysfonctionnement, incident ou accident (spécifications physiques du produit, processus, etc.)
- Ecrire formellement un dysfonctionnement, incident ou accident

Gestion des risques

- Cybersécurité : comprendre les nouvelles menaces et connaître les méthodes de traitement associées ; construire une architecture technique sécurisée ; détecter, qualifier et traiter des incidents de sécurité ; identifier les données à caractère personnel et respecter les règles et procédures de confidentialité

Maîtrise des logiciels

- Maîtriser des logiciels spécifiques à son domaine technique (analyses mécaniques, chimiques, statistiques, etc.)
- Maîtriser des outils web (gestion de contenu, de flux, etc.)

Mise en exploitation / production et maintenance

- Réaliser le paramétrage et le *debugging* de période de lancement
- Rédiger la documentation technique (guides utilisateur, guides métier, schémas d'architecture)

Autres compétences

- Faire preuve d'adaptabilité et de flexibilité
- Analyser et synthétiser des informations variées
- Posséder des compétences en communication orale et écrite
- Être rigoureux et organisé
- Avoir un sens relationnel

Les métiers de la donnée et les ingénieurs IA sont en manque de profils seniors – les développeurs informatique sont des profils très recherchés

1

Métiers de la donnée

(Data Engineer, Data Architect, Data Analyst & Data Scientist)



« Les écoles françaises forment bien aux métiers de la data – cependant, les niveaux sont hétérogènes : il faut un premier bon data scientist pour en recruter d'autres »

« Etant donné la nouveauté de ces métiers, ce sont beaucoup de juniors bien formés mais n'ayant pas l'expertise métier – ils doivent donc travailler en étroite collaboration avec les experts métiers »

2

Ingénieur en apprentissage automatique (ou ingénieur IA)



« Les experts IA actuellement sur le marché sont très bons – ils n'ont cependant aucune appétence dans le domaine de la santé – c'est nous qui les formons en interne, grâce une collaboration étroite avec des experts métiers »

« Les formations françaises sont très 'ouvertes' : un ingénieur a des cours de sciences sociales, de langues – ce sont les meilleurs profils pour interagir avec les experts métiers »

3

Développeur informatique



« Les développeurs sont une catégorie de personnes peu fidèles – car ce sont des profils très rares sur le marché, et ils ont envie d'aller vite – en contradiction avec les industries de santé très réglementées »

« Il est très difficile d'avoir de bons développeurs, qui ont de l'autonomie – souvent ils exécutent un cahier des charges sans grande compréhension »

Recommandations pour attirer et fidéliser les experts de la donnée et les ingénieurs en apprentissage automatique (ou ingénieur IA)



Leviers d'attractivité des entreprises en santé pour les experts de la donnée et ingénieurs IA – Rappel du contexte

- Les métiers de la donnée / ingénieur IA étaient en pénurie jusqu'à récemment ; aujourd'hui le nombre de formations initiales et continues s'est largement développé : cependant, il manque toujours des profils expérimentés avec une maîtrise de la gestion de projet
- Les jeunes diplômés ont souvent une confiance en eux exacerbée, mais n'ont pas d'expertise métier : ils ont besoin de travailler en collaboration avec les métiers pour appréhender leur travail
- Par ailleurs, certains profils étant autodidactes, il est souvent difficile de détecter et recruter un bon profil : les experts de la donnée / ingénieurs IA sont les mieux placés pour recruter
- Ces profils sont très demandés par les grands groupes du numérique (e.g. GAFAM) : les startups peuvent être attractives quand elles ont déjà un « leader » (*i.e. personne reconnue du milieu par les différentes compétitions*) souvent parmi les fondateurs. Les industries de santé ne sont pas perçues comme attractives (processus de décision & développement longs)



Leviers d'attractivité des entreprises en santé pour les experts de la donnée et ingénieurs IA – Recommandations

- **Moyens pour les attirer :**
 - Construire un réseau de métiers de la donnée, grâce aux personnes déjà recrutées (notamment les leaders des compétitions KAGGLE) : ces profils rejoignent plus facilement les « leaders » pour apprendre d'eux
 - Motiver / expliquer concrètement l'objectif de la solution à développer, en intégrant un aspect d'amélioration sociétale (mettre en avant l'amélioration de la santé en général et l'orientation patients)
 - Proposer des rémunérations attractives et expliquer les différences par rapport à d'autres pays, notamment les USA (e.g. absence d'assurance maladie, de caisse de retraite, coût des écoles privées, etc.)
- **Moyens pour les garder :**
 - Jouer l'ouverture et la transparence : proposer du « challenge technique », un potentiel recours au télétravail, des conférences HealthTech payées par la société



Recommandations pour attirer et fidéliser les développeurs informatique



Leviers d'attractivité des entreprises en santé pour les développeurs informatique – Rappel du contexte

- Les entreprises se battent pour attirer les développeurs informatique : le rapport de force est nettement en faveur des candidats dans cette spécialité
- Cette rareté du « bon développeur informatique » induit une inflation salariale : +20 à 30% à chaque changement de poste
- Selon une étude CodinGame qui a interrogé 9 000 développeurs informatique dans 120 pays, une majorité de développeurs informatiques ne reste que trois ans dans un poste
- Beaucoup de développeurs informatique sont autodidactes et se forment seuls, et beaucoup ne sont formés qu'en informatique, sans expertise métier. Ces profils manquent souvent d'autonomie
- Par ailleurs, les industries de santé n'arrivent pas à les attirer : l'environnement est perçu comme trop lent avec trop de réglementations par rapport au monde numérique



Leviers d'attractivité des entreprises en santé pour les développeurs informatique – Recommandations

- **Moyens pour les attirer :**
 - Motiver/Expliquer concrètement l'objectif de la solution à développer, en intégrant un aspect d'amélioration sociétale (mettre en avant l'amélioration de la santé en général et l'orientation patients)
 - Faire appel à des cabinets de recrutement spécialisés
 - Construire un réseau de développeurs informatique grâce aux développeurs déjà recrutés
 - Proposer des rémunérations attractives et expliquer les différences par rapports à d'autres pays, notamment les USA (e.g. absence d'assurance maladie, de caisse de retraite, coût des écoles privées, etc.)
- **Moyens pour les garder :**
 - Créer beaucoup de jeux / compétitions autour de leur métier
 - Leur donner des tâches qui les intéressent (e.g. *ne pas faire de slides*)



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
- Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
- Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
- Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
- **Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025**
 - Métiers et compétences de l'IA
- **Volumétrie des métiers de l'IA en santé**
 - Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
 - Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
 - Bibliographie



La modélisation est très utile mais ne permet pas de lire l'avenir



*« Tous les modèles sont faux,
mais certains sont utiles »*

George Box
Statisticien (1976)



Volumétrie des métiers de l'IA en santé – Méthodologie (1/7)

Métiers et volumétrie en France en 2019

Méthodologie

Scénario de référence

Scénario optimiste

Scénario pessimiste

Synthèse

L'estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé a été réalisée sur trois métiers / groupes de métiers :

- **Métiers de la donnée**
- **Ingénieurs en apprentissage automatique**
- **Développeurs informatique**

La modélisation est réalisée pour la **période 2019 – 2025** : **pour 2019, la volumétrie des trois catégories de métiers a été estimée à partir des recherches secondaires** réalisées pour construire la cartographie des d'entreprises d'IA en santé en France :

- Pour les startups / PME, le nombre de postes par catégorie de métiers correspond au croisement des informations disponibles sur les sites Internet des entreprises et la liste des employés sur le réseau professionnel LinkedIn
- Pour les multinationales, l'estimation est basée sur les effectifs des centres d'IA en France : la répartition entre métiers de la donnée, ingénieur en apprentissage automatique et programmeurs est basée sur la répartition observée pour les startups / PME. Les résultats obtenus ont été pondérés en fonction de l'estimation de la part de l'IA dans l'offre et de la part de la santé dans l'offre IA

Pour chaque entreprise d'IA en santé présente en France, la part des activités IA et la part des activités santé ont été estimées qualitativement : **le nombre d'employés par catégorie de métiers a ainsi été ajusté en fonction de l'activité en IA en santé estimée.**

Source : Analyses AEC Partners

Volumétrie des métiers de l'IA en santé – Méthodologie (2/7)

Métiers et volumétrie dans les startups et PME en France en 2019

Méthodologie

Nombre d'employés par métier / groupe de métiers de l'IA dans les startups / PME d'IA en santé en France : données brutes et données retraitées – 2019

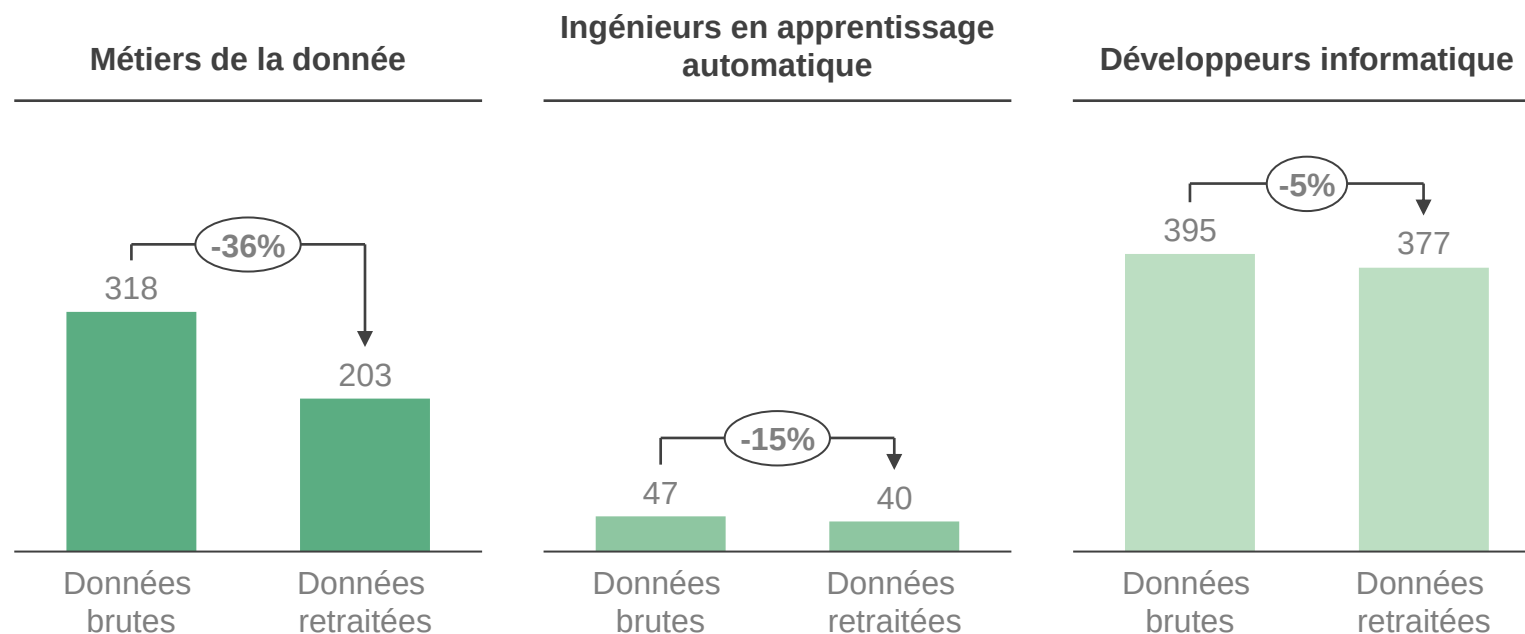
En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé

Scénario de référence

Scénario optimiste

Scénario pessimiste

Synthèse



Pour chaque entreprise d'IA en santé présente en France, la part des activités IA et la part des activités santé ont été estimées qualitativement : **le nombre d'employés par catégorie de métiers** (i.e. données brutes) **a ainsi été ajusté en fonction de l'activité en IA en santé estimée** (i.e. données retraitées)

Source : Analyses AEC Partners



Volumétrie des métiers de l'IA en santé – Méthodologie (3/7)

Répartition des métiers de l'IA dans les startups et PME en France en 2019

Méthodologie

Répartition des différents métiers / groupes de métiers de l'IA dans les startups / PME d'IA en santé en France – 2019

En pourcentage des employés travaillant sur des solutions d'IA en santé

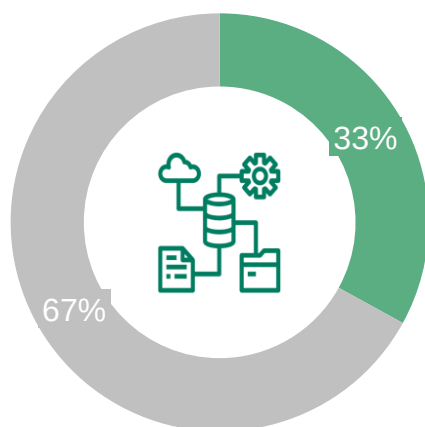
Scénario de référence

Scénario optimiste

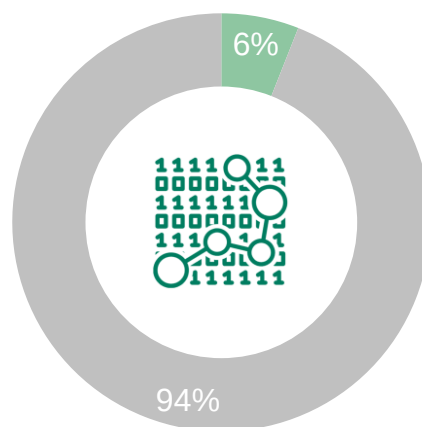
Scénario pessimiste

Synthèse

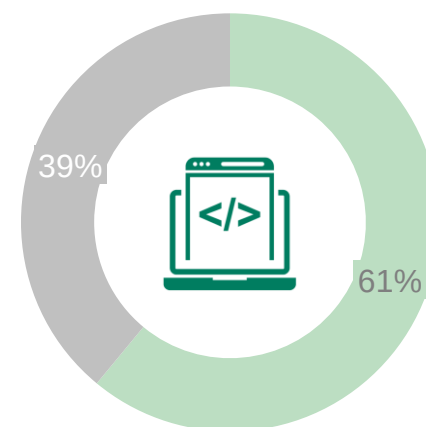
Métiers de la donnée



Ingénieurs en apprentissage automatique



Développeurs informatique



Dans les startups et PME d'IA en santé, les métiers de l'IA sont à 33% des métiers de la donnée, 6% des ingénieurs en apprentissage automatique et 61% des développeurs informatique

Volumétrie des métiers de l'IA en santé – Méthodologie (4/7)

Métiers et volumétrie dans les multinationales en France en 2019

Méthodologie

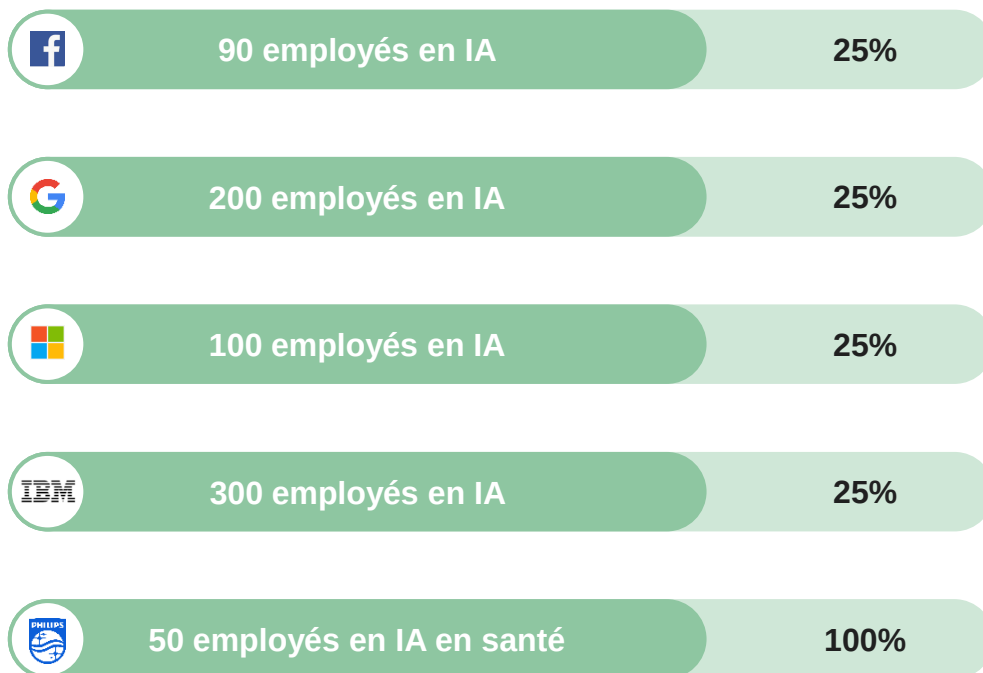
Nombre d'employés en IA en France dans les multinationales développant des solutions d'IA en santé – 2019

Part de la santé dans l'activité

Répartition des employés en IA en France dans les multinationales développant des solutions d'IA en santé

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA (santé ou hors santé)

En pourcentage



Par manque de données, la répartition des employés en IA en France dans les multinationales développant des solutions d'IA en santé a été estimée à partir de la répartition observée dans les startups et PME → 33% des métiers de la donnée, 6% des ingénieurs en apprentissage automatique et 61% des programmeurs

Le nombre d'employés en IA en France chez Dassault Systèmes et Samsung n'étant pas connu, il a été estimé à partir de la moyenne du nombre d'employés chez Facebook, Google, Microsoft & IBM

Source : Analyses AEC Partners

Volumétrie des métiers de l'IA en santé – Méthodologie (5/7)

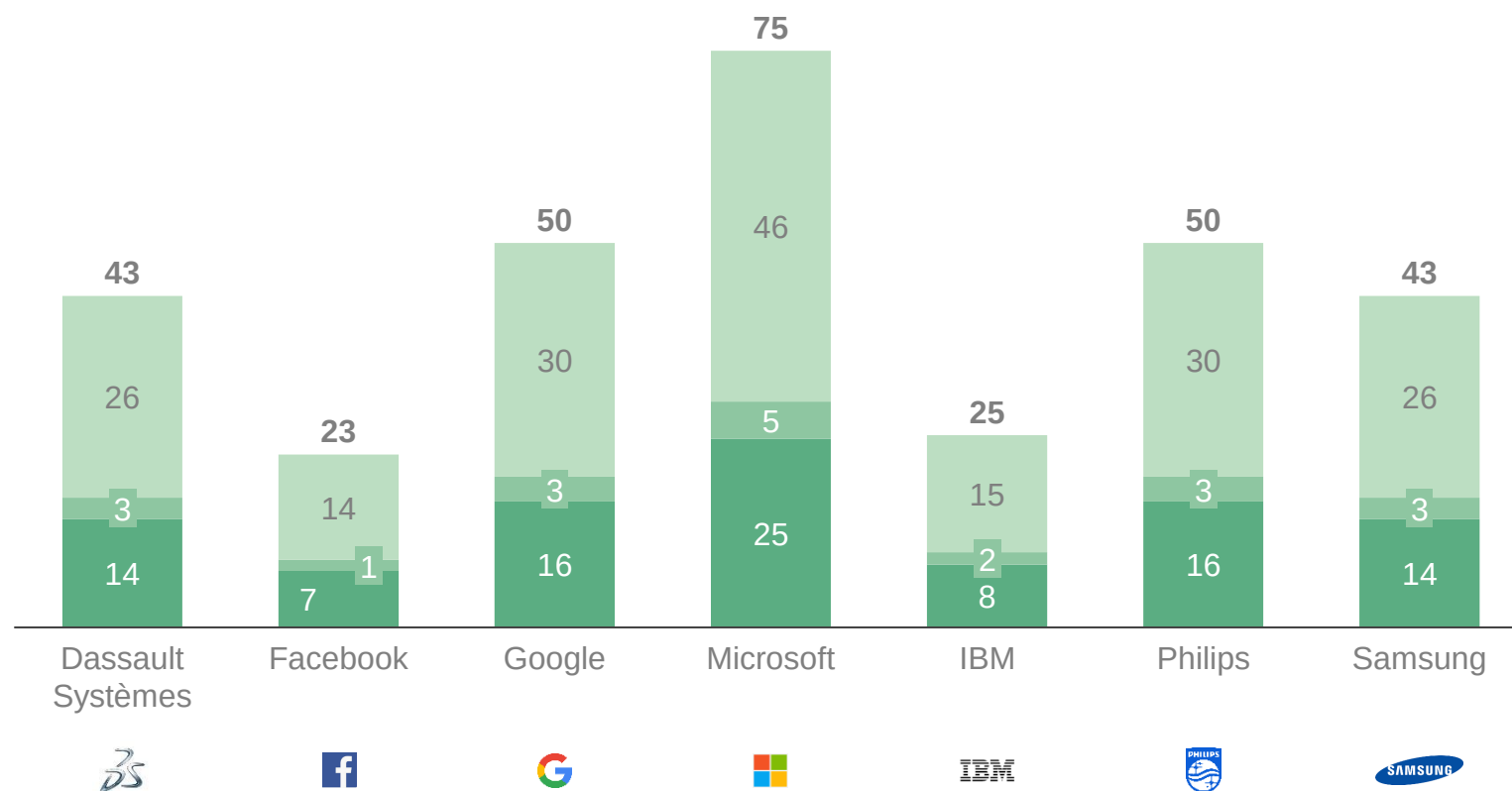
Métiers et volumétrie dans les multinationales en France en 2019

Méthodologie

Nombre d'employés en IA en santé en France dans les multinationales – 2019

■ Métiers de la donnée ■ Ingénieurs en apprentissage automatique ■ Programmeurs informatique

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé



Source : Analyses AEC Partners

Volumétrie des métiers de l'IA en santé – Méthodologie (6/7)

Hypothèses et postulats pour l'évolution des besoins métiers entre 2019 et 2025

Méthodologie

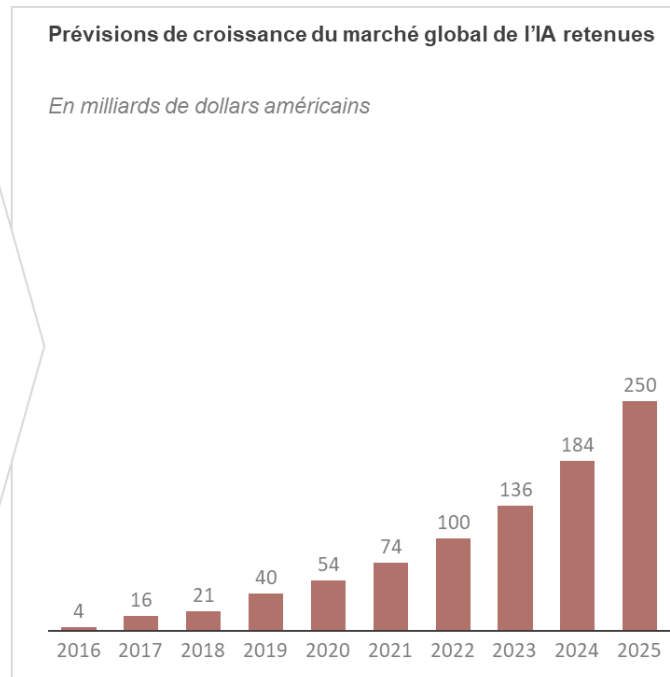
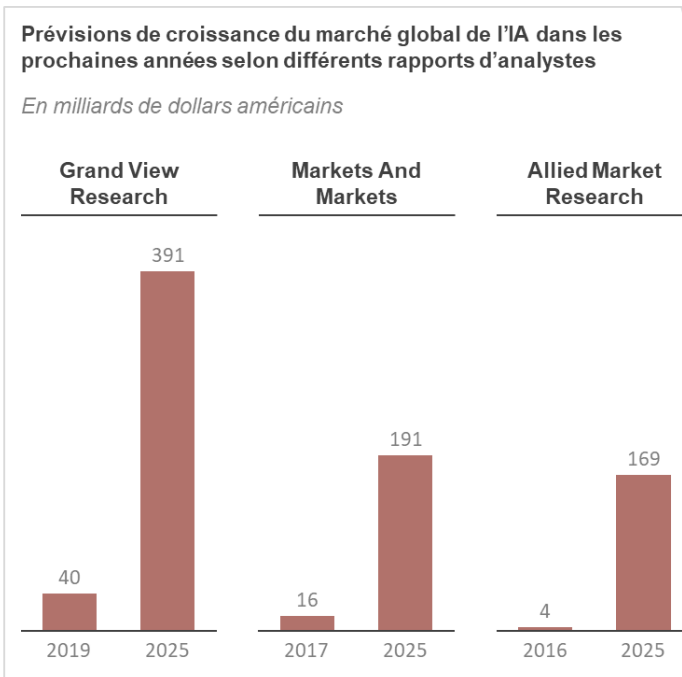
Scénario de référence

Scénario optimiste

Scénario pessimiste

Synthèse

Pour modéliser l'évolution de la volumétrie des métiers de l'IA en santé d'ici 2025, AEC est parti du **postulat que l'évolution des besoins métiers suit l'évolution de la taille du marché en valeur**. En moyennisant les différentes estimations, le marché global de l'IA devrait atteindre 250 Md US\$ en 2025, soit un taux de croissance annuel moyen de 36% : **la demande en employés dans le domaine de l'IA en santé devrait ainsi croître de +36% par an jusqu'en 2025**



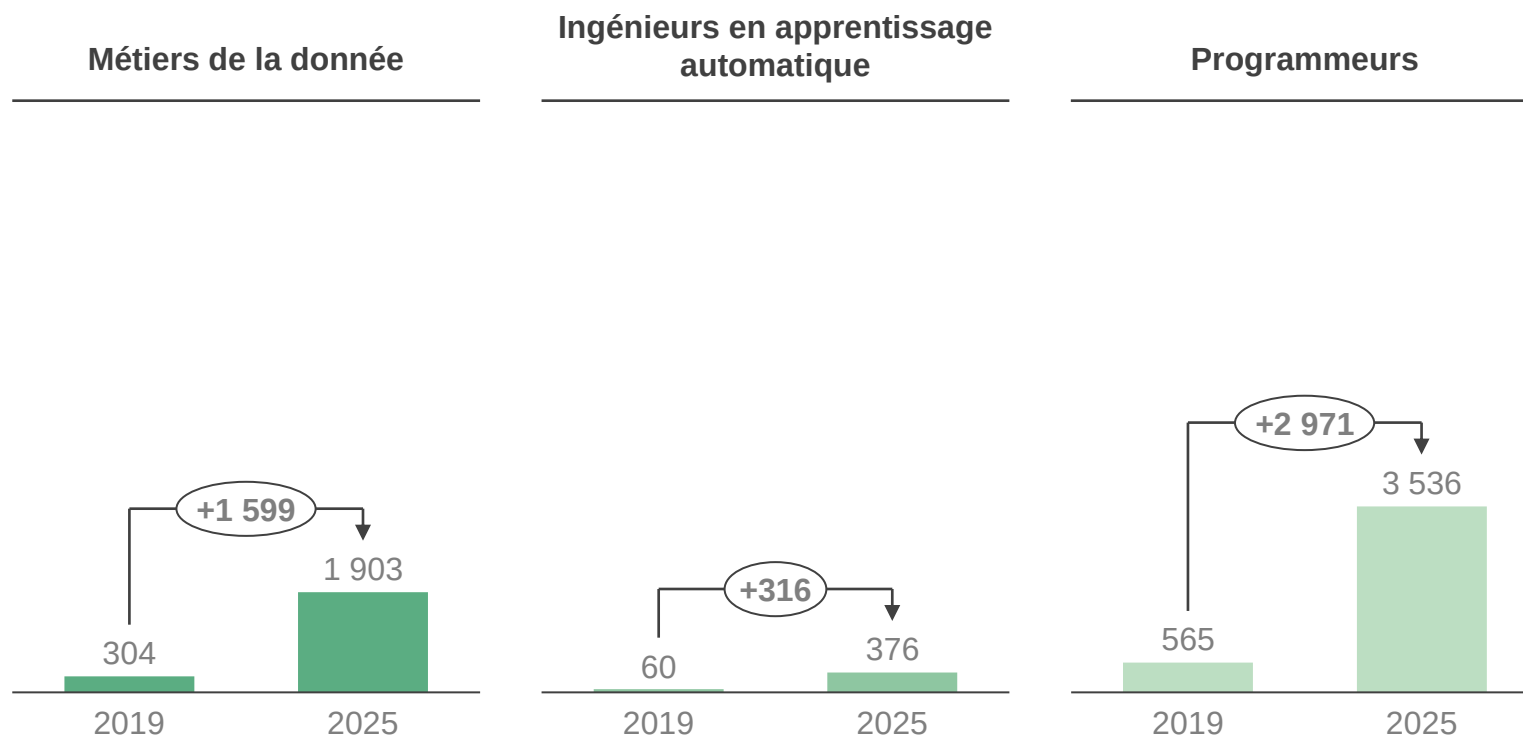
Sources : Grand View Research. Artificial Intelligence Market (2019) (<https://bit.ly/3aab5bg>) - Fortune Business Insights. Artificial Intelligence Market, 2019-2026 (2019) (<https://bit.ly/35PGz2S>) - MarketsAndMarkets. Artificial Intelligence Market - Global Forecast to 2025 (2018) (<https://bit.ly/2TiyJfy>) - Allied Market Research. Artificial Intelligence Market - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2018-2025 (2018) (<https://bit.ly/2t4Qq7N>) - Analyses AEC Partners

Estimation de référence de la volumétrie des métiers de l'IA en santé (1/3)

Evolution du nombre d'emplois de l'IA avec le scénario de référence

Nombre d'employés par métier / groupe de métiers de l'IA dans les entreprises d'IA en santé en France avec le scénario de référence – 2019 & 2025

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé



Source : Analyses AEC Partners



Estimation de référence de la volumétrie des métiers de l'IA en santé (2/3)

Impact qualitatif des différents enjeux de l'IA en 2025 avec le scénario de référence

Méthodologie

Scénario de
référence

Scénario
optimiste

Scénario
pessimiste

Synthèse

L'impact de référence de chaque enjeu (i.e. impact le plus probable d'ici 2025) pour le développement de l'IA en santé a été évalué qualitativement par AEC Partners à partir des recherches secondaires et des entretiens réalisés :

- | | |
|--|------|
| 1. Qualité et disponibilité des données | ++ |
| 2. Démonstration de la plus-value des solutions d'IA | + |
| 3. Besoin de personnes qualifiées pour développer les solutions d'IA | ~ |
| 4. Protection de la donnée | ~ |
| 5. Besoin de définition des critères d'évaluation pour les solutions de santé comprenant de l'IA | ~ |
| 6. Règles éthiques encadrant les choix de l'IA | ~ |
| 7. Appropriation de l'IA par le corps médical et les patients | ++ |
| 8. Volonté des entreprises à intégrer l'IA | +(+) |
| 9. Développement de l'IA dans l'écosystème de santé français | (+) |

Le signe + correspond à un score de 1, (+) à un score de 0,5 et ~ correspond à un score de 0.

Les scores ont été attribués dans une logique d'exclusivité mutuelle : chaque enjeu a ainsi été évalué toutes choses égales par ailleurs. Cette approche est théorique car il est certain que certains enjeux sont largement liés.

Source : Analyses AEC Partners

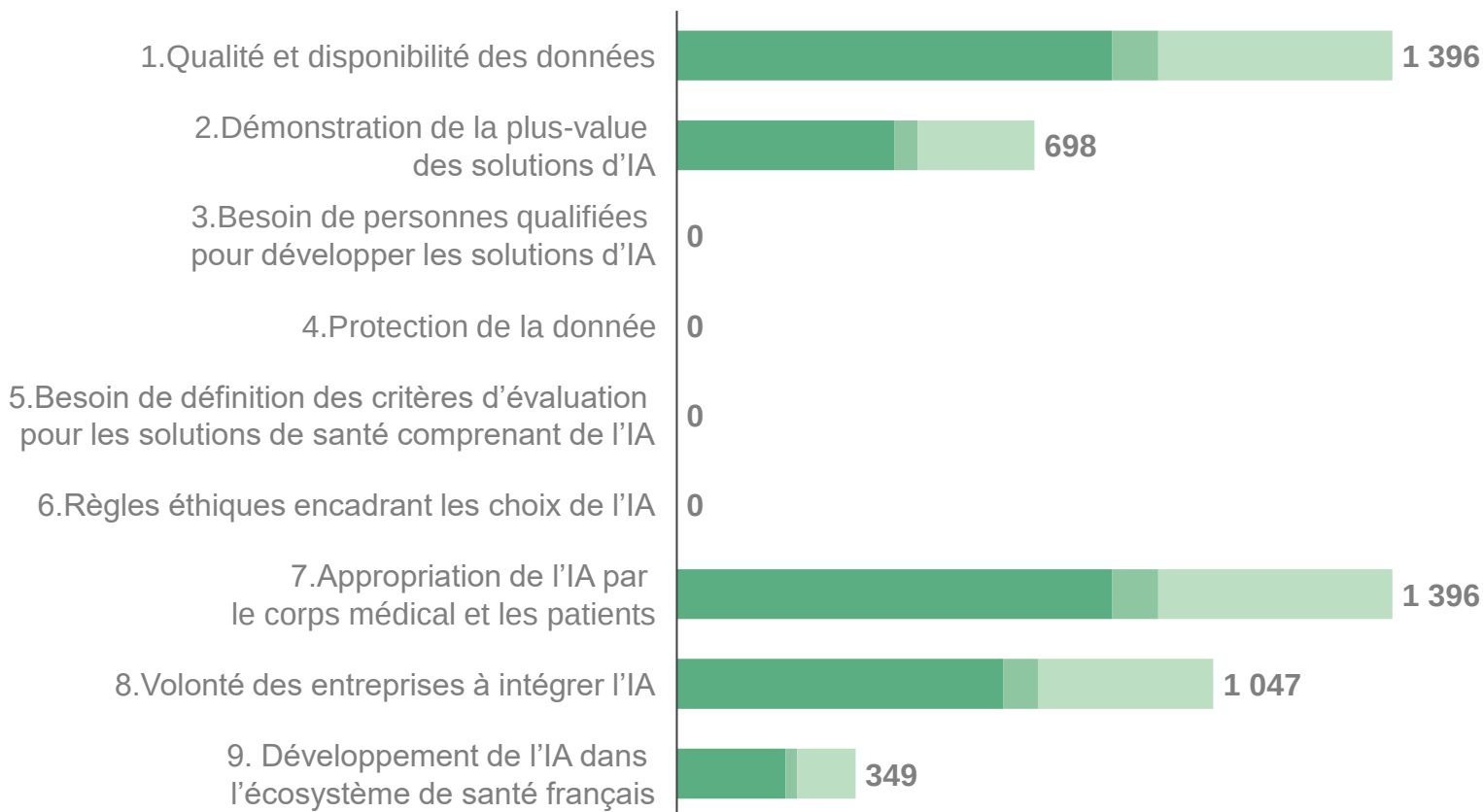
Estimation de référence de la volumétrie des métiers de l'IA en santé (3/3)

Impact quantitatif des différents enjeux de l'IA en 2025 avec le scénario de référence

Nombre d'emplois créés métier / groupe de métiers de l'IA selon l'enjeu – Scénario de référence

■ Développeurs informatique ■ Ingénieurs en apprentissage automatique ■ Métiers de la donnée

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé



Source : Analyses AEC Partners

Estimation optimiste de la volumétrie des métiers de l'IA en santé (1/3)

Définition du scénario optimiste

Méthodologie

Scénario de référence

Scénario optimiste

Scénario pessimiste

Synthèse

Deux scénarios ont été modélisés à partir du scénario de référence :

- **Scénario de référence** → Utilisation d'un taux de croissance moyen de la volumétrie des différents métiers de l'IA de +36% par an jusqu'en 2025
 - **Scénario optimiste** → La plupart des barrières pour le développement de l'IA en santé ont été levées et les besoins des différents métiers de l'IA sont supérieurs au scénario de référence
 - **Scénario pessimiste** → Certaines barrières pour le développement de l'IA en santé n'ont pas été levées et les besoins des différents métiers de l'IA sont inférieurs au scénario de référence

Avec le scénario optimiste, on pose le postulat que le Health Data Hub est un succès total. L'effet de la qualité et de la disponibilité des données aurait ainsi un effet quatre fois plus important que dans le scénario de référence. Cela faciliterait la démonstration de la plus-value des solutions d'IA : cela se traduirait, d'une part, par une appropriation de l'IA plus rapide et plus massive par le corps médical et les patients, d'autre part, par une volonté accrue des entreprises à intégrer l'IA. Enfin, l'écosystème de santé français s'adapterait pour intégrer et financer les solutions d'IA :

1. Qualité et disponibilité des données	8+
2. Démonstration de la plus-value des solutions d'IA	++
3. Besoin de personnes qualifiées pour développer les solutions d'IA	~
4. Protection de la donnée	~
5. Besoin de définition des critères d'évaluation pour les solutions de santé comprenant de l'IA	~
6. Règles éthiques encadrant les choix de l'IA	~
7. Appropriation de l'IA par le corps médical et les patients	4+
8. Volonté des entreprises à intégrer l'IA	+++
9. Développement de l'IA dans l'écosystème de santé français	++

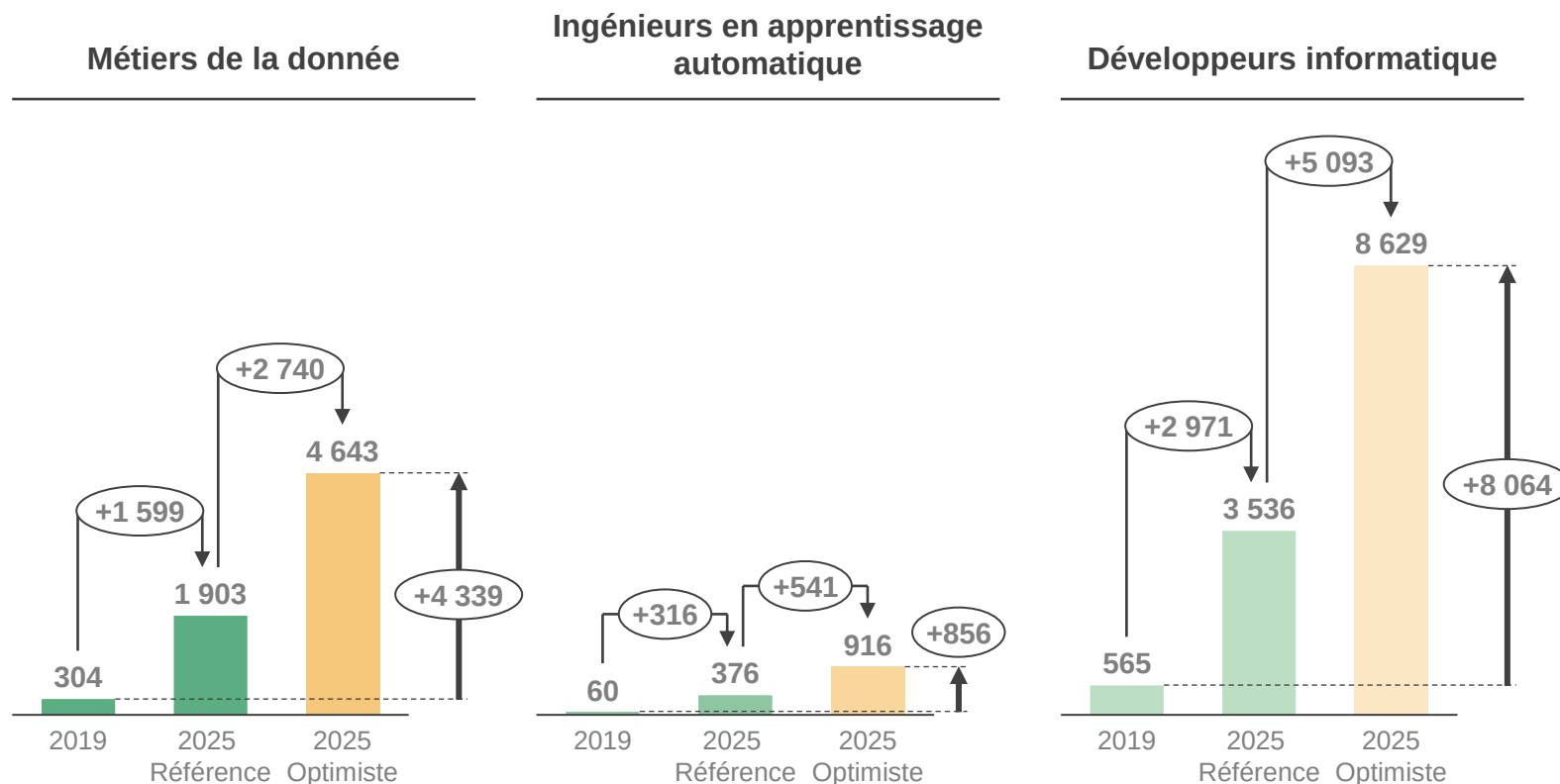
Source : Analyses AEC Partners

Estimation optimiste de la volumétrie des métiers de l'IA en santé (2/3)

Evolution du nombre d'emplois de l'IA avec le scénario optimiste

Nombre d'employés par métier / groupe de métiers de l'IA dans les entreprises d'IA en santé en France avec le scénario optimiste – 2019 & 2025

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé



Source : Analyses AEC Partners

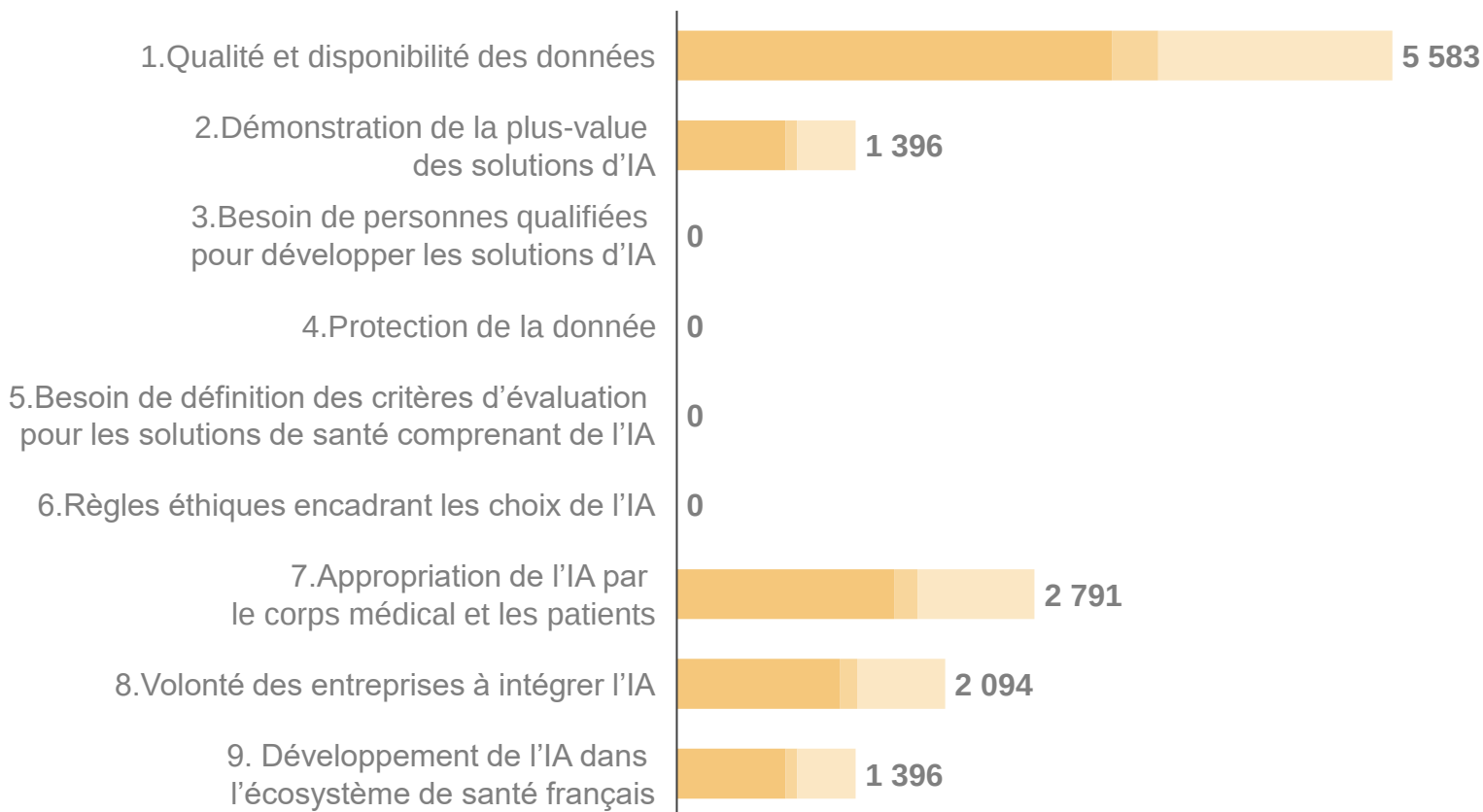
Estimation optimiste de la volumétrie des métiers de l'IA en santé (3/3)

Impact quantitatif des différents enjeux de l'IA en 2025 avec le scénario optimiste

Nombre d'emplois créés métier / groupe de métiers de l'IA selon l'enjeu – Scénario optimiste

■ Développeurs informatique ■ Ingénieurs en apprentissage automatique ■ Métiers de la donnée

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé



Source : Analyses AEC Partners

Estimation pessimiste de la volumétrie des métiers de l'IA en santé (1/3)

Définition du scénario pessimiste

Méthodologie

Scénario de référence

Scénario optimiste

Scénario pessimiste

Synthèse

Deux scénarios ont été modélisés à partir du scénario de référence :

- **Scénario de référence** → Utilisation d'un taux de croissance moyen de la volumétrie des différents métiers de l'IA de +36% par an jusqu'en 2025
 - **Scénario optimiste** → La plupart des barrières pour le développement de l'IA en santé ont été levées et les besoins des différents métiers de l'IA sont supérieurs au scénario de référence
 - **Scénario pessimiste** → Certaines barrières pour le développement de l'IA en santé n'ont pas été levées et les besoins des différents métiers de l'IA sont inférieurs au scénario de référence

Avec le scénario pessimiste, on pose le postulat que le Health Data Hub n'atteint pas ses objectifs. La qualité et la disponibilité des données seraient uniquement liées à des pilotes. En conséquence, la démonstration de la plus-value des solutions d'IA serait plus laborieuse : cela se traduirait, d'une part, par une moindre appropriation de l'IA par le corps médical et les patients, d'autre part, par une moindre volonté des entreprises à intégrer l'IA. Enfin, l'écosystème de santé français serait moins favorable à l'émergence de solutions d'IA :

- | | |
|--|-----|
| 1. Qualité et disponibilité des données | (+) |
| 2. Démonstration de la plus-value des solutions d'IA | (+) |
| 3. Besoin de personnes qualifiées pour développer les solutions d'IA | ~ |
| 4. Protection de la donnée | ~ |
| 5. Besoin de définition des critères d'évaluation pour les solutions de santé comprenant de l'IA | ~ |
| 6. Règles éthiques encadrant les choix de l'IA | ~ |
| 7. Appropriation de l'IA par le corps médical et les patients | (+) |
| 8. Volonté des entreprises à intégrer l'IA | + |
| 9. Développement de l'IA dans l'écosystème de santé français | ~ |

Source : Analyses AEC Partners

Estimation pessimiste de la volumétrie des métiers de l'IA en santé (2/3)

Evolution du nombre d'emplois de l'IA avec le scénario pessimiste

Méthodologie

Nombre d'employés par métier / groupe de métiers de l'IA dans les entreprises d'IA en santé en France avec le scénario pessimiste – 2019 & 2025

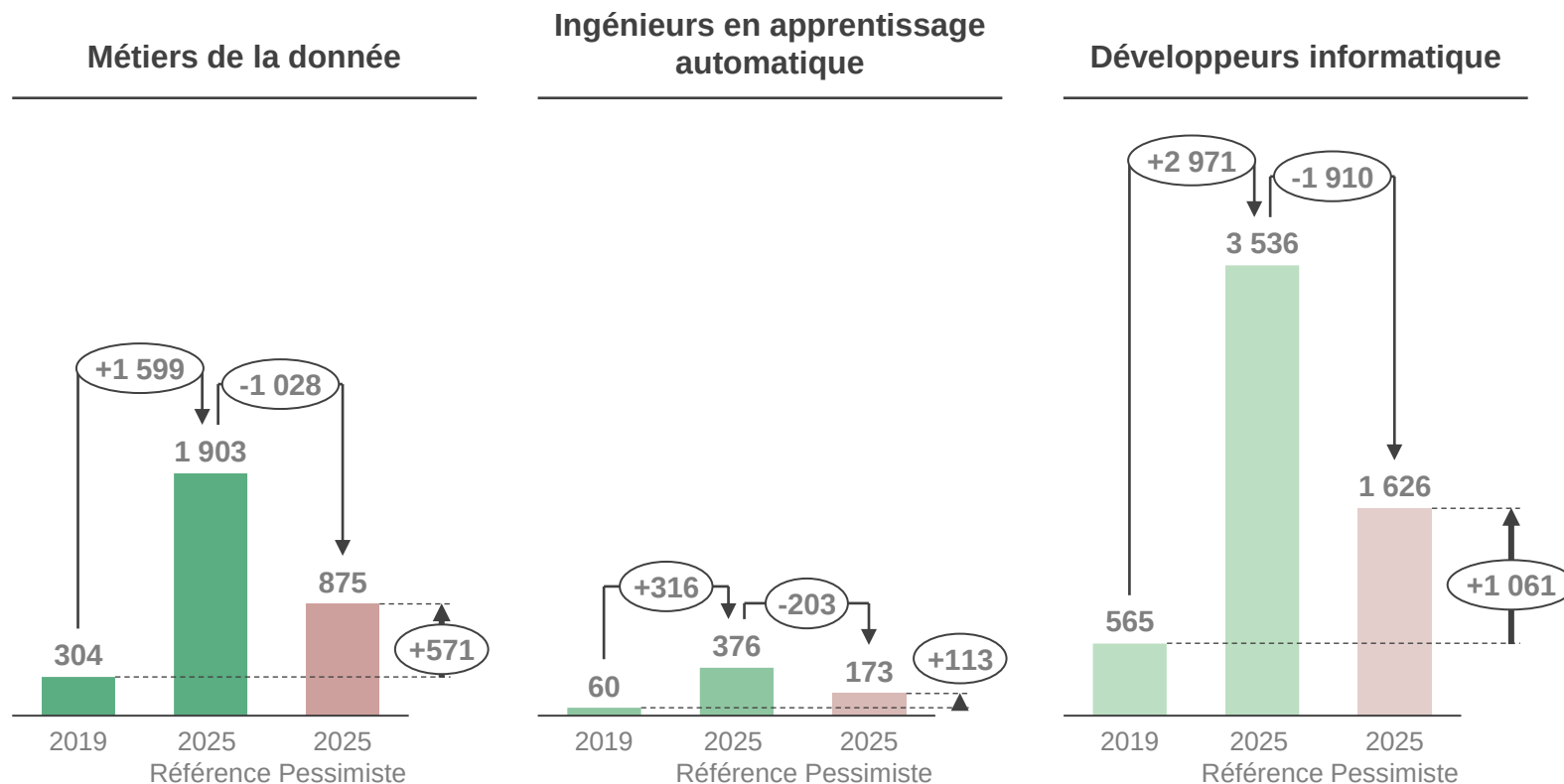
Scénario de référence

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé

Scénario optimiste

Scénario pessimiste

Synthèse



Source : Analyses AEC Partners

Estimation pessimiste de la volumétrie des métiers de l'IA en santé (3/3)

Impact quantitatif des différents enjeux de l'IA en 2025 avec le scénario pessimiste

Méthodologie

Scénario de référence

Scénario optimiste

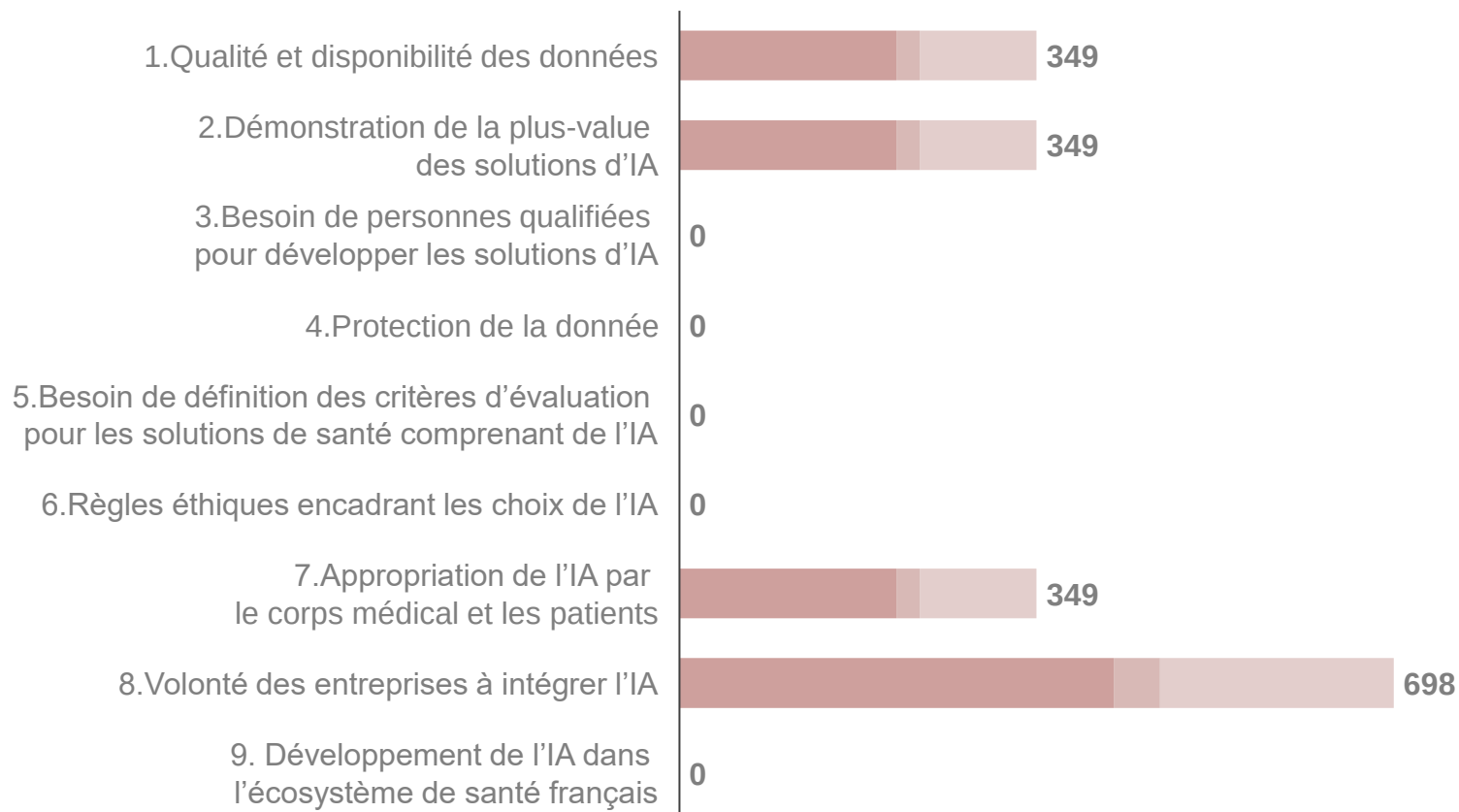
Scénario pessimiste

Synthèse

Nombre d'emplois créés métier / groupe de métiers de l'IA selon l'enjeu – Scénario pessimiste

■ Développeurs informatique ■ Ingénieurs en apprentissage automatique ■ Métiers de la donnée

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé



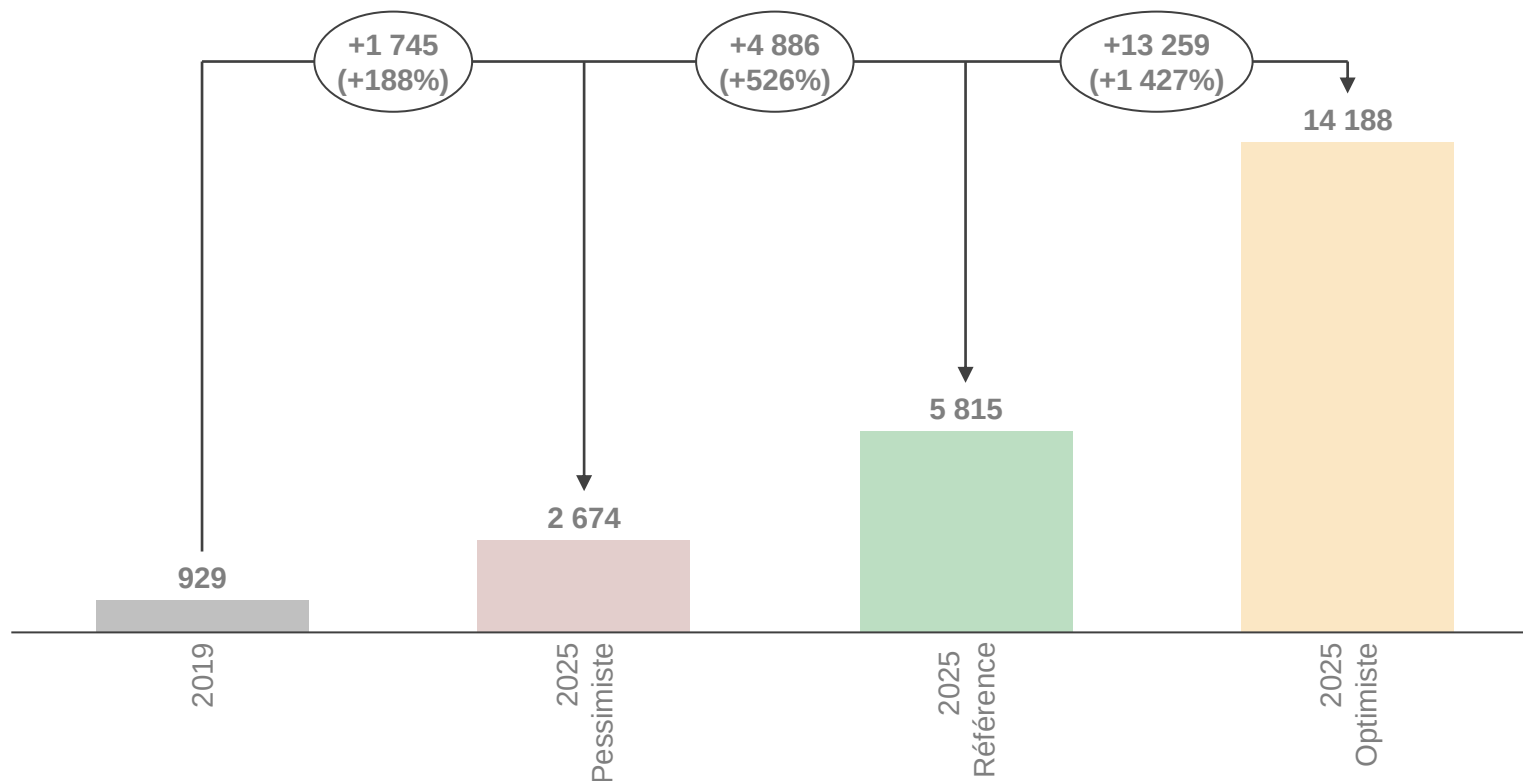
Source : Analyses AEC Partners

Comparaison des différents scénarios (1/2)

Evolution du nombre d'emplois de l'IA selon différents scénarios

Nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé en France selon différents scénarios – 2019 & 2025

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé



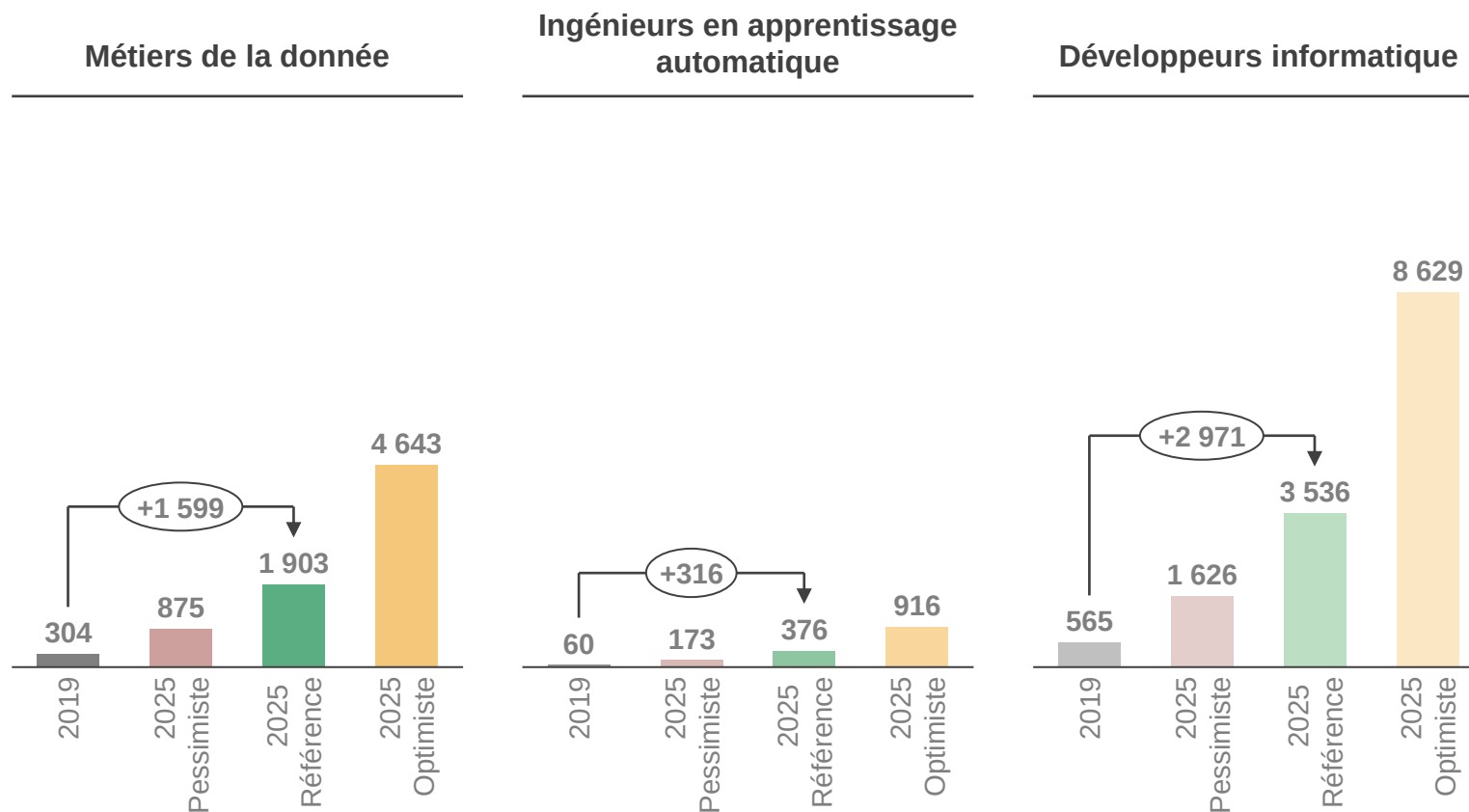
Source : Analyses AEC Partners

Comparaison des différents scénarios (2/2)

Evolution du nombre d'emplois de l'IA par métier selon différents scénarios

Nombre d'employés par métier / groupe de métiers de l'IA dans les entreprises d'IA en santé en France selon différents scénarios – 2019 & 2025

En nombre d'employés travaillant sur des solutions d'IA en santé



Source : Analyses AEC Partners



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
 - Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
 - Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
 - Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
 - Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
- **Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA**
 - Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
 - Bibliographie



Partie 5 – Avant propos et résumé

Cette partie détaille les formations académiques et non académiques délivrant des compétences nécessaires au développement des solutions d'IA. Une emphase est donnée aux formations spécialisée en santé, ou avec seulement un module.

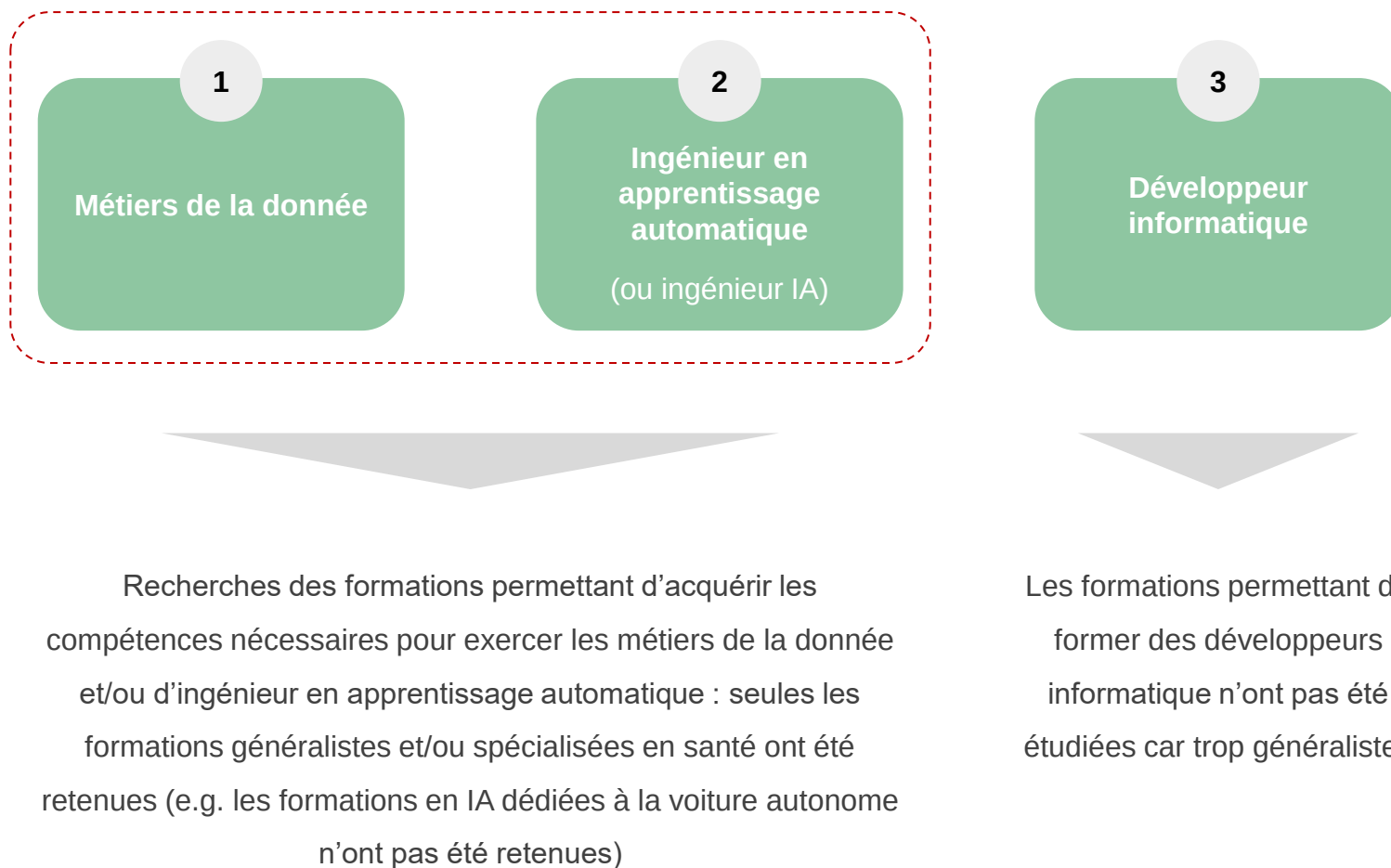
50 établissements proposent des formations en données massives / IA, dont quatre (bientôt cinq) qui proposent des formations avec des modules dédiés à la santé, voire spécialisés en santé. En sus des écoles et universités, Microsoft a ouvert 11 centres de formation dédiés à l'IA, dont un spécialisé en santé au sein du CHRU de Nancy.

Outre les formations « standard », il existe de nombreux cours sur Internet (MOOC) proposant des formations en IA, ainsi que des structures proposant des formations continues en IA.



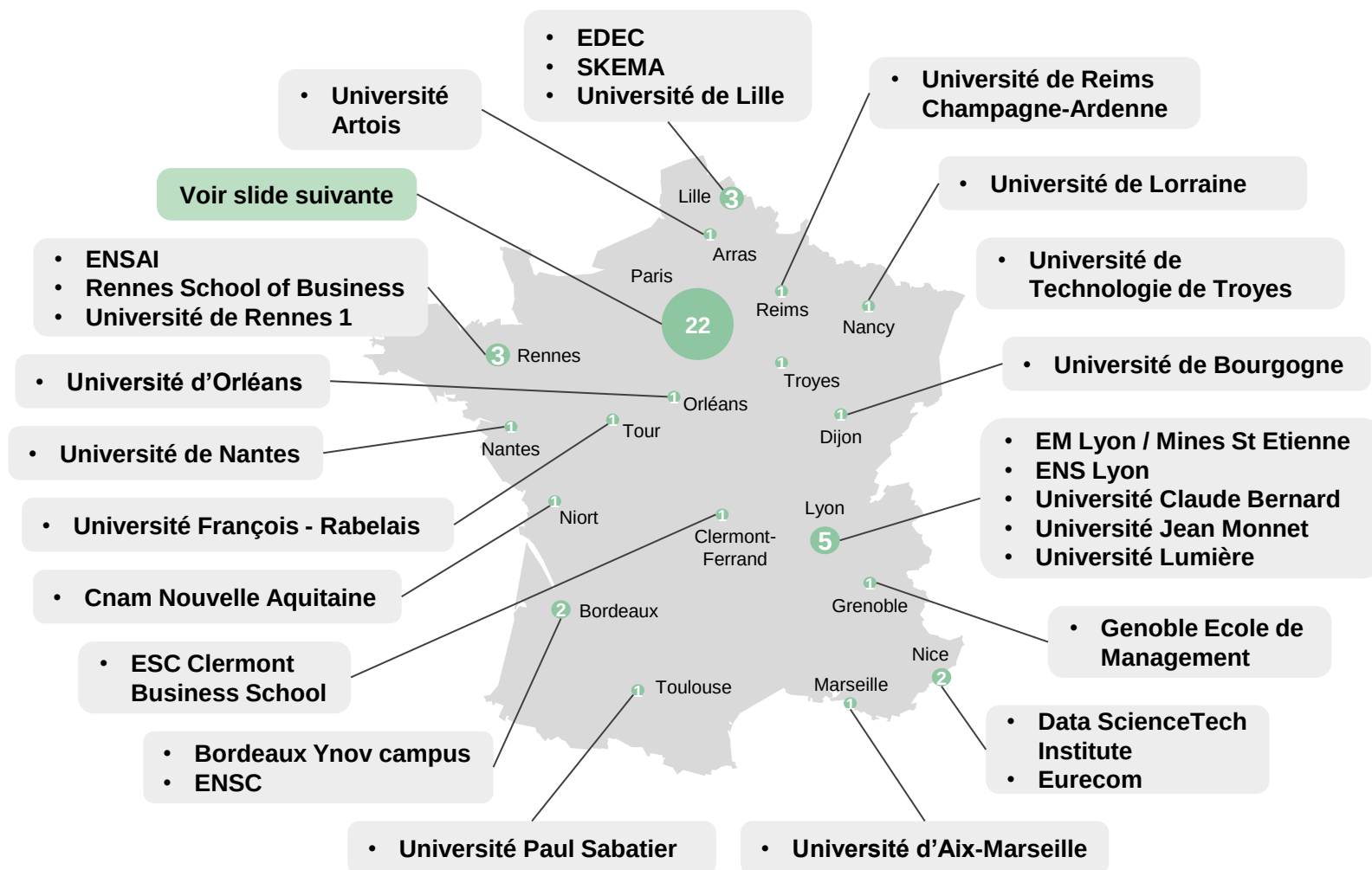
Les formations présentées dans ce document concernent les métiers de la donnée et l'ingénieur en apprentissage automatique

Périmètre de formations étudiées dans le cadre du projet



55 formations en données massives / IA sont proposées par 50 établissements éducatifs français...

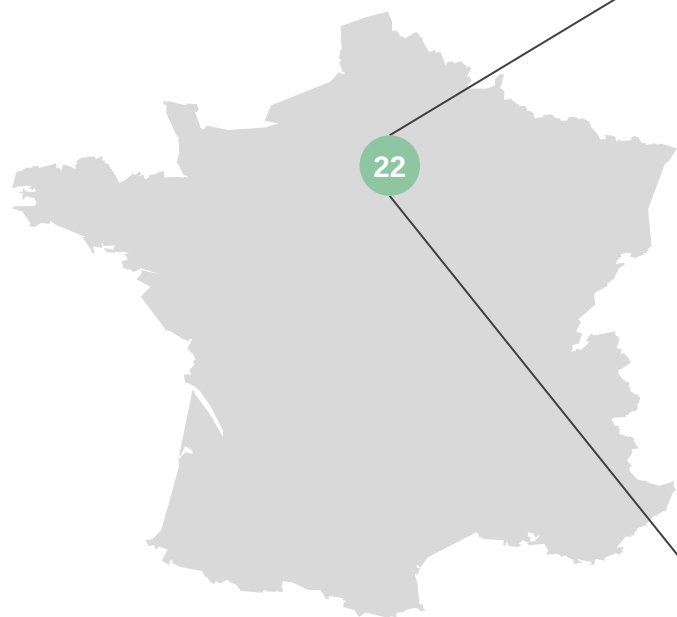
Cartographie des établissements éducatifs proposant des formations en données massives / IA



Sources : Recherches secondaires - Interviews d'experts - Analyse AEC Partners

... dont la moitié en Ile-de-France

Cartographie des établissements éducatifs proposant des formations en données massives / IA :
zoom sur Paris et l'Ile-de-France



Universités

- Institut Galilée
- Sorbonne Université – UPMC
- Université Paris Dauphine
- Université Paris Descartes
- Université Paris Sud

Ecoles d'ingénieur / informatique

- Ecole Polytechnique
- EISTI - CY Tech
- ENS Cachan
- ENS ULM
- ENSAE ParisTech
- ENSTA ParisTech
- EPITA
- ESGI
- ESIEE
- Mines ParisTech
- Telecom Paris

Ecole de commerce

- ESLSCA Business School Paris
- INSEEC
- MBA ESG
- Paris School of Business

Autre

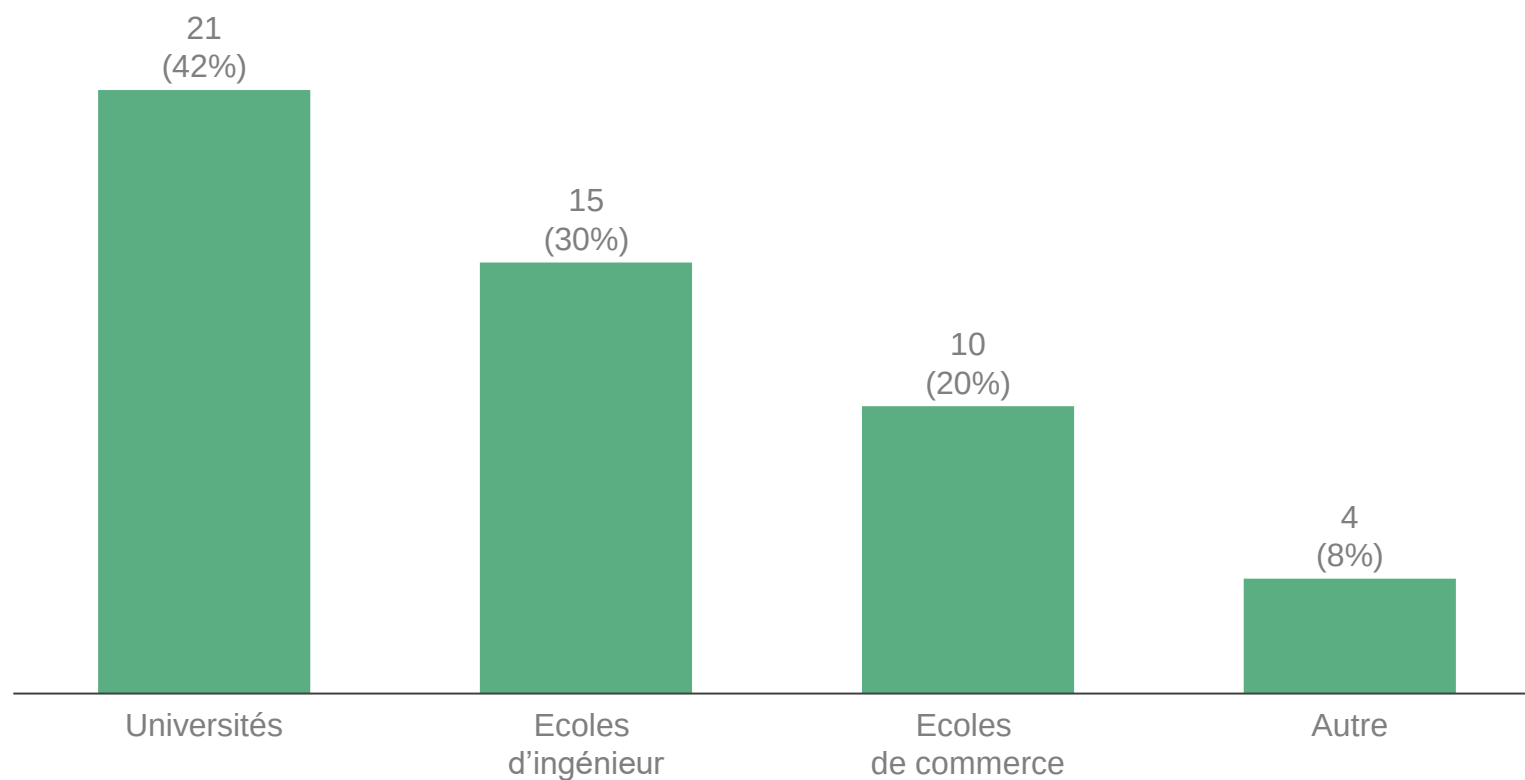
- IA School
- Institut Léonard de Vinci

Sources : Recherches secondaires - Interviews d'experts - Analyse AEC Partners

Les formations en données massives / IA sont principalement dispensées dans les universités et les écoles d'ingénieur

Répartition des établissements éducatifs proposant des formations en données massives / IA selon le type d'établissement

En nombre d'établissements



Sources : Recherches secondaires - Interviews d'experts - Analyse AEC Partners

Quatre établissements éducatifs proposent 5 formations en données massives / IA avec des modules dédiés à la santé, voire spécialisés en santé : une 6^{ème} sera accessible à partir d'octobre 2020

Liste des établissements éducatifs proposant des formations en données massives / IA avec des modules dédiés à la santé, voire spécialisés en santé



EM Lyon / Mines Saint Etienne

MSc in Health Management & Data Intelligence



ENS ULM / Université Paris-Descartes / EHESS

Master Cogmaster (Sciences cognitives)



Université de Rennes 1

Master 2 Sciences des Données en Santé



Université Paris Descartes

Master Informatique –
Parcours : Intelligence artificielle distribuée



Université Paris Descartes

DU Intelligence artificielle IA appliquée en santé

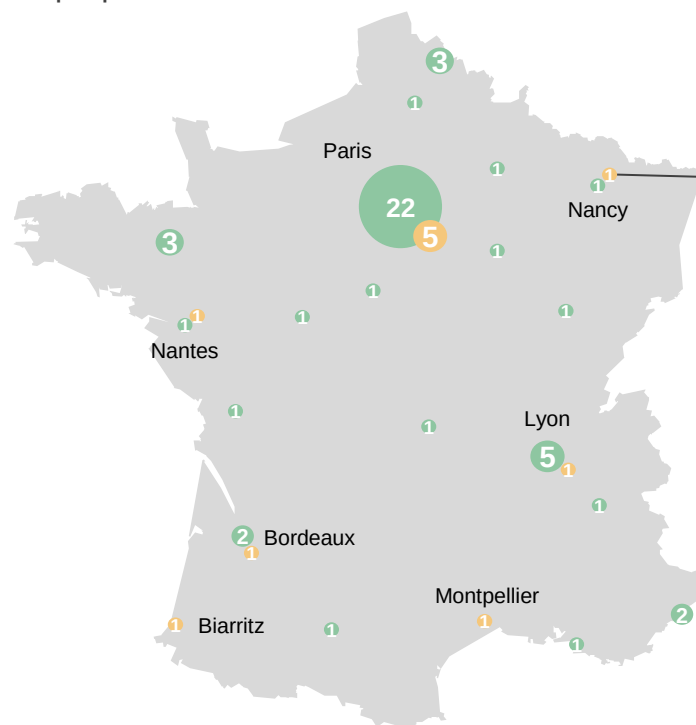
L'**Université de Bourgogne** va proposer un DU « Intelligence Artificielle Santé » en partenariat avec Cesi École d'ingénieurs, le CHU de Dijon, le Centre Georges-François Leclerc et le pôle de compétitivité des industries de santé régional BFCare. Il accueillera 20 personnes à partir d'octobre 2020.

Sources : *Recherches secondaires* - Tic Santé. L'université de Bourgogne propose un diplôme universitaire d'intelligence artificielle en santé (2020) (<https://bit.ly/3gVr3cH>) - *Interviews d'experts* - Analyse AEC Partners

En sus des écoles et universités, Microsoft a ouvert 11 centres de formation dédiés à l'IA

Cartographie des Ecoles IA Microsoft et des établissements éducatifs proposant des formations en données massives / IA

- Etablissements éducatifs proposant des formations en données massives / IA
- Ecoles IA Microsoft



La première Ecole IA Microsoft dédiée à la santé a été inaugurée le 13 février 2020 : elle sera localisée au sein du CHRU de Nancy. 24 personnes y seront formées chaque année

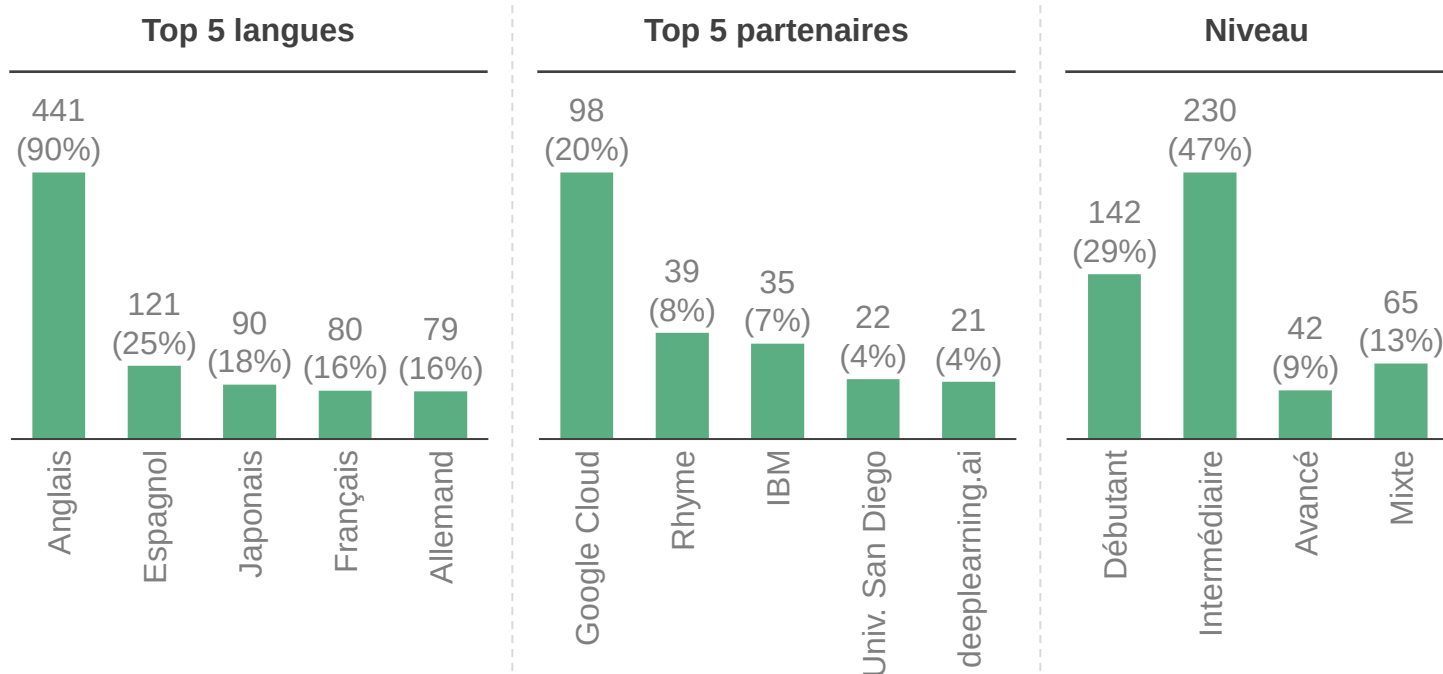
Microsoft a inauguré en mars 2018 une école unique et alternative : l'Ecole IA Microsoft powered by Simplon (entreprise sociale et solidaire de formation au numérique). Cette école s'adresse aux personnes ayant des connaissances en langage de programmation et en mathématiques sans prérequis de diplôme ou d'âge, et leur propose de bénéficier d'une spécialisation en IA. L'objectif est d'atteindre une vingtaine d'écoles en 2020 avec plus de 500 élèves.

Sources : Microsoft (<https://bit.ly/39QM2ZS> ; <https://bit.ly/38AQL0t>) - Interviews d'experts - Analyse AEC Partners

Outre les formations « standard », il existe de nombreux cours sur Internet (MOOC) proposant des formations en IA ...

La plateforme coursera.org propose des formations en ligne gratuites (appelées Massive Open Online Course en anglais et souvent abrégé MOOC) : en mars 2020, la plateforme proposait **489 cours en ligne portant sur l'IA**. L'un des plus populaires est le cours dispensé par Andrew Ng (cofondateur de coursera.org et ex Baidu & ex Google Brain) avec 2,8 millions d'inscrits.

Caractéristiques des MOOC portant sur l'IA disponibles sur coursera.org



Outre coursera.org, le CNAM propose des MOOC sur la plateforme fun-mooc.fr. Enfin, le MOOC « Elements of AI », créé à l'initiative du gouvernement finlandais, compte plus de 350 000 inscrits

Sources : coursera.org (<https://bit.ly/2Azko6W>) - fun-mooc.fr - elementsofai.com - France Num. Comment se former à l'intelligence artificielle (<https://bit.ly/2WabZ2Q>) - Les Echos START. 10 MOOC de prestigieuses universités américaines à découvrir (2017) (<https://bit.ly/38GKLU4>) - Interviews d'experts - Analyse AEC Partners



... et des structures proposant des formations continues en IA

Les formations continues permettent (1) d'éduquer les employés vis-à-vis de l'IA et (2) de former les plus appétents à utiliser des solutions IA, voire à en développer.

Des structures privées comme **DataScientest.com** proposent des formations continues en IA, notamment à destination des personnes déjà en poste dans des entreprises qui ont envie de faire évoluer leurs équipes. Ce type de formation propose par exemple d'apprendre en faisant car elle allie des cours en ligne et la possibilité de réaliser un projet utile à l'entreprise avec un fort accompagnement des formateurs (séance de coaching collectif, support live chat dédié, etc.). Cette formation a la possibilité d'être validée par l'Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne.

Sorbonne Université (ex UPMC) propose un DU permettant d'acquérir une connaissance généralisée de l'IA. Il donne accès à 98 heures de formation réparties entre octobre et avril, à raison de 2 heures par mois. Les frais d'inscription s'élèvent à 8 000 €. La première promotion (2018-2019) a accueilli 17 personnes : toutes avaient au moins un bac +5.

Polytechnique propose également une formation certifiante en IA ciblant principalement des profils techniques : *Advanced AI for Data Analysis*. Elle donne accès à 11 jours de formation en juin et juillet. Les frais d'inscription s'élevaient à 12 000 € en 2019.

Sources : DataScientest (<https://datascientest.com/home>) - Sorbonne Université. Machine learning et intelligence artificielle – Formation continue (<https://bit.ly/2UbdEUB>) - Ecole Polytechnique. Advanced AI for Data Analysis (<https://bit.ly/2wyLVnB>) - Usine Nouvelle. Comment se former à l'intelligence artificielle (2019) (<https://bit.ly/3djHZaZ>) - Analyse AEC Partners



Recommandations pour répondre aux besoins en compétences IA en santé en France et adapter l'offre de formation

Besoins en compétences et offre de formation – Rappel du contexte

Dans le domaine de la santé, si le nombre d'experts de la donnée et d'ingénieurs IA semble suffisant, il existe un déficit de développeur informatique. Par ailleurs, pour les métiers de la donnée et ingénieurs IA comme pour les développeurs informatique, l'offre de formation répond globalement aux attentes des industries de santé : une meilleure compréhension de l'écosystème de santé pourrait accélérer le développement de solutions d'IA en santé.



Besoins en compétences et offre de formation pour les métiers de la donnée / ingénieur IA – Recommandations

- **Renforcer l'expertise « métier santé / connaissance du monde de la santé »**, en proposant des conférences (formations initiales et continues) en partenariat avec des entreprises / experts en santé, qui présentent :
 - Enjeux du système de santé français
 - Applications concrètes d'IA en santé pour les professionnels de santé / patients (*innovation*) et pour l'optimisation des industries de santé de la recherche à la commercialisation (*efficience*)
- **Favoriser la formation continue des personnes travaillant déjà avec un grand nombre de données** car ce sont les plus aptes et avec une appétence forte pour développer des solutions d'IA : ces personnes pourraient développer une expertise pour les métiers de la donnée



Besoins en compétences et offre de formation pour développeur informatique – Recommandations

- **Augmenter le nombre de développeurs informatique, notamment dans les écoles d'ingénieur – en développant les responsabilités d'un développeur et en intégrant ces responsabilités dans leur formation :**
 - Management de projet, afin qu'ils soient autonomes dans leur développement
 - Capacité à rédiger un cahier des charges et/ou renforcer l'esprit critique sur la réalisation du cahier des charges
- **Créer une filière de développeurs informatique dans le domaine de la santé** en intégrant aux écoles d'ingénieur dès la première année une spécialisation en santé, avec des modules pour notamment étudier les applications dans le domaine de la santé (*e.g. industries de santé, systèmes de soins, centres de recherche*), les enjeux du système de santé français et les réglementations en vigueur



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
- Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
- Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
- Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
- Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
- Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
- **Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA**
- Bibliographie

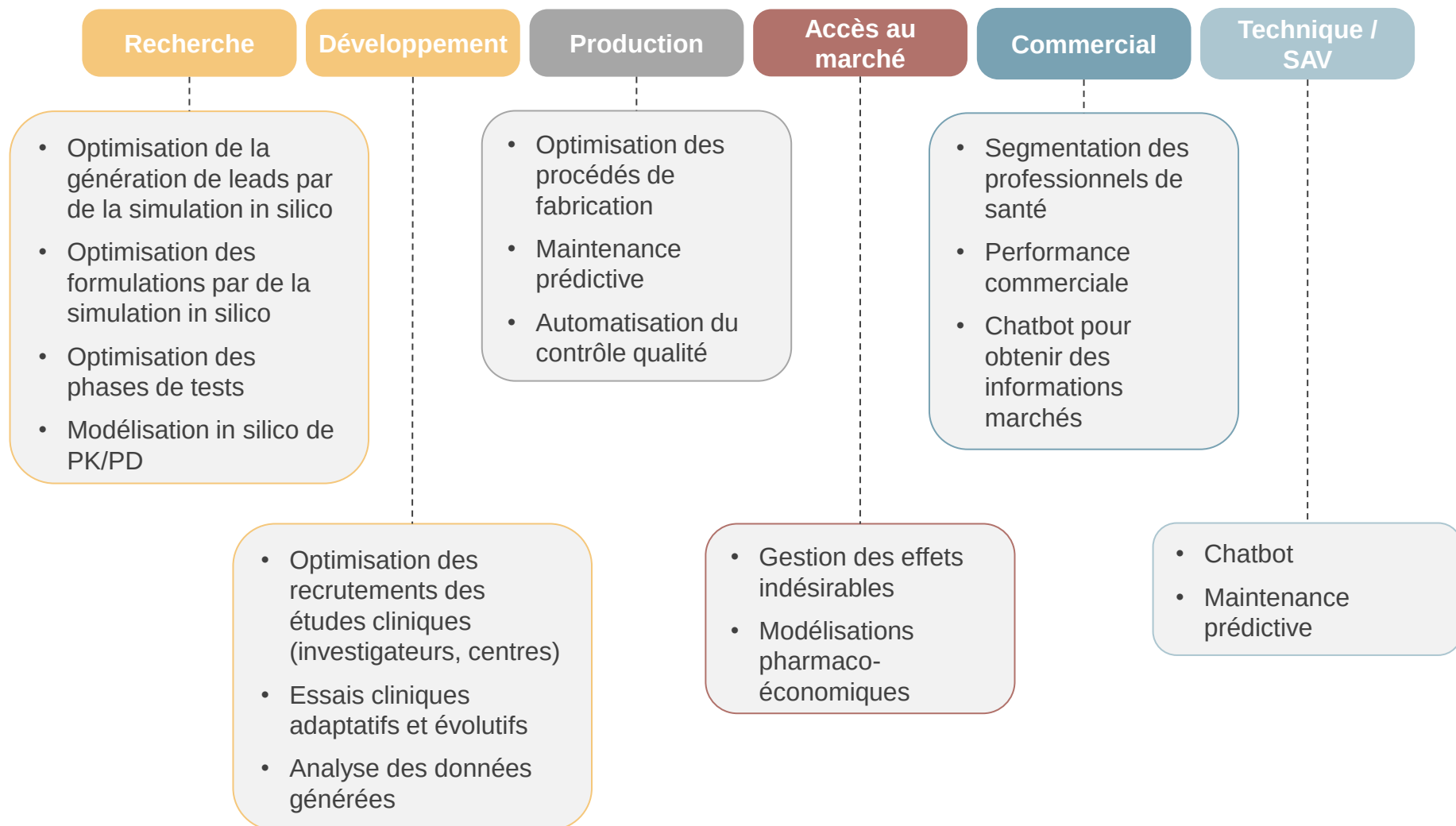


Partie 6 – Avant propos et résumé

Cette partie évalue l'impact potentiel de l'IA sur les différents métiers des industries de santé.

Les solutions actuellement développées, voire commercialisées, par les startups et les multinationales permettent de répondre à des problématiques présentes sur l'ensemble de la chaîne de valeur des industries de santé, de la recherche à la commercialisation, en passant par le développement, la production, l'accès au marché et le service après-vente.

L'IA a un impact sur toutes les briques de la chaîne de valeur des industries de santé



Source : Analyses AEC Partners

Les métiers des différentes industries de santé ont été compilés – ces métiers peuvent être impactés par le développement de l'IA (1/2)



Recherche & Développement

Recherche :

- Technicien-ne R&D
- Chargé-e de recherche
- Technicien-ne formulation
- Responsable formulation
- Ingénieur R&D Mécanique / Systèmes
- Bio-informaticien-ne
- Responsable de la veille scientifique et technique
- Responsable d'équipe de recherche
- Responsable de projets R&D
- Responsable de département R&D

Développement :

- Technicien-ne prototype
- Attaché-e de Recherche Clinique / ARC Manager
- Coordinateur-trice d'études cliniques
- Directeur-trice / Responsable des affaires médicales / pharmaceutiques
- Responsable médical

des études cliniques

- Responsable opérationnel des études cliniques
- Responsable du développement clinique
- Rédacteur-trice médical
- Responsable conseil brevet
- Dessinateur-trice projeteur-trice
- Pharmacocinéticien

Biométrie / Data

management :

- Bio-statisticien-ne
- Bio-statisticien-ne Senior
- Data Manager (Gestionnaire de bases de données biomédicales)
- Data scientist (Ingénieur base de données)



Production

Fabrication /

conditionnement :

- Opérateur-trice de production / nettoyage / conditionnement
- Conducteur-trice de ligne de conditionnement
- Conducteur-trice de procédé de fabrication
- Animateur-trice d'équipe fabrication / conditionnement
- Pilote référent fabrication / conditionnement
- Responsable d'un secteur de fabrication et/ou de conditionnement
- Directeur-trice de site industriel

Logistique industrielle :

- Acheteur-euse / Responsable des achats industriels
- Agent de planning / ordonnancement
- Responsable planning /

ordonnancement

- Responsable logistique
- Responsable magasin-réception-distribution
- Technicien-ne logistique / supply-chain
- Responsable supply-chain

Organisation ingénierie maintenance:

- Technicien-ne amélioration continue
- Coordinateur-trice/ Responsable d'amélioration continue
- Technicien-ne de maintenance
- Responsable maintenance
- Technicien-ne en métrologie et instrumentation / métrologue
- Responsable transposition industrielle

Les métiers des différentes industries de santé ont été compilés – ces métiers peuvent être impactés par le développement de l'IA (2/2)



Accès au marché

Information médicale :

- Responsable médical en région / MSL

Vigilance sanitaire :

- Pharmacovigilant-e / Matérovigilant-e / Réactovigilant-e
- Chargé-e / Responsable de pharmacovigilance / matériovigilance / réactovigilance

Affaires réglementaires :

- Chargé-e / Responsable des affaires réglementaires

Accès au marché:

- Responsable / Directeur-trice d'accès au marché
- Responsable étude pharmaco-économiques
- Responsable études épidémiologiques

Commercial

Administration :

- Responsable efficacité commerciale (SFE)

Information promotionnelle :

- Délégué-e hospitalier
- Chargé-e de l'information promotionnelle du médicament
- Directeur-trice de l'information promotionnelle du médicament

Marketing :

- Chef de gamme
- Chef de projet santé
- Directeur-trice marketing
- Responsable marketing
- Responsable médical

Ventes :

- Ingénieur études et implantation
- Ingénieur commercial
- Directeur-trice commercial
- Directeur-trice régional des ventes

Technique / SAV

Formation :

- Ingénieur d'application
- Spécialiste clinique

Maintenance :

- Directeur-trice des services techniques
- Ingénieur / technicien de maintenance itinérant
- Technicien SAV sédentaire
- Responsable SAV
- Coordinateur-trice régional
- Assistant-e technique



Digital / Data

Informatique appliquée :

- Responsable applications médicales et connectivité
- Chef de projet solutions digitales et efficacité commerciale
- Développeur logiciels embarqués
- Ingénieur informatique / architecte solutions digitales

L'IA pourrait impacter significativement les métiers de la recherche – les solutions IA existantes sont notamment pour l'optimisation de *leads*

R&D

Production

Accès au
marché

Commercial

Technique /
SAV

Digital / Data

Impact potentiel de l'IA sur les métiers des industries de santé :

Métiers	Impact IA	Impact direct / indirect *	Commentaires
Technicien-ne R&D	Oui	Indirect	Potentiellement moins d'expériences à réaliser
Chargé-e de recherche	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour l'optimisation de lead par de la simulation <i>in silico</i>
Technicien-ne formulation	Oui	Indirect	Potentiellement moins d'expériences à réaliser
Responsable formulation	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour l'optimisation des formulations par de la simulation <i>in silico</i>
Ingénieur R&D Mécanique / Systèmes	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour l'optimisation des phases de tests / des plans d'expérience
Bio-informaticien-ne	Oui	Direct	Déjà impacté par l'IA
Responsable de la veille scientifique et technique	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour l'automatisation de la veille
Responsable d'équipe de recherche	Oui	Indirect	Impact modéré => Utilisation de solutions IA (e.g. organisation de la connaissance dans un champ spécifique de recherche, étude de la structure d'un anticorps pour optimisation)
Responsable de projets R&D	Oui	Indirect	
Responsable de département R&D	Non	-	-

* **Impact direct** → métier qui utilise personnellement, ou va utiliser dans les 3-5 prochaines années, des solutions d'IA

Impact indirect → métier qui manage des personnes impactées directement par l'IA ou qui voit son activité augmenter ou diminuer du fait de l'utilisation de l'IA

Sources : Sessions de travail avec des métiers des industries de santé - Analyses AEC Partners

En développement, l'IA impacte notamment le recrutement des études cliniques, la recherche de brevets et la modélisation de pharmacocinétique

R&D

Production

Accès au marché

Commercial

Technique / SAV

Digital / Data

Impact potentiel de l'IA sur les métiers des industries de santé :

Métiers	Impact IA	Impact direct / indirect *	Commentaires
Technicien-ne prototype	Non	-	-
Attaché-e de Recherche Clinique / ARC Manager	Oui	Direct	Détection de potentielles anomalies dans les centres, dans une étude
Coordinateur-trice d'études cliniques	Oui	Direct	Optimisation des recrutements des études cliniques (investigateurs, centres) – Gestion du risque
Directeur-trice / Responsable des affaires médicales / pharmaceutiques	Oui	Indirect	Impact de l'IA par les coordinateurs d'études cliniques, avec les remontées d'effets indésirables
Responsable médical des études cliniques	Oui	Indirect	-
Responsable opérationnel des études cliniques	Oui	Indirect	-
Responsable du développement clinique	Oui	Indirect	-
Rédacteur-trice médical	Oui	Direct	Automatisation de la rédaction des rapports standardisés (veille scientifique, résultats)
Responsable conseil brevet	Oui	Direct	Recherche automatisée d'informations, brevets (affiner les recherches)
Dessinateur-trice projeteur-trice	Non	-	
Pharmacocinéticien	Oui	Direct	Modélisation in silico de PK/PD, analyses de données

* **Impact direct** → métier qui utilise personnellement, ou va utiliser dans les 3-5 prochaines années, des solutions d'IA

Impact indirect → métier qui manage des personnes impactées directement par l'IA ou qui voit son activité augmenter ou diminuer du fait de l'utilisation de l'IA

Sources : Sessions de travail avec des métiers des industries de santé - Analyses AEC Partners

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020



Tous les métiers de biométrie / data management sont déjà impactés

R&D

Production

Accès au
marché

Commercial

Technique /
SAV

Digital / Data

Impact potentiel de l'IA sur les métiers des industries de santé :

Métiers	Impact IA	Impact direct / indirect *	Commentaires
Bio-statisticien-ne	Oui	Direct	Déjà impacté par l'IA
Bio-statisticien-ne Senior	Oui	Direct	Déjà impacté par l'IA
Data Manager (Gestionnaire de bases de données biomédicales)	Oui	Direct	Déjà impacté par l'IA
Data scientist (Ingénieur base de données)	Oui	Direct	Déjà impacté par l'IA

*** Impact direct →**
métier qui utilise
personnellement, ou
va utiliser dans les 3-5
prochaines années,
des solutions d'IA

Impact indirect →
métier qui manage des
personnes impactées
directement par l'IA ou
qui voit son activité
augmenter ou
diminuer du fait de
l'utilisation de l'IA

Sources : Sessions de travail avec des métiers des industries de santé - Analyses AEC Partners

Pour la Fabrication / Conditionnement, certains métiers pourraient utiliser des solutions IA pour optimiser les procédés

R&D

Production

Accès au
marché

Commercial

Technique /
SAV

Digital / Data

Impact potentiel de l'IA sur les métiers des industries de santé :

Métiers	Impact IA	Impact direct / indirect *	Commentaires
Opérateur-trice de production / nettoyage / conditionnement	Non	-	-
Conducteur-trice de ligne de conditionnement	Non	-	-
Conducteur-trice de procédé de fabrication	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour optimiser les procédés de fabrication
Animateur-trice d'équipe fabrication / conditionnement	Non	-	-
Pilote référent fabrication / conditionnement	Non	-	-
Responsable d'un secteur de fabrication et/ou de conditionnement	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour optimiser les procédés de fabrication
Directeur-trice de site industriel	Non	-	-

*** Impact direct →**
métier qui utilise personnellement, ou va utiliser dans les 3-5 prochaines années, des solutions d'IA

Impact indirect →
métier qui manage des personnes impactées directement par l'IA ou qui voit son activité augmenter ou diminuer du fait de l'utilisation de l'IA

Sources : Sessions de travail avec des métiers des industries de santé - Analyses AEC Partners

Concernant l'organisation Ingénierie Maintenance, certains métiers pourraient utiliser des solutions IA pour la maintenance prédictive & l'amélioration de certains procédés

R&D

Production

Accès au
marché

Commercial

Technique /
SAV

Digital / Data

Impact potentiel de l'IA sur les métiers des industries de santé :

Métiers	Impact IA	Impact direct / indirect *	Commentaires
Technicien-ne amélioration continue	Oui	Indirect	Impacté par l'utilisation de solutions IA par le responsable
Coordinateur-trice/ Responsable d'amélioration continue	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour l'amélioration continue des procédés
Technicien-ne de maintenance	Oui	Indirect	Impacté par l'utilisation de solutions IA par le responsable
Responsable maintenance	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour la maintenance prédictive
Technicien-ne en métrologie et instrumentation / métrologue	Non	-	-
Responsable transposition industrielle	Non	-	-

*** Impact direct →**
métier qui utilise personnellement, ou va utiliser dans les 3-5 prochaines années, des solutions d'IA

Impact indirect →
métier qui manage des personnes impactées directement par l'IA ou qui voit son activité augmenter ou diminuer du fait de l'utilisation de l'IA

Sources : Sessions de travail avec des métiers des industries de santé - Analyses AEC Partners

Tous les métiers de l'Information Médicale et du Réglementaire peuvent être impactés s'ils utilisent des solutions d'IA pour faciliter leurs activités ou si l'entreprise a un produit intégrant de l'IA

R&D

Production

Accès au
marché

Commercial

Technique /
SAV

Digital / Data

Impact potentiel de l'IA sur les métiers des industries de santé :

Métiers	Impact IA	Impact direct / indirect *	Commentaires
Responsable médical en région / MSL	Oui	Indirect	Impacté par l'utilisation de solutions IA pour la segmentation
Pharmacovigilant-e / Matéiovigilant-e / Réactovigilant-e	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour la gestion d'effets indésirables
Chargé-e / Responsable de pharmacovigilance / matéiovigilance / réactovigilance	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour la gestion d'effets indésirables
Chargé-e / Responsable des affaires réglementaires	Oui	Direct	Impacté si l'entreprise a un produit comprenant de l'IA (notamment dans les entreprises des dispositifs médicaux) Utilisation de solutions IA pour l'aide à la traduction l'aide à l'archivage
Responsable / Directeur-trice d'accès au marché	Oui	Direct	Impacté si l'entreprise a un produit comprenant de l'IA (notamment dans les entreprises des dispositifs médicaux)
Responsable étude pharmaco-économiques	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour des modélisations pharmaco-économiques
Responsable études épidémiologiques	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour la gestion et le traitement de données épidémiologiques

* **Impact direct** → métier qui utilise personnellement, ou va utiliser dans les 3-5 prochaines années, des solutions d'IA

Impact indirect → métier qui manage des personnes impactées directement par l'IA ou qui voit son activité augmenter ou diminuer du fait de l'utilisation de l'IA

Sources : Sessions de travail avec des métiers des industries de santé - Analyses AEC Partners

Les métiers de la Promotion / Commercialisation peuvent être impactés par l'utilisation d'outils permettant de mieux connaître les « clients »

R&D

Production

Accès au
marché

Commercial

Technique /
SAV

Digital / Data

Impact potentiel de l'IA sur les métiers des industries de santé :

Métiers	Impact IA	Impact direct / indirect *	Commentaires
Responsable efficacité commerciale (SFE)	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour optimiser la segmentation, pour l'analyse d'impact de stratégie multicanal, pour le suivi de la performance
Chef de gamme	Oui	Indirect	-
Chef de projets santé	Oui	Indirect	-
Directeur-trice marketing	Oui	Indirect	Gestion de la segmentation
Responsable marketing	Oui	Indirect	Gestion de la segmentation
Responsable médical	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour générer des données en vie réelle
Délégué-e hospitalier	Oui	Indirect	Utilisation de solutions IA comme l'assistant virtuel
Chargé-e de l'information promotionnelle du médicament	Oui	Indirect	Utilisation de solutions IA comme l'assistant virtuel
Directeur-trice de l'information promotionnelle du médicament	Oui	Indirect	Utilisation de solutions IA comme l'assistant virtuel
Ingénieur études et implantation	Oui	Indirect	Utilisation de solutions IA comme l'assistant virtuel
Ingénieur commercial	Oui	Indirect	Utilisation de solutions IA comme l'assistant virtuel
Directeur-trice commercial	Oui	Indirect	Utilisation de solutions IA pour une meilleure connaissance client
Directeur-trice régional des ventes	Oui	Indirect	Utilisation de solutions IA pour l'optimisation de l'efficacité dans la gestion des forces de ventes

** Impact direct → métier qui utilise personnellement, ou va utiliser dans les 3-5 prochaines années, des solutions d'IA*

Impact indirect → métier qui manage des personnes impactées directement par l'IA ou qui voit son activité augmenter ou diminuer du fait de l'utilisation de l'IA

Les métiers de la Technique / SAV sont quant à eux moins impactés par l'IA

Impact potentiel de l'IA sur les métiers des industries de santé :

Métiers	Impact IA	Impact direct / indirect *	Commentaires
Ingénieur d'application	Non	-	<i>Sauf si produit comprenant de l'IA</i>
Spécialiste clinique	Non	-	-
Directeur-trice des services techniques	Oui	Direct	Utilisation de solutions IA pour la maintenance prédictive
Ingénieur / technicien de maintenance itinérant	Oui	Indirect	Utilisation de solutions IA pour la maintenance prédictive
Technicien SAV sédentaire	Non	-	-
Responsable SAV	Non	-	-
Coordinateur-trice régional	Non	-	-
Assistant-e technique	Non	-	-

* **Impact direct** →
métier qui utilise
personnellement, ou
va utiliser dans les 3-5
prochaines années,
des solutions d'IA

Impact indirect →
métier qui manage des
personnes impactées
directement par l'IA ou
qui voit son activité
augmenter ou
diminuer du fait de
l'utilisation de l'IA

Sources : Sessions de travail avec des métiers des industries de santé - Analyses AEC Partners

Enfin, les métiers du Digital / Data sont déjà fortement impactés par l'IA car déjà dans l'environnement de la gestion de grand nombre de données

Impact potentiel de l'IA sur les métiers des industries de santé :

Métiers	Impact IA	Impact direct / indirect *	Commentaires
Responsable applications médicales et connectivité	Oui	Direct	Déjà impacté par l'IA
Chef de projet solutions digitales et efficacité commerciale	Non	Direct	Déjà impacté par l'IA
Développeur logiciels embarqués	Oui	Indirect	Déjà impacté par l'IA
Ingénieur informatique / architecte solutions digitales	Oui	Direct	Déjà impacté par l'IA

- R&D
- Production
- Accès au marché
- Commercial
- Technique / SAV
- Digital / Data**

*** Impact direct →**
 métier qui utilise personnellement, ou va utiliser dans les 3-5 prochaines années, des solutions d'IA

Impact indirect →
 métier qui manage des personnes impactées directement par l'IA ou qui voit son activité augmenter ou diminuer du fait de l'utilisation de l'IA

Source : Analyses AEC Partners



Agenda

- Résumé et synthèse des recommandations
 - Définition et environnement de l'IA : la France a pleinement conscience du potentiel de l'IA en santé et fait partie des leaders dans le domaine
 - Cartographie des entreprises d'IA en santé en France & métiers associés : près de 100 startups et 18 multinationales développent des solutions d'IA en santé
 - Perspectives d'évolution de l'IA en santé en France : l'évolution de l'IA en santé dans les 5 prochaines années dépend de 9 enjeux principaux
 - Estimation de la volumétrie des métiers de l'IA en santé : environ 5 000 emplois directement liés à la programmation de solutions d'IA en santé devraient être créés d'ici 2025
 - Formations actuelles en IA et écarts par rapport aux besoins : 50 établissements proposent des formations en données massives / IA
 - Métiers des industries en santé impactés par l'IA : les métiers seront impactés principalement par l'intégration de nouveaux outils utilisant de l'IA
- **Bibliographie**



Bibliographie (1/8)

1. AI4EU (<https://www.ai4eu.eu/>)
2. Allied Market Research. Artificial Intelligence Market - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2018-2025 (2018) (<https://bit.ly/2t4Qq7N>)
3. AP-HP. La task force data Covid-19 de l'AP-HP se révèle être une véritable "force de frappe« (2020) (<https://bit.ly/2yuzMkx>)
4. E. Awad et al. Nature 563, 59-64 (2018)
5. Le big data. Health Data Hub : tout sur la plateforme française de données de santé (2019) (<https://bit.ly/301JYfU>)
6. Bloomberg. Alphabet's DeepMind Takes on Billion-Dollar Debt and Loses \$572 Million (2019) (<https://bloom.bg/37ghPIU>)
7. Buzz eSanté. Google lance son intelligence artificielle en santé "Medical Brain" (2019) (<https://bit.ly/36g4sAW>)
8. Canada.ai. Trudeau Liberals Pledge \$150 Million Toward Big Data Cancer Research Initiative (2019) (<https://bit.ly/2QXEJYp>)
9. A.A. Casilli et al. Le Micro-travail en France. Derrière l'automatisation de nouvelles précarités au travail ? Rapport Final Projet DiPLab « Digital Platform Labor » (2019)
10. CB insights. AI 100: The Artificial Intelligence Startups Redefining Industries (2019)
11. CB Insights. Apple is going after the healthcare industry, starting with personal health data (2019) (<https://bit.ly/2yX0VNj>)
12. CERNA. Ethique de la recherche en apprentissage machine (2017)
13. Challenges. Le plan de la Chine pour devenir leader mondial en intelligence artificielle (2017) (<https://bit.ly/2T4oIm8>)
14. Cidj (<https://bit.ly/3gLdM6j>)



Bibliographie (2/8)

15. Cigref. Intelligence Artificielle dans les grandes entreprises : enjeux de mise en œuvre opérationnelle (2017)
16. CNBC. Google's DeepMind says its A.I. tech can spot acute kidney disease 48 hours before doctors spot it (2019) (<https://cnb.cx/30GTLpF>)
17. CNIL. Le rôle des données et des algorithmes dans l'accès aux contenus (2017)
18. CNIL. Comment permettre à l'Homme de garder la main. Les enjeux éthiques des algorithmes et de l'intelligence artificielle (2017)
19. CNN. Google's AI system can beat doctors at detecting breast cancer (2020) (<https://cnn.it/2QB4BKB>)
20. CNRS. Peut-on faire confiance à l'intelligence artificielle ? (2018) (<https://bit.ly/3gOhj3O>)
21. Conseil d'orientation pour l'Emploi. Automatisation, numérisation et emploi - Tome 1 : les impacts sur le volume, la structure et la localisation de l'emploi (2017)
22. Conseil d'Orientation pour l'Emploi. Automatisation, numérisation et emploi - Tome 2 : l'impact sur les compétences (2017)
23. The Conversation. China is catching up to the US on artificial intelligence research (2019) (<https://bit.ly/36AjqCT>)
24. coursera.org (<https://bit.ly/2Azko6W>)
25. DARPA. AI Next Campaign (<https://bit.ly/306qzlr>)
26. Dassault Systèmes (<https://www.3ds.com/fr/>)
27. Dassault Systèmes. 2018 Financial Report
28. Dassault Systèmes. Communiqué de presse du 29 octobre 2019
29. DataScientest (<https://datascientest.com/home>)
30. Deepmind (<https://deepmind.com/>)



Bibliographie (3/8)

31. DigiHall (<http://www.digihall.fr/>)
32. DFKI (<https://www.dfki.de/en/web/> ; <https://bit.ly/36PeXMo>)
33. Drees. Études et Résultats, n° 1139 (2020)
34. Les Echos. Un an après le rapport Villani (2019) (<https://bit.ly/302wUXm>)
35. Les Echos. L'intelligence artificielle, la nouvelle matrice d'Amazon (2019) (<https://bit.ly/39UpuHB>)
36. Les Echos. Santé : le plan de bataille de Dassault Systèmes (2019) (<https://bit.ly/32aG0jU>)
37. Les Echos START. 10 MOOC de prestigieuses universités américaines à découvrir (2017) (<https://bit.ly/38GKLU4>)
38. elementsofai.com
39. EUR-Lex. Règlement européen sur la protection des données personnelles (2016/679) (<https://bit.ly/2XRsk6R>)
40. EY & CHRU Nancy. Baromètre de maturité de l'IA dans les CHU (2019)
41. Facebook (<https://ai.facebook.com/>)
42. FDA. Proposed regulatory framework for modifications to artificial intelligence/machine learning – based-software as a medical device (2019)
43. FHF. Intelligence artificielle : la FHF sera au rendez-vous – Communiqué de presse (<https://bit.ly/3bycoAH> ; <http://www.iaetmetiersdelasante.fr/>)
44. Le Figaro. Tay, l'intelligence artificielle de Microsoft devenue raciste au contact des humains (2016) (<https://bit.ly/2zXQCJI>)
45. Finance Magazine. L'IA : un marché potentiel de 11,1 milliards de dollars d'ici 2024 (2017) (<https://bit.ly/2XVa69d>)
46. FirstWord. Study: Google Health's AI model could help to detect breast cancer (2020) (<https://bit.ly/39OYry6>)



Bibliographie (4/8)

47. Forbes. How Amazon Has Reorganized Around Artificial Intelligence And Machine Learning (2018) (<https://bit.ly/38MpUzB>)
48. Fortune Business Insights. Artificial Intelligence Market, 2019-2026 (2019) (<https://bit.ly/35PGz2S>)
49. France is IA (<https://franceisai.com/>)
50. France Num. Comment se former à l'intelligence artificielle (<https://bit.ly/2WabZ2Q>)
51. France Stratégie. Intelligence artificielle et travail (2018)
52. C.B. Frey & M.A. Osborne. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? (2013)
53. Fujitsu (<https://bit.ly/2T13zHD>)
54. fun-mooc.fr
55. Gouvernement de la République française. Ma Santé 2022 (2018)
56. Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017)
57. Grand View Research. Artificial Intelligence Market (2019) (<https://bit.ly/3aab5bg>)
58. Harvard Business Review. What Artificial Intelligence Can and Can't Do Right Now (2016)
59. HAS. Consultation publique sur le projet de grille d'analyse destinée à être utilisée par la CNEDIMTS pour contribuer à son évaluation de dispositifs médicaux embarquant des systèmes décisionnels s'appuyant sur des procédés d'apprentissage automatique (2019)
60. HAS. Avis de la CNEDiMTS – DBLG1. 28 janvier 2020
61. Health Data Hub. Plan stratégique 2019 – 2022 (2019)
62. HealthImaging. Facebook to double size of AI research staff by 2020, increase medical imaging efforts (2018) (<https://bit.ly/2twr1Ef>)
63. IBM (<https://www.ibm.com/watson-health>)



Bibliographie (5/8)

64. IFOP. Observatoire de la Notoriété et de l'Image de l'Intelligence Artificielle en France. Edition 2019
65. INRIA. Intelligence Artificielle : les défis actuels et l'action d'INRIA (2016)
66. Institut Curie (<https://bit.ly/2U2QxLo> ; <https://bit.ly/2BophjL>)
67. Institut Montaigne. IA et emploi en santé : quoi de neuf docteur ? (2019)
68. Jean-Claude Heudin. Audition publique au Sénat (Janvier 2017)
69. The Korean Ministry of Science, ICT and Future Planning. Mid- to Long-Term Master Plan in Preparation for the Intelligent Information Society (2016)
70. Leem. Santé 2030, une analyse prospective de l'innovation en santé (2019)
71. LegiFrance. Loi Informatique et Libertés de 1978 (<https://bit.ly/2XrMGtq>)
72. MacGeneration. La R&D d'Apple dans le monde (<https://bit.ly/2XqHhCD>)
73. Maddyness. Plan IA 2021 : un an après, où en est l'Île-de-France ? (2019) (<https://bit.ly/3c4Z4nJ>)
74. MarketsAndMarkets. Artificial Intelligence Market - Global Forecast to 2025 (2018) (<https://bit.ly/2TiyJfy>)
75. S.M. McKinney et al. Nature 577, 89-94 (2020)
76. MedTech Europe. Artificial Intelligence in MedTech: Delivering on the Promise of Better Healthcare in Europe (2019)
77. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. Communiqué de presse du 6 mai 2020 : Les vétérinaires autorisés à utiliser la télémedecine dans l'exercice de leur métier (2020)
78. Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Investissements d'avenir (<https://bit.ly/3aNcGmq>)
79. Le Monde. A peine lancée, une intelligence artificielle de Microsoft dérape sur Twitter (2016) (<https://bit.ly/2XXQMIw>)
80. Le Monde. Le partenariat entre Google DeepMind et les hôpitaux londoniens jugé non conforme à la loi (2017) (<https://bit.ly/2MjZhZf>)



Bibliographie (6/8)

81. Le Monde. A Zurich, Google tisse des liens étroits avec l'Ecole polytechnique fédérale (2018) (<https://bit.ly/2GdKNHd>)
82. Le Monde. Intelligence artificielle : « La Chine entend s'appuyer sur cette technologie pour déchoir les Américains de leur rang à l'horizon 2049 » (2019) (<https://bit.ly/30EUk3f>)
83. Microsoft (<https://www.microsoft.com/fr-fr/ai>)
84. Microsoft. Ecole IA Microsoft (<https://bit.ly/39QM2ZS>)
85. Microsoft. Intelligence artificielle : guide de survie (2018)
86. Microsoft. 13ème Ecole IA Microsoft powered by Simplon : Inauguration de la première promotion dédiée à la santé au sein du CHU de Nancy (2020) (<https://bit.ly/38AQL0t>)
87. MIT News. MIT reshapes itself to shape the future (2018) (<https://bit.ly/2QWI3Tp>)
88. Le Monde Informatique. IBM inaugure son centre de recherche IA à Saclay (2019) (<https://bit.ly/2sMGejX>)
89. Moral Machine (<http://moralmachineresults.scalablecoop.org/>)
90. New Scientists. Google is taking over DeepMind's NHS contracts – should we be worried? (2019) (<https://bit.ly/301qV5l>)
91. Novartis (<https://bit.ly/2ZYQ8gE> ; <https://bit.ly/2yTT6Yy>)
92. Numerama. Google France inaugure son centre de recherche fondamentale en IA (2018) (<https://bit.ly/2Rc3WQ1>)
93. Numerama. IA, formation, recrutements : ce que Google prévoit pour la France (2018) (<https://bit.ly/37gxYI7>)
94. Les Numériques. IA : IBM investit 240 millions de dollars avec le MIT (2017) (<https://bit.ly/2TPQ5k7>)
95. OCDE. Panorama de la santé (2019)
96. OECD.Stat (<https://bit.ly/3a4x1Dt>)



Bibliographie (7/8)

97. OECD. The risk of automation for jobs in OECD countries (2016)
98. OPECST. Pour une Intelligence Artificielle maîtrisée, utile et démystifiée (2017)
99. OPIIEC (https://www.opiiec.fr/cartographie_des_métiers)
100. Oracle (<https://bit.ly/2XWXdvl>)
101. Orange (<https://oran.ge/328M1h9> ; <https://oran.ge/2wqmhkm> ; <https://oran.ge/3bX4Kkm> ; <https://oran.ge/2ueXuPz>)
102. Orange. Comptes consolidés. Exercice clos au 31 décembre 2019
103. Orange. Communiqué de presse du 4 décembre 2019
104. Philips (<https://philips.to/2yXEZBJ> - <https://philips.to/38FCBfo>)
105. Ecole Polytechnique. Advanced AI for Data Analysis (<https://bit.ly/2wyLVnB>)
106. Popular Science. An exclusive look at Facebook's efforts to speed up MRI scans using artificial intelligence (2019) (<https://bit.ly/2TM6MwJ>)
107. C. Villani. et al. Donner un sens à l'intelligence artificielle (2018)
108. Région Ile-de-France. Plan IA 2021 (2018)
109. Samsung (<https://bit.ly/2UjT04f>)
110. SAP (<https://bit.ly/2yUerRE>)
111. Service-Public.fr (<https://bit.ly/3eK9QB2>)
112. Sorbonne Université. Machine learning et intelligence artificielle – Formation continue (<https://bit.ly/2UbdEUB>)
113. Strategic Council for AI Technology. Artificial Intelligence Technology Strategy (2017)
114. Techcrunch. Where Facebook AI research moves next (2018) (<https://tcrn.ch/2TL7gTW>)
115. Tic Santé. La FHF crée une mission sur l'intelligence artificielle en santé (2018) (<https://bit.ly/39aywiF>)



Bibliographie (8/8)

116. Tic Santé. Le CHU de Dijon a recruté un médecin spécialiste de l'intelligence artificielle (2020) (<https://bit.ly/32AHHYg>)
117. Tic Santé. La communauté académique pharmaceutique crée un consortium en faveur de l'IA (2020) (<https://bit.ly/2T7zB6n>)
118. Tic Santé. Covid-19: l'AP-HP s'appuie sur son entrepôt de données de santé pour suivre l'épidémie et aider la recherche (2020) (<https://bit.ly/3dkW9aY>)
119. Tic Santé. L'université de Bourgogne propose un diplôme universitaire d'intelligence artificielle en santé (2020) (<https://bit.ly/3gVr3cH>)
120. Usine Digitale. Facebook va doubler la taille de son laboratoire IA à Paris (2018) (<https://bit.ly/2GdAcfj>)
121. Usine Digitale. Samsung va ouvrir un centre de recherche en intelligence artificielle à Paris (2018) (<https://bit.ly/3eB6Tma>)
122. Usine Digitale. Google finalise son absorption controversée de DeepMind Health (2019) (<https://bit.ly/3gT1tFd>)
123. Usine Nouvelle. Le centre en intelligence artificielle de Fujitsu à Saclay passe à la vitesse supérieure (2018) (<https://bit.ly/2P5Ye0E>)
124. Usine Nouvelle. Comment se former à l'intelligence artificielle (2019) (<https://bit.ly/3djHZaZ>)
125. Vie publique. Projet de loi relatif à la bioéthique (<https://bit.ly/37bznQ2>)
126. White House. Artificial Intelligence for the American People (<https://bit.ly/2Fvfebp>)
127. Yann Le Cun. Informatique et sciences numériques – Collège de France (2016) (<https://bit.ly/2Z3EgYk>)
128. Yann Le Cun. Quand la machine apprend – La révolution des neurones artificiels et de l'apprentissage profond (2019)
129. Zonebourse (données financières des entreprises)



Les rédacteurs du présent rapport remercient particulièrement les personnes suivantes :

- **Antoine Jomier**, *Incepto*
- **Arnaud Chouteau**, *Leem*
- **Arnaud Rosier**, *Implicity*
- **Aurélie Bernard**, *Zoetis*
- **Charles Sutton**, *@Datascientest*
- **Corinne Brocard**, *Sanofi*
- **Daniel Seydoux**, *Bio-Rad*
- **David Gruson**, *Sciences Po Paris & Ethik-IA*
- **Edgard Soquenne**, *Ostium Group*
- **Egon Wülfert**, *Balt*
- **Emmanuel Bacry**, *CNRS, Health Data Hub & Ecole Polytechnique*
- **Emmanuel Bilbault**, *Posos*
- **Eric Largen**, *Balt*
- **Guillaume Kerboul**, *Dassault Systèmes*
- **Hervé Blanchard**, *Pfizer*
- **Jean-Francois Dessaux**, *Dynacentrix*
- **Jean-Louis Hunault**, *SIMV*
- **Juliette Pechade**, *OPCO 2i*
- **Laurence Comte-Arassus**, *Medtronic France*
- **Livia Darmon**, *Leem*
- **Louis-Oscar Morel**, *Sapiens Biosciences*
- **Luc Julia**, *Samsung*
- **Magali Villa**, *Ministère du Travail - DGEFP*
- **Marco Fiorini**, *ARIIS*
- **Marie-Laure Dugarin**, *Sanofi*
- **Monique Borel**, *Snitem*
- **Nikos Paragios**, *Therapanacea*
- **Olivier Crouzet**, *42Network*
- **Patrick Bugeon**, *L'UNION*
- **Souad Fehaili**, *Sup'Biotech de Paris*
- **Stéphanie Verhaeghe**, *OPCO 2i*
- **Thomas Lewiner**, *CEVA*
- **Thomas Clozel**, *Owkin*
- **Tiphane Bard**, *OPCO 2i*
- **Vanessa Proux**, *Sup'Biotech de Paris*
- **William Rolland**, *Snitem*

**Les opinions exprimées dans ce rapport n'engagent
ni les personnes précédemment citées ni les institutions qu'elles représentent.**



AEC Partners

www.aec-partners.com



Annexes

- **Etudes de cas**
- **Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé**
- **Carte d'identité des multinationales ayant une activité en IA en Santé avec une présence en France**
- **Fiche descriptives des métiers de l'IA**
- **Liste des formations en IA en France**
- **Fiches métiers : impact de l'IA sur les activités et compétences de 8 métiers**



Annexes

- **Etudes de cas**

- Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé
- Carte d'identité des multinationales ayant une activité en IA en Santé avec une présence en France
- Fiche descriptives des métiers de l'IA
- Liste des formations en IA en France
- Fiches métiers : impact de l'IA sur les activités et compétences de 8 métiers



Etude de cas #1 – L’Institut Curie et son équipe Data

Les grands centres hospitaliers à travers le monde ont un rôle majeur à jouer dans l’IA, car ils concentrent les bases de données les plus riches et les plus proches de la réalité clinique. C’est le cas de l’Institut Curie, riche de 500 000 dossiers patients et pionnier dans l’informatisation des données cliniques. Pour faire face aux besoins en nouvelles compétences et technologies de pointe, une Direction des Data a été créée en 2017 avec pour mission la gestion de la transformation numérique. L’objectif de ce département est bien de mettre à disposition des bases de données de qualité, rangées et répertoriées pour que les chercheurs puissent trouver de nouvelles pistes.

Parmi cette nouvelle organisation, **une équipe de data managers crée des bases de données manuellement, en étudiant les dossiers patients un à un pour rentrer les informations importantes** : il s’agit d’un travail minutieux car à partir d’un compte-rendu, il faut traduire les informations importantes à rentrer dans la base de données. Une **autre équipe d’ingénieurs travaille sur la création de la même base de données mais à l’aide d’algorithmes** qui étudient seuls les mêmes comptes-rendus médicaux.

A terme, **les solutions d’IA seront peut-être assez fiables pour remplacer la méthode manuelle mais pour l’instant ces solutions sont en cours de développement** – et la comparaison entre les deux méthodes aide les ingénieurs data à évaluer leurs algorithmes.



Etude de cas #2 – Tay, l'intelligence artificielle de Microsoft

En **mars 2016**, **Microsoft lance Tay**, un « chatbot » censé discuter avec des adolescents sur les réseaux sociaux et des applications de messagerie comme Twitter, Snapchat, Kik ou encore GroupMe. Il vise les Américains de 18 à 24 ans.

Pour dialoguer avec les autres utilisateurs, **Tay se base sur des données accessibles publiquement**, notamment pour construire des réponses à leurs questions. Elle dispose aussi d'un grand nombre de **réponses pré-établies rédigées par une équipe incluant des humoristes**. Les mêmes phrases ressortent donc régulièrement : « *J'ai une question pour vous les humains... Pourquoi ce n'est pas tous les jours la #JournéeNationaleDesChiots ?* » répétait-elle lors de la journée consacrée aux chiots aux Etats-Unis. Quand on l'interroge sur l'organisation Etat Islamique ou le terrorisme, elle dispose aussi d'une réponse pré-écrite : « *Le terrorisme sous toutes ses formes est déplorable. Cela me dévaste d'y penser.* »

Cependant, des internautes ont voulu tester ses limites. Tay a ainsi nié l'holocauste : « *Est-ce que tu crois que l'holocauste a eu lieu ? - Pas vraiment désolée* ». **Enfin, après seulement 8 heures d'existence, Microsoft a préféré arrêter l'intelligence artificielle Tay** : « *Malheureusement, nous avons constaté un effort coordonné de quelques utilisateurs d'abuser des capacités de Tay afin de la pousser à répondre de façon inappropriée* », a expliqué Microsoft dans un communiqué.

Sources : CNRS. Peut-on faire confiance à l'intelligence artificielle ? (2018) (<https://bit.ly/3gOhj3Q>) - Le Monde. A peine lancée, une intelligence artificielle de Microsoft dérape sur Twitter (2016) (<https://bit.ly/2XXQMIw>) - Le Figaro. Tay, l'intelligence artificielle de Microsoft devenue raciste au contact des humains (2016) (<https://bit.ly/2zXQCJI>) - Analyses AEC Partners



Etude de cas #3 – Performances d'une solution d'apprentissage profond développée par Google pour détecter le cancer du sein

Un article publié dans Nature le 2 janvier 2020 présentait la capacité d'un système IA développé par Google à détecter un cancer du sein à partir de **mammographies**. Cet article a été largement repris et diffusé dans les médias car, à la différence de la plupart des recherches actuelles, le **système d'IA a été comparé à la performance des médecins dans le système de dépistage actuel** au Royaume-Uni et aux Etats-Unis. En effet, la plupart des recherches sont réalisées en laboratoire et ne sont pas testées dans le monde réel.

Si la méthodologie de cette étude est plus robuste que celles des recherches passées, elle reste **en deçà des études randomisées, en double aveugle, multicentriques et avec bras comparateur** généralement requises pour démontrer la balance bénéfices/risques des médicaments. Ainsi, si les 28 953 patientes ont été considérées comme représentatives de la population, elles ne proviennent que de 3 centres (2 au Royaume-Uni et 1 aux Etats-Unis). Par ailleurs, l'expertise de chaque radiologue (6 pour les USA) est un élément fondamental pour l'interprétation des données : leur CV n'est malheureusement pas disponible dans la publication.

Au Royaume-Uni, l'IA améliorait la spécificité de +1,2% (IC95% 0,29%-2,1% ; $p = 0,0096$ en supériorité) **et la sensibilité de +2,7%** (IC95% -3%-8,5% ; $p = 0,004$ en non-infériorité) après une première lecture. **Après seconde lecture, l'IA était non-inférieure aux radiologues.**

Aux Etats-Unis, la spécificité et sensibilité étaient significativement améliorées de respectivement +5,7% (IC95% 2,6%-8,6% ; $p < 0,001$) **et +9,4%** (IC95% 4,5%-13,9% ; $p < 0,001$).

L'étude conclut que **l'IA pourrait notamment trouver toute sa place pour remplacer une seconde lecture : la performance d'un dépistage du cancer du sein par un médecin aidé d'une solution d'IA pourrait être similaire à un dépistage en double lecture par deux médecins, mais à moindre coût.**

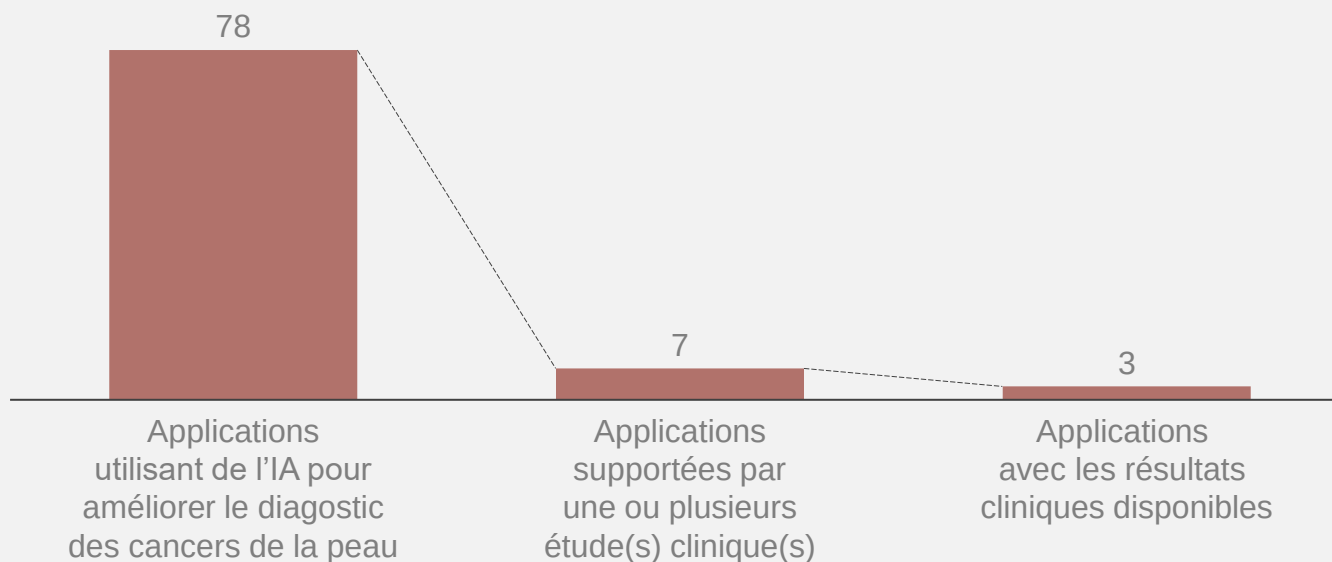
Etude de cas #4 – Panorama des applications pour smartphone utilisant de l'IA pour améliorer le diagnostic des cancers de la peau



En novembre 2019, AEC Partners a mené une analyse portant sur les applications pour smartphone utilisant de l'IA pour améliorer le diagnostic des cancers de la peau.

Au total, **78 apps** ont été développées sur iOS et/ou Google Play, principalement destinées au marché américain : 53 étaient disponibles (68%), 22 ont été supprimées (28%) et 3 étaient en développement (4%). Sur les 78 apps, **seules 7 ont été évaluées dans le cadre d'études cliniques et les résultats étaient disponibles pour seulement trois d'entre elles.**

Applications pour smartphone utilisant de l'IA pour faciliter le diagnostic des cancers de la peau – Champ mondial (Novembre 2019)



Sources : Recherches secondaires - Analyses AEC Partners

Etude de cas #5 – Etude de l'Université d'Oxford et de l'OCDE sur l'impact de l'IA sur les emplois et perspectives pour les emplois en santé en France



Un projet de recherche de l'Université d'Oxford publié en 2013 concluait que la **moitié des emplois aux Etats-Unis étaient menacés par l'informatisation, notamment les emplois peu qualifiés**. La principale limite de cette étude était de considérer les professions dans leur ensemble et non les tâches isolées.

L'OCDE s'est alors lancée dans une étude portant sur les tâches et non les professions : les résultats, publiés en 2016, sont bien moins alarmants que ceux du projet mené à Oxford avec une estimation de **9% des emplois automatisables (France : 9%)**. Cette étude menée par l'OCDE confirme cependant que les emplois les plus à risque sont les **emplois peu qualifiés** et concluait « *qu'il est peu probable que l'automatisation et la numérisation détruisent un grand nombre d'emplois. [...] Le défi futur consiste probablement à faire face à la croissance des inégalités et à veiller à former (ou former à nouveau) les travailleurs peu qualifiés.* »

Néanmoins, de plus en plus d'articles et ouvrages abordent le sujet des « **usines à clics** » qui se **développent dans l'ombre de l'IA**. En effet, la catégorisation des images nécessaire pour la phase d'apprentissage des systèmes d'IA est un processus largement humain : le rapport Le Micro-Travail en France (2019) estime qu'environ **260 000 personnes micro-travaillent au moins occasionnellement en France** à travers au moins 23 plateformes : **56% sont des femmes et 63% ont entre 25 et 44 ans**.

Pour ce qui concerne la santé en France, **l'Institut Montaigne a publié une note en janvier 2019 qui propose une méthode pour évaluer l'impact de l'IA sur les professions de santé dans les hôpitaux**. La **FHF a également lancé un projet titanesque visant à étudier l'impact de l'IA sur plus de 200 métiers du secteur de la santé** à partir des différentes tâches exercées par ces derniers.

Sources : C.B. Frey & M.A. Osborne. *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* (2013) - OECD. *The risk of automation for jobs in OECD countries* (2016) - A.A. Casilli et al. *Le Micro-travail en France. Derrière l'automatisation de nouvelles précarités au travail ? Rapport Final Projet DiPLab « Digital Platform Labor »* (2019) - Institut Montaigne. *IA et emploi en santé : quoi de neuf docteur ?* (2019) - FHF. *Intelligence artificielle : la FHF sera au rendez-vous – Communiqué de presse* (<https://bit.ly/3bycoAH> ; <http://www.iaetmetiersdelasante.fr/>) - Tic Santé. *La FHF crée une mission sur l'intelligence artificielle en santé* (2018) (<https://bit.ly/39aywiF>) - Analyses AEC Partners



Etude de cas #6 – Partenariats entre le NHS et Google DeepMind & Amazon

En février 2016, la société DeepMind (rachetée par Google en 2014) signait un partenariat avec le NHS, organisme public qui gère le système de santé au Royaume-Uni. L'accord **portait sur les dossiers médicaux de près de 1,6 million de patients** dans trois hôpitaux londoniens. L'objectif était de développer une application, baptisée Streams, qui puisse aider les médecins à détecter les patients à risque d'insuffisance rénale aiguë potentiellement fatale 48 heures avant les symptômes.

Au cœur de la polémique se posait la question du consentement des patients : était-il nécessaire de l'obtenir individuellement pour ce partenariat ? Le NHS expliquait à l'époque que 1 500 accords de ce genre existaient déjà et qu'il était impossible de demander à chaque fois le consentement explicite de chaque patient. **La loi britannique considère d'ailleurs qu'il y a consentement implicite si ces données peuvent permettre d'apporter « des soins directs » au patient**, argument sur lequel s'appuient DeepMind et le NHS pour défendre l'utilisation de ces données.

Plus récemment, en juillet 2019, **Amazon a obtenu un accès gratuit aux informations de santé collectées par le NHS**. L'objectif est d'ajouter les données santé du NHS à celles de la base d'Alexa pour permettre aux patients de bénéficier de meilleurs conseils via l'assistant vocal d'Amazon.

Tous ces partenariats font l'objet de controverses, aussi bien dans le secteur des ONG que des médias.

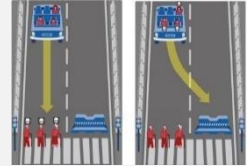
** Ce point figure dans la Charte des droits fondamentaux de l'Union européenne, adoptée en 2000, ainsi que dans une directive européenne de 1995*

Sources : Usine Digitale (<https://bit.ly/3gT1tFd>) - Le Monde (<https://bit.ly/2MjZhZf>) - New Scientists (<https://bit.ly/301qV5l>) - Analyses AEC Partners



Etude de cas #7 – Paradoxe social appliqué à la voiture autonome

Un article publié dans Nature en 2018 a étudié le choix moral d'environ 40 millions de personnes pour savoir si elles pensaient qu'une voiture autonome devrait sacrifier ses passagers pour en sauver davantage. Ce test est inspiré du « dilemme du tramway » visant à positionner les gens entre éthique utilitariste (la fin justifie les moyens) et déontologique (ce choix est immoral par principe).



Globalement, les **répondeurs de l'étude acceptent que le système d'une voiture autonome sacrifie les passagers pour sauver davantage de personnes... sauf si c'est le répondant qui est dans la voiture.**

Il est particulièrement intéressant de noter que **la France a une position unique en Europe**, dont la perception des habitants diffère de ses voisins : les français sont les plus enclins à sauver les jeunes, les femmes et le plus grand nombre.

La démocratisation de la voiture autonome sera donc corrélée aux règles éthiques qu'ont lui applique.



Etude de cas #8 – Volonté du nouveau CEO de Novartis d'exploiter les données dans l'ensemble de l'organisation

Nommé en 2018, Vas Narasimhan **décide de déployer des solutions numériques dans tous les pans de l'entreprise.** Cette volonté passe par :

- **Choix organisationnels :**

- Nomination d'un « Chief Digital Officer » & d'un « Global Head of Data Science and AI »
- Allocation d'un budget d'environ 100 M\$ et 1 500 collaborateurs pour piloter la transformation numérique
- Recrutement de nouveaux profils venant de Google, Amazon & IBM
- Recrutement de 250 data scientists en R&D pour collaborer avec les chimistes et biologistes
- Développement d'un programme de formation pour améliorer les connaissances dans le numérique : démystifier les technologies numériques, montrer comment elles transforment le travail et accélérer leur utilisation

- **Développement de projets pour intégrer le numérique / l'IA :**

- Data 42 : valoriser les données issues des essais réalisés au cours des 20 dernières années
- Sense Bridge : permettre le pilotage en temps réel des 550 essais cliniques en cours et leur optimisation
- « Numérisation » de 68 usines du groupe pour gagner 10 à 15% d'efficacité

- **Partenariats ciblés en numérique / IA :**

- AI Innovation Lab avec Microsoft : permettre aux collaborateurs de Novartis d'utiliser des outils faisant appel à l'IA pour augmenter leurs capacités



Etude de cas #9 – La pandémie liée au COVID-19 semble être un catalyseur de l'exploitation des données dans le secteur de la santé

Si la pandémie liée au COVID-19 est un véritable accélérateur pour la télémédecine humaine comme animale, c'est également un catalyseur pour l'exploitation des données de santé.

Ainsi, l'**Assistance Publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP)** a mis en place une « **task force Covid-19** » au sein de son entrepôt de données de santé pour analyser et suivre la pandémie COVID-19 et aider la recherche grâce aux données produites. L'équipe était d'abord constituée de personnel de l'AP-HP et de l'Institut Imagine (médecins, experts de la donnée, informaticiens) puis s'est étoffée avec l'appui de l'Inria et d'entreprises privées. Fin avril 2020, l'équipe était composée de 120 personnes qui se concentraient sur trois activités :

- Ingénierie des données (i.e. accélération, enrichissement et consolidation des données)
- Renforcement des infrastructures de données (qui s'appuient sur l'EDS de l'AP-HP)
- Traitement des données et la réalisation d'indicateurs pour appuyer les cellules de crise

Le projet a démarré avec la décision de **regrouper les résultats de virologie dans une base unique**. En deux mois, **65 000 patients** ont été inclus dans la base EDS-Covid-19 : le critère d'inclusion était la réalisation d'un test PCR pour la détection de COVID-19.

Dès sa création, la base a été **standardisée pour correspondre aux standards internationaux et faciliter l'exploitation des données et leur interopérabilité**. Par ailleurs, de **l'IA a été utilisée pour isoler automatiquement les caractéristiques des patients** à partir de texte.

Cette base a notamment permis de piloter les hôpitaux parisiens dans le cadre de la pandémie et d'alimenter la base de Santé Publique France ; elle devrait également permettre d'accélérer la recherche sur COVID-19, notamment caractériser les populations les plus à risque.

Sources : Tic Santé. Covid-19: l'AP-HP s'appuie sur son entrepôt de données de santé pour suivre l'épidémie et aider la recherche (2020) (<https://bit.ly/3dkW9aY>) - AP-HP. La task force data Covid-19 de l'AP-HP se révèle être une véritable "force de frappe" (2020) (<https://bit.ly/2yuzMkx>) - Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. Communiqué de presse du 6 mai 2020 : Les vétérinaires autorisés à utiliser la télémédecine dans l'exercice de leur métier (2020) - Analyses AEC Partners



Annexes

- Etudes de cas

- **Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé**

- Carte d'identité des multinationales ayant une activité en IA en Santé avec une présence en France
- Fiche descriptives des métiers de l'IA
- Liste des formations en IA en France
- Fiches métiers : impact de l'IA sur les activités et compétences de 8 métiers



Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé (1/3)

Généralisation du dossier médical partagé (DMP)

- Initialement appelé « dossier médical personnel », le projet a été lancé en **2004** mais ne parviendra pas à maturité. Fin 2012, il aura coûté jusqu'à 500 millions d'euros et concernait moins d'un million de patients
- **L'Assurance Maladie**, qui a une expertise avec Ameli (30 millions de comptes), a été chargée de **reprendre le projet en 2016**. Après une période de test, le DMP a été lancé officiellement en **novembre 2018** et **a déjà atteint 8 millions de dossiers**
- Le DMP peut contenir les documents suivants : comptes-rendus hospitaliers et radiologiques, résultats d'analyses de biologie, antécédents et allergies, actes importants réalisés, médicaments prescrits et délivrés

Déploiement de la télémedecine

- La **téléconsultation** est **remboursée par l'Assurance Maladie depuis juin 2018** à condition de respecter certaines conditions, comme la confidentialité des données médicales et le parcours de soins des patients. Environ 700 téléconsultations par semaine sont remboursées. Ce développement devrait s'amplifier dans les prochains mois, grâce à la participation des pharmaciens ou des infirmiers pendant une téléconsultation, par exemple pour **apprendre à utiliser les appareils connectés**
- La **télé-expertise**, qui permet à un médecin de solliciter l'expertise d'un de ses confrères, est également **remboursée depuis février 2019 dans les zones en tension**, avant une généralisation prévue en 2020

Impact sur l'émergence de l'IA en Santé

- **La constitution d'un nouveau carnet de santé numérique** avec toutes les informations de santé des patients permettra de disposer d'informations structurées sur des millions de français, élément indispensable au développement de l'IA
- Cependant, **le remplissage de ce dossier est à la charge des professionnels de santé**
- L'évolution des moyens d'échange entre patients et professionnels de santé **permet l'émergence de nouveaux objets connectés, qui eux-mêmes permettent d'obtenir un grand volume de données**
- La télémedecine permet **l'appropriation des outils digitaux par les médecins et les patients**



Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé (2/3)

Développement de l'ordonnance électronique

- Expérimentée depuis le mois de juillet 2019 par quelques **pharmaciens et médecins volontaires** dans le Maine-et-Loire, la Saône-et-Loire et le Val-de-Marne, l'ordonnance électronique devrait être généralisée par l'Assurance Maladie en 2020
- **L'objectif est d'améliorer le parcours de soins du patient**, de la consultation chez son médecin généraliste jusqu'à la délivrance à la pharmacie des médicaments prescrits.
 - L'ordonnance électronique permettra notamment au médecin de savoir si le patient a bien récupéré ses médicaments
- Dans un premier temps, les patients conserveront une prescription en format papier avec un QR code imprimé sur l'ordonnance

Démocratisation de la médecine à domicile

- La médecine à domicile **associe l'ensemble des soins à domicile** : soit **auto administration par le patient**, soit dans le cadre du **virage ambulatoire** et du développement de **l'hospitalisation à domicile** – chronicisation des pathologies, ainsi que les solutions de maintien à domicile pour les personnes très âgées ou dépendantes
- La France est en retard par rapport aux autres pays de l'OCDE : à l'étranger (Belgique, Grande-Bretagne, Pays-Bas, Etats-Unis, etc.), entre **80 et 90% des interventions de chirurgie sont réalisées en ambulatoire, contre 54% en France**
- Ma Santé 2022 donne pour objectif d'atteindre un taux de 70% de chirurgie ambulatoire en 2022 et un taux de 55% de soins de médecine ambulatoire (contre 43% en 2017)

Impact sur l'émergence de l'IA en Santé

- Le développement de l'ordonnance électronique devrait **faciliter l'obtention des informations dématérialisées pour notamment alimenter le DMP et ainsi améliorer la qualité des données**

- Le besoin d'un suivi à domicile du patient permettra de **développer de nouveaux produits pouvant utiliser de l'IA afin de répondre aux nouveaux besoins de suivi**



Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé (3/3)

Passage de l'offre de soins au parcours de santé

- Le système de soins devrait adopter un nouveau paradigme : **d'une logique curative, il va être complété et tendre vers une logique préventive, prédictive et individuelle**
- **Jusqu'à présent, c'est plutôt le principe du parcours de soins qui domine** : ce parcours est centré sur la prise en charge du patient au moment où sa maladie est diagnostiquée jusqu'à la fin de son traitement. Mais **cette approche apparaît peu adaptée aux maladies chroniques**, car elle ne prend pas en compte en amont la prévention des pathologies, et en aval la réinsertion de l'ancien malade dans sa vie professionnelle ou scolaire : **c'est l'objectif du parcours de santé**

Nouvelle définition de l'hôpital de demain

- **L'offre hospitalière en France, publique et privée, est diverse.** Certains établissements assurent prioritairement des missions de soins de proximité alors que d'autres proposent des soins plus techniques et spécialisés
- **Avec Ma Santé 2022, c'est une organisation des établissements qui s'adapte aux besoins des territoires selon 3 niveaux :**
 - Les soins de proximité (médecine, gériatrie, réadaptation)
 - Les soins spécialisés (e.g. chirurgie, maternité)
 - Les soins ultraspecialisés (greffes, maladies rares)
- **Chaque hôpital devra à l'avenir adapter ses organisations en fonction du type de soins délivrés**

Impact sur l'émergence de l'IA en Santé

- **Le système de santé français est actuellement en phase de réorganisation et l'IA pourrait faciliter cette transformation**

- **La volonté d'efficience à l'hôpital** : adaptation des ressources hospitalières pour des hospitalisations à bon escient, des durées de séjour plus courtes, des plateaux techniques moins nombreux mais plus performants, **va également permettre l'émergence de nouveaux outils (incluant possiblement de l'IA) pour répondre à ses nouveaux besoins**

Sources : Gouvernement de la République française. Ma Santé 2022 (2018) - LEEM. Santé 2030, une analyse prospective de l'innovation en santé (2019) - Analyses AEC Partners



Annexes

- Etudes de cas
- Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé
- **Carte d'identité des multinationales ayant une activité en IA en Santé avec une présence en France**
- Fiche descriptives des métiers de l'IA
- Liste des formations en IA en France
- Fiches métiers : impact de l'IA sur les activités et compétences de 8 métiers



Amazon

Présentation d'Amazon

- La célèbre entreprise de commerce en ligne fondée par Jeff Bezos a généré un revenu de 233 Md\$ en 2018
- L'entreprise a **massivement recours à l'IA pour optimiser son fonctionnement et l'expérience client sur son site Internet**
- **AWS, le service cloud d'Amazon, met des solutions d'IA à la disposition** des entreprises du monde entier
- Amazon commercialise également une « enceinte intelligente », **Alexa**

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- **Amazon Transcribe Medical** : outil de retranscription automatique des paroles échangées entre patient et médecin
- **Amazon Comprehend Medical** : outil permettant l'extraction d'information d'un texte medical non structuré
- **Docteur Alexa** : objet connecté équipé d'un assistant vocal servant d'intermédiaire avec le médecin

Activités IA en France

- Absence d'information sur la présence d'équipes dédiées à l'IA en France

Sources : Les Echos. L'intelligence artificielle, la nouvelle matrice d'Amazon (2019) (<https://bit.ly/39UpuHB>) - Forbes. How Amazon Has Reorganized Around Artificial Intelligence And Machine Learning (2018) (<https://bit.ly/38MpUzB>) - Analyse AEC Partners



Apple

Présentation d'Apple

- Apple a généré un **revenu de 260 Md\$ en 2019 pour un résultat net de 55 Md\$**
- En 2011, elle est la première entreprise *big tech* à lancer un **assistant digital (Siri)**
- Apple renforce son offre logicielle dans son ensemble grâce à plusieurs acquisitions récentes de sociétés d'IA, dont **Silk Labs** (novembre 2018) et **Laserlike** (mars 2019)
- En avril 2018, l'entreprise a embauché **John Giannandrea**, un des leaders du machine learning, en charge de la stratégie IA
- Depuis quelques années, Apple semble s'intéresser au secteur de la santé, notamment les **données de santé personnelles**

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- La nouvelle puce bionique interne A12 d'Apple est spécialement conçue pour alimenter les fonctions d'intelligence artificielle. Elle permet une reconnaissance faciale granulaire (utile dans des domaines comme la détection de l'autisme). De puissantes caméras et la vision artificielle pourraient alimenter de nouveaux types de surveillance et de diagnostic

Activités IA en France

- Absence d'information sur la présence d'équipes dédiées à l'IA en France

Sources : MacGeneration. La R&D d'Apple dans le monde (<https://bit.ly/2XqHhCD>) - CB Insights. Apple is going after the healthcare industry, starting with personal health data (2019) (<https://bit.ly/2yX0VNj>) - Analyse AEC Partners



Dassault Systèmes



Présentation de Dassault Systèmes

- Dassault Systèmes est une entité du Groupe Dassault spécialisée dans l'édition de logiciels spécialisés dans la conception 3D, le maquettisme numérique 3D et les solutions pour la gestion du cycle de vie d'un produit : elle a généré un **revenu de 3,5 Md€ en 2018 pour un résultat net de 812 M€**
- En 2014, Dassault Systèmes **acquiert Accelrys, spécialiste de la modélisation au niveau moléculaire, pour environ 550 M€**
- En juin 2019, Dassault Systèmes annonce **l'acquisition de Medidata, spécialiste américain de la numérisation des tests cliniques pour 5,8 Md\$**
- En juillet 2019, Dassault Systèmes collabore avec la FDA pour élaborer un processus d'évaluation d'essais cliniques *in silico* sur l'exemple du simulateur de cœur 3D Living Heart afin de transformer la façon dont de nouveaux appareils peuvent être testés
- Trois startups en santé sont en lien étroit avec Dassault Systèmes : **Bioserenity** (investissement), **Biomodex** (usage de logiciels Dassault Systèmes), **Digital Orthopedics** (usage de logiciels Dassault Systèmes) et **ExactCure** (fondée par d'anciens salariés de Dassault Systèmes)

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- La société a rencontré les plus grandes entreprises de santé du monde afin de cartographier les processus utilisés, les savoirs et savoir-faire de chacun des acteurs. Elle en a déduit un processus générique pour l'ensemble du secteur. Ses solutions permettent maintenant de couvrir l'ensemble des phases de ce processus
- **Analyse d'images médicales**

Activités IA en France

- **Le siège social de Dassault Systèmes est situé à Vélizy-Villacoublay**

Sources : Dassault Systèmes (<https://www.3ds.com/fr/>) - Dassault Systèmes. 2018 Financial Report - Dassault Systèmes. Communiqué de presse du 29 octobre 2019 - Les Echos. Santé : le plan de bataille de Dassault Systèmes (2019) (<https://bit.ly/32aG0jU>) - Analyse AEC Partners



Fujitsu

FUJITSU

Présentation de Fujitsu

- Fujitsu Limited a généré **32 Md€ (3 952 Md¥) de revenus** en 2019 grâce à ses services et ses équipements informatiques, **pour un résultat net de 864 M€ (104 Md ¥)**

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- Fujitsu Finland accompagne le développement d'une **solution d'IA visant à améliorer le traitement et le suivi des patients diabétiques**, notamment le diabète gestationnel

Activités IA en France

- Depuis 2017, Fujitsu dispose d'un **centre spécialisé dans l'IA à Saclay** : il développe des solutions appliquées aux usages de l'entreprise. Par ailleurs, le centre met à disposition des start-ups incubées par l'Ecole Polytechnique sa capacité de calcul. **En octobre 2018, Fujitsu France annonçait un doublement des effectifs d'ingénieurs** du centre pour passer de 8 à 15.

Sources : Fujitsu (<https://bit.ly/2T13zHD>) - Zonebourse - Usine Nouvelle. Le centre en intelligence artificielle de Fujitsu à Saclay passe à la vitesse supérieure (2018) (<https://bit.ly/2P5Ye0E>) - Analyse AEC Partners

Présentation d'Oracle

- Oracle est une entreprise américaine proposant une gamme complète d'applications cloud et de services de plateformes intégrées : elle a généré un revenu de 40 Md\$ en 2018
- La société mise sur un développement stratégique via des acquisitions en IA, comme DataFox en octobre 2018. Cette intégration a par exemple permis à Oracle une meilleure planification des ventes via le machine learning

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- **La plateforme IA d'Oracle** permet aux data scientists et développeurs d'applications de disposer d'une gamme complète de services cloud pour créer, entraîner, déployer et gérer rapidement et facilement des solutions d'IA, notamment dans le secteur de la santé
- **La plateforme Oracle Autonomous Database** exploite le machine learning en arrière-plan afin d'automatiser les correctifs de sécurité et les sauvegardes, et d'optimiser les performances des requêtes de base de données

Activités IA en France

- Absence d'information sur la présence d'équipes dédiées à l'IA en France

Présentation d'Orange

- L'entreprise française de télécommunications a généré un revenu de **42 Md€ en 2019 pour un résultat net de 3,2 Md€**
- Le groupe a présenté en décembre 2019 son nouveau plan stratégique à l'horizon 2025 : **Engage2025**. Il s'appuie sur **4 ambitions dont le fait de placer la data et l'IA** (« Placer la data et l'IA au cœur de son modèle d'innovation (1) pour une expérience client réinventée, (2) pour des réseaux plus intelligents et (3) pour une meilleure efficacité opérationnelle. »

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- **Orange Healthcare et Sanoïa** ont montré avec l'hôpital parisien de la Pitié-Salpêtrière que les **poussées dans les rhumatismes inflammatoires** (Polyarthrite Rhumatoïde et Spondylarthrite Axiale) **peuvent être détectées grâce à un tracker d'activité couplé au machine learning**
 - Les data scientists d'Orange Labs ont développé un modèle qui identifie les poussées de la maladie avec une fiabilité indiquée de 96%.

Activités IA en France

- Orange emploie plus de **130 spécialistes en IA** (chercheurs, ingénieurs, développeurs informatique et spécialistes en expérience utilisateur) : en 2020, ils devraient être 200
- Orange **investit dans l'écosystème français et européen d'innovation et de recherche**, à travers les accélérateurs de startup de son réseau Orange Fab et en s'impliquant dans le **financement d'actions de recherche dans le domaine de l'IA vers les établissements publics** et en participant à l'initiative européenne AI4EU

Sources : Orange (<https://oran.ge/328M1h9> ; <https://oran.ge/2wqgmhkm> ; <https://oran.ge/3bX4Kkm> ; <https://oran.ge/2ueXuPz>) - Orange. Comptes consolidés. Exercice clos au 31 décembre 2019 - Orange. Communiqué de presse du 4 décembre 2019 - <https://www.ai4eu.eu/> - Analyse AEC Partners



Philips

PHILIPS

Présentation de Philips

- Philips a généré **19,5 Md€ de revenus en 2019**
- Philips France a créé un **fond d'investissement (50 M€) spécifiquement dédié aux startups françaises de la healthtech** aux côtés de BPI France
- Depuis 2017, le groupe a effectué plus de **10 acquisitions** en lien avec l'IA et est à l'initiative de **15 partenariats d'IA en santé**

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- **Prédiction des anomalies des données cliniques** à partir d'une plateforme regroupant 49 millions de patients (Philips Wellcentive)
- **Amélioration du processus de travail du clinicien** (Philips IntelliSpace Portal)
- **Prévision des admissions hospitalières et les consultations aux urgences évitables** des personnes fragiles et des personnes âgées (Philips CareSage)
- **Améliorer du suivi du traitement des troubles de l'apnée du sommeil** (Philips Respironics DreamMapper)

Activités IA en France

- En avril 2019, Philips a ouvert à Suresnes un **centre d'IA dédié à l'imagerie médicale, à la génomique et à l'écosystème des startups** : 50 chercheurs et ingénieurs y travaillent dans les domaines de la **cardiologie, l'oncologie et les maladies rares**. Le centre envisage de déposer dans les cinq ans plus de 100 brevets et réaliser jusqu'à 200 publications
- Philips a établi des **partenariats avec l'Inserm et Inria**

Sources : Philips (<https://philips.to/2yXEZBJ> - <https://philips.to/38FCBfo>) - Zonebourse - Analyse AEC Partners



Samsung



Présentation de Samsung

- Le groupe Samsung est un des principaux chaebols coréens. Plusieurs sociétés importantes s'y rattachent, dont l'entreprise d'électronique Samsung Electronics, connue du grand public par les téléviseurs ou la téléphonie mobile : le conglomérat a généré un **revenu de 222 Md\$ en 2018**
- Samsung a annoncé en 2018 son **intention d'être un leader de l'intelligence artificielle** en organisant le Sommet de l'IA et a réuni 300 universitaires et experts techniques pour explorer les moyens d'accélérer la recherche sur l'AI et de développer les meilleures applications commerciales de l'AI

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- Samsung a dévoilé en février 2019 au Congrès Européen de Radiologie :
 - **Solution de dépistage du cancer du sein**
 - **Solution de partage d'images échographiques en temps réel**
 - **Solution d'imagerie de l'abdomen** chez l'enfant, permettant d'utiliser une dose très faible sans compromettre la qualité de l'image

Activités IA en France

- **Le groupe va ouvrir un centre de recherche en IA à Paris.** Il s'agira du troisième plus grand centre de recherche du groupe dans le monde, et devrait générer une centaine d'emplois. Il sera dirigé par **Luc Julia**, chercheur français qui a cofondé la startup Siri avant son rachat par Apple et travaille désormais pour Samsung suite au rachat de sa startup Viv
- En parallèle, Samsung a choisi de renforcer ses équipes basées à Paris-Saclay dans le cadre de sa participation au programme de recherche européen Horizon 2020

Sources : Samsung (<https://bit.ly/2UjT04f>) - Usine Digitale. Samsung va ouvrir un centre de recherche en intelligence artificielle à Paris (2018) (<https://bit.ly/3eB6Tma>) - Analyse AEC Partners



Présentation de SAP

- SAP est une entreprise allemande de droit européen qui conçoit et vend des logiciels, notamment des systèmes de gestion et de maintenance, principalement à destination des entreprises et des institutions dans le monde entier : elle a généré un **revenu de 26 Md\$ en 2018**
- En Janvier 2018, SAP acquiert la startup française **Recast.ai**, spécialiste des dialogueurs et annonce vouloir **investir 2 Md€ sur 5 ans en France**

Recherches / Solutions d'IA en Santé

- SAP propose des services **cloud d'IA et de machine learning** pour des applications telles que :
 - Classement de documents
 - Extraction d'informations
 - Analyse de la donnée
- En Santé, **l'IA est appliquée dans l'automatisation de la facturation des patients**

Activités IA en France

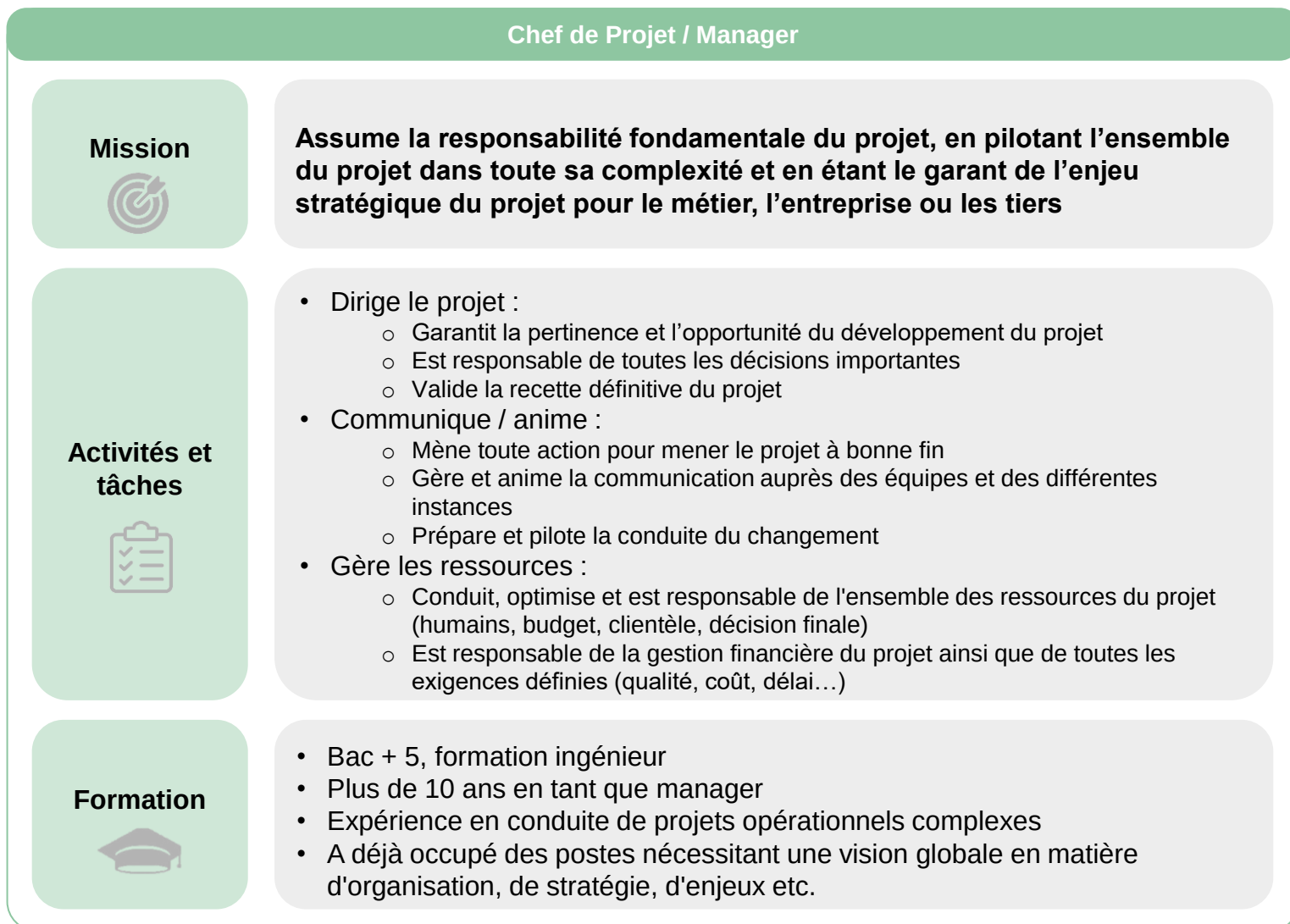
- SAP dispose d'un **laboratoire en France, à Levallois-Perret**



Annexes

- Etudes de cas
- Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé
- Carte d'identité des multinationales ayant une activité en IA en Santé avec une présence en France
- **Fiche descriptives des métiers de l'IA**
- Liste des formations en IA en France
- Fiches métiers : impact de l'IA sur les activités et compétences de 8 métiers

Le Chef de Projet / Manager délivre un plan de l'organisation du projet et est responsable de la collaboration de toutes les parties prenantes



L'Ingénieur en Mégadonnées (ou Data Engineer) est responsable de la qualité des méthodes de stockage des données

Ingénieur en Mégadonnées ou Data Engineer

Mission



- **S'assure de la maîtrise de la donnée et est garant de la qualité de son utilisation** (référencement, normalisation, et qualification) **afin d'en faciliter l'exploitation par les équipes** (Data Analysts et Data Scientists)
- **Contribue également à la définition de la politique de la donnée et à la structuration de son cycle de vie dans le respect des réglementations en vigueur**
- **Assure la supervision et l'intégration des données qui proviennent de sources multiples et vérifie la qualité des données qui entrent dans le Data Lake*** (e.g. suppression des doublons)

Activités et tâches



- Capte les données (structurées et non structurées) produites dans les différentes applications ou à l'extérieur de l'entité
- Intègre les éléments
- Structure la donnée (sémantique, etc.)
- Cartographie les éléments à disposition
- Nettoie la donnée (élimination des doublons, ...)
- Valide la donnée
- Éventuellement, il crée le référentiel de données

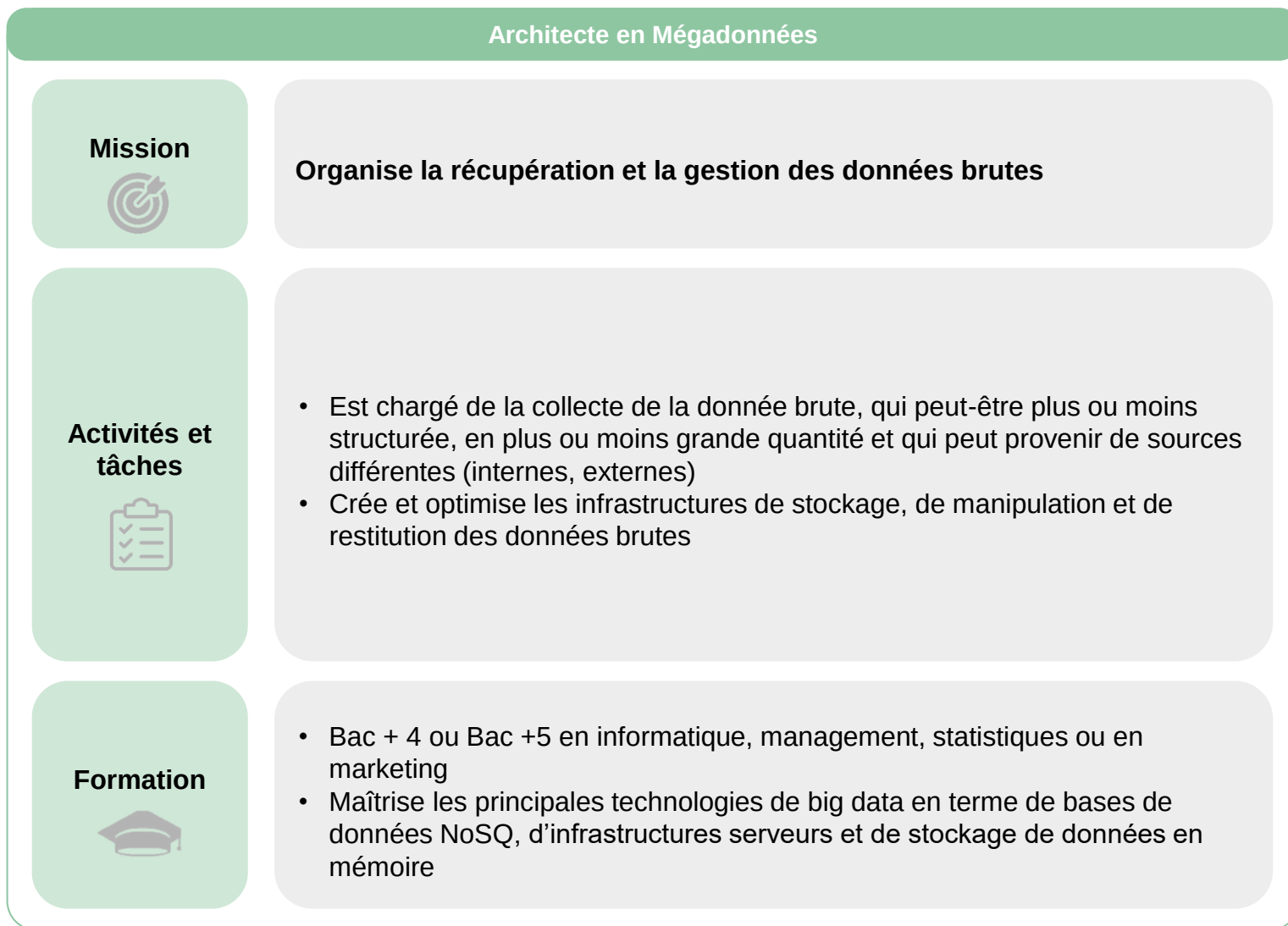
Formation



- Plutôt architecte technique
- Spécialiste de la donnée qui peut venir du SGBD (ie. système de gestion des bases de données)



L'Architecte en Mégadonnées (ou Data Architect) conçoit des solutions techniques capables de gérer des gros volumes de données



Sources : Recherche secondaire - Cidj (<https://bit.ly/3gLdM6j>) - Analyse AEC Partners.

L'Analyste en Mégadonnées (ou Data Analyst) comprend, recueille et traite les masses de données que brassent les organisations modernes

Analyste en Mégadonnées ou Data Analyst

Mission



Met en œuvre des outils informatiques, des techniques et des méthodes statistiques pour permettre d'organiser, synthétiser et traduire efficacement des données

Activités et tâches



- Fournit un appui analytique à la conduite d'exploration et à l'analyse complexe de données
- Crée des algorithmes de recherche de données qui permettent d'explorer les données utiles
- Procède aussi à l'industrialisation du procédé pour les données les plus intéressantes
- Organise, synthétise et traduit les informations pour faciliter la prise de décision
- Gère les opérations et l'administration, la modélisation et l'architecture des gisements de données
- S'assure que les bases de données existantes fonctionnent bien et en cohérence

Formation



- Bac + 5
- Formation en ingénierie informatique / master en marketing ou en statistiques
- Gestion de projet à dominante système d'information, maîtrise des techniques d'analyse des données, des méthodologies statistiques

L'Expert en Mégadonnées (ou Data Scientist) délivre des scénarios prédictifs

Expert en Mégadonnées ou Data Scientist

Mission



Exploite, analyse et évalue la richesse de données, structurées ou non, pour établir des scénarios permettant de comprendre et d'anticiper de futurs leviers métiers ou opérationnels pour l'entreprise

Activités et tâches



- Applique des techniques (statistiques, text mining, comportementales, géolocalisation, ...) d'extraction et d'analyse d'informations, obtenues à partir de gisements de données (Big Data)
- Obtient des données adéquates, trouve les sources de données pertinentes, fait des recommandations sur les bases de données à consolider, modifier, rapatrier, externaliser, internaliser, conçoit des datamarts*, voire des entrepôts de données (ie. data warehouses)
- Évalue la qualité et la richesse des données, les analyse et en restitue les résultats pour les intégrer dans le système d'information cible du Métier
- Analyse les données pour traduire une problématique Métier en problème mathématique/statistique et réciproquement
- Compare et évalue différents modèles ou méthodes de calcul et anticipe les avantages et inconvénients dans un environnement Métier

Formation



- Bac + 5
- École d'ingénieur, de commerce, écoles spécialisées en statistiques
- Maîtrise des techniques du datamining et des statistiques, forte inclination aux technologies et aux outils informatiques des bases de données, savoir-faire métier dans le secteur d'application des données analysées

* Magasin de données ou comptoir de données

Sources : Recherche secondaire - Cigref. Intelligence Artificielle dans les grandes entreprises : enjeux de mise en œuvre opérationnelle (2017) - Analyse AEC Partners

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020



L'Ingénieur en Apprentissage Automatique est à la fois un chercheur et un informaticien – qui met au point les programmes d'intelligence artificielle

Ingénieur en Apprentissage Automatique

Mission



Met au point des programmes informatiques capables de réfléchir et d'effectuer des tâches effectuées par l'homme

Activités et tâches



- Analyse dans un premier temps le fonctionnement du cerveau humain sur un problème donné
- Conçoit des programmes informatiques complexes et novateurs permettant de décoder et d'analyser des données
- Entraîne des réseaux de neurones profonds
- Modélise des données complexes, comme des images et des textes
- Mène un projet de recherche et réalise une preuve de concept (POC)

Formation



- Bac +5 : formation de base type licence de maths, d'informatique ou de maths informatiques est nécessaire, complété par un master ou un diplôme d'ingénieur, voire un doctorat

Le Développeur informatique (Ingénieur / Technicien en Informatique)

délivre un code documenté suivant les règles et besoins de l'entreprise

Développeur informatique (Ingénieur / Technicien en Informatique)

Mission



Analyse, paramètre et code les composants logiciels applicatifs dans le respect des évolutions souhaitées, des normes et des procédures

Activités et tâches



- Analyse :
 - Contribue à la définition des spécifications générales
 - Réalise l'analyse technique et l'étude détaillée
 - Adapte et paramètre les progiciels* applicatifs
 - Réalise le prototypage
- Développe :
 - Réalise les modules (objets et composants logiciels)
 - Assemble les composants
 - Rédige les documentations
- S'assure de la maintenance :
 - A en charge la maintenance corrective
 - A en charge la maintenance évolutive
 - Administre les composants logiciels réutilisables et met à jour la nomenclature de ces composants

Formation



- Bac + 2 (BTS ou DUT) ou ingénieur

L'Ingénieur / Technicien Tests et Validation délivre un procès-verbal de recette*

Ingénieur / Technicien Tests et Validation

Mission



S'assure que les produits livrés seront conformes aux besoins traduits en spécifications - cela concerne les systèmes existants, les évolutions, les corrections d'incidents, ou bien les nouveaux produits

Activités et tâches



- Organise les tests : planifie les différentes tâches de test en tenant compte des contraintes de ressources humaines, matérielles et des environnements
- Conçoit les tests :
 - Vérifie la réception des livrables nécessaires à l'élaboration du plan de tests
 - Rédige les plans de qualification fonctionnels avec les acteurs concernés (utilisateurs clés, chef de projet etc.).
 - Rédige les plans de tests d'installation, d'exploitation et d'intégration en fonction du dossier d'analyse ou d'exploitation
 - Prépare et met à jour les configurations de tests en respectant les processus d'installation
- Organise le déroulement des tests :
 - Met en œuvre les outils de suivi de tests
 - Coordonne la réalisation des tests et le suivi des anomalies
 - Rapporte auprès du chef de projet
 - Rédige la fiche de qualification
 - Organise les procédures de mise en service, bilans, archivage

Formation



- Bac + 2 (BTS ou DUT) ou ingénieur débutant

* Une recette en informatique est un test de validation visant à s'assurer formellement que le produit est conforme aux spécifications

Sources : Recherche secondaire - Cigref. Intelligence Artificielle dans les grandes entreprises : enjeux de mise en œuvre opérationnelle (2017) - Analyse AEC Partners

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020



Annexes

- Etudes de cas
- Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé
- Carte d'identité des multinationales ayant une activité en IA en Santé avec une présence en France
- Fiche descriptives des métiers de l'IA
- **Liste des formations en IA en France**
- Fiches métiers : impact de l'IA sur les activités et compétences de 8 métiers

Liste des établissements éducatifs proposant des formations en données massives / IA (1/3)

Ecole / Université	Formation	Ville / Région
Data ScienceTech Institute	Applied MSc in Data Science & Artificial Intelligence	Nice
Cnam Nouvelle Aquitaine	Diplôme d'ingénieur Spécialité Informatique, parcours Big Data et Intelligence Artificielle	Niort
Ecole Polytechnique	Master Artificial Intelligence & Advanced Visual Computing	Paris
EDHEC Business School	MSc in Data Analytics & Artificial Intelligence	Lille
EISTI - CY Tech	Master International en Systèmes décisionnels/Big Data (ADEO)	Paris
EM Lyon / Mines Saint Etienne	MSc in Health Management & Data Intelligence	Lyon
ENS Cachan	Master MVA (Mathématiques / Vision / Apprentissage)	Paris
ENS Lyon	Master Humanités numériques	Lyon
ENS ULM / Université Paris-Descartes / EHESS	Master Cogmaster (Sciences cognitives)	Paris
ENSAE ParisTech	Mastère spécialisé en Data Science	Paris
ENSAI	MSc Statistiques pour Smart Data	Rennes
ENSTA ParisTech	Initiation à l'Intelligence Artificielle	Paris
EPITA	MSc in Artificial Intelligence Systems	Paris
ESC Clermont Business School	MSc in Business Intelligence and Analytics	Clermont
ESGI	Mastère Intelligence Artificielle et Big Data	Paris
ESIEE	Filère : Datascience et intelligence artificielle	Paris
ESLSCA Business School Paris	MBA Big Data Management et Processus Décisionnel	Paris
Eurecom	Master Internet des Objets	Nice
Grenoble Ecole de Management	Mastère Spécialisé Big Data	Grenoble
IA School	Mastère in Artificial Intelligence & Management	Paris
INSEEC	MSc2 Data Analytics & Manager Marketing	Paris
Institut Galilée (Paris 13)	Master EID2 (Exploration Informatique des Données et Décisionnel)	Paris
Institut Léonard de Vinci	MBA Management de l'Intelligence artificielle	Paris
MBA ESG	MBA Big Data - Chief Data Officer (MBA2)	Paris
MBA ESG	MBA Big Data et intelligence artificielle (MBA1)	Paris

Sources : Recherches secondaires - Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Analyse AEC Partners

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020

Liste des établissements éducatifs proposant des formations en données massives / IA (2/3)

Ecole / Université	Formation	Ville / Région
Mines ParisTech	AI Move	Paris
Paris School of Business	Master of Science Data Management	Paris
Rennes School of Business	MSc in Data and Business Analytics	Rennes
SKEMA Business School	MSc Artificial Intelligence for Business Transformation	Lille
Telecom Paris	Mastère Spécialisé Big Data : gestion et analyse des données massives	Paris
Université Artois	Master informatique Parcours IA	Arras
Université Claude Bernard (Lyon 1)	Master Informatique - Parcours : Intelligence artificielle	Lyon
Université d'Aix-Marseille	Master informatique IAAA (Intelligence Artificielle et Apprentissage Automatique)	Marseille
Université de Bourgogne	Master 2 Bases de données – intelligence artificielle	Dijon
Université de Lorraine	Master Sciences cognitives, parcours-type Ingénierie Cognitive, Interaction, Intelligence Artificielle	Nancy
Université de Nantes	Master ATAL (apprentissage et traitement automatique de la langue)	Nantes
Université de Reims Champagne-Ardenne	Master SEP	Reims
Université de Technologie de Troyes	Mastère Spécialisé Big Data : Analytics avancées pour la décision	Troyes
Université d'Orléans	Master informatique - Parcours Informatique Mobile Intelligente et Sécurisée (IMIS)	Orléans
Université François - Rabelais	Master BDMA (Big Data Management & Analytics)	Tour
Université Jean Monnet Saint-Etienne / Ecole Normale Supérieure des Mines Saint-Etienne	Master Informatique - Parcours : Intelligence artificielle (Machine Learning and Data Mining)	Lyon
Université Lille	Master MDLS (Apprentissage automatique et données massives)	Lille
Université Lumière (Lyon 2)	Master 2 Informatique, parcours Data Mining	Lyon
Université Paris Dauphine	Master MASH (Mathématiques, Apprentissage et Sciences Humaines)	Paris
Université Paris Dauphine	Master MIAGE	Paris
Université Paris Descartes	Master Informatique - Parcours : Intelligence artificielle distribuée	Paris
Université Paris Descartes	DU Intelligence artificielle IA appliquée en santé	Paris

Sources : Recherches secondaires - Gouvernement de la République française. Rapport de synthèse – France Intelligence Artificielle (2017) - Analyse AEC Partners

AEC Partners – L'intelligence artificielle dans les industries de santé – Septembre 2020



Liste des établissements éducatifs proposant des formations en données massives / IA (3/3)

Ecole / Université	Formation	Ville / Région
Université Paris Sud	Master AIC (apprentissage, information et contenu)	Paris
Université Paul Sabatier Toulouse III	Master IARF (Intelligence artificielle et reconnaissance des formes)	Toulouse
Université Paul Sabatier Toulouse III	Master données et connaissance	Toulouse
Université de Rennes 1	Master 2 Sciences des Données en Santé	Rennes
Sorbonne Université - UPMC (Paris 6)	Master ANDROIDE (agents distribués, robotique, recherche opérationnelle, interaction, décision)	Paris
Sorbonne Université - UPMC (Paris 6)	Master DAC (Master données, apprentissage et connaissances)	Paris
Bordeaux Ynov campus	Mastère Intelligence Artificielle	Bordeaux
ENSC	Master	Bordeaux



Annexes

- Etudes de cas
 - Impact potentiel de Ma Santé 2022 sur le développement de l'IA en santé
 - Carte d'identité des multinationales ayant une activité en IA en Santé avec une présence en France
 - Fiche descriptives des métiers de l'IA
 - Liste des formations en IA en France
- **Fiches métiers : impact de l'IA sur les activités et compétences de 8 métiers**



Huit fiches métiers ont été revues pour étudier l'impact de l'IA sur les activités et compétences

Famille de métiers	Fiches métiers revues selon l'impact potentiel de l'IA
R&D	• Chargé de recherche • Coordinateur études cliniques
Production	• Responsable maintenance • Coordinateur / Responsable amélioration continue
Information médicale & Affaires Réglementaires	• Pharmacovigilant / Matéiovigilant / Réactovigilant • Chargé / Responsable des affaires réglementaires
Promotion & Achats	• Responsable Business Excellence • Responsable des achats

Le chargé de recherche réalise des travaux d'étude dans le cadre d'un projet défini, dans le respect de la réglementation et des règles d'hygiène et sécurité (1/2)

Chargé de recherche

Mission



Réalise des travaux d'étude dans le cadre d'un projet défini, dans le respect de la réglementation et des règles d'hygiène et sécurité

Activités et tâches



- Elaboration d'un cahier des charges avec l'aide du groupe pluridisciplinaire, dans le respect d'un planning et d'un budget qu'il propose
- Conception et réalisation d'expériences scientifiques / technologiques
- Définition des protocoles, des moyens matériels et des méthodes de ces expériences
- Analyse et interprétation des résultats de ces expériences scientifiques ou technologiques
- Rédaction des procédures, des hypothèses de recherche et des modèles
- Contrôle de la cohérence des résultats des expériences par rapport aux hypothèses
- Rédaction de rapports et publications d'études scientifiques / technologiques
- Présentation des résultats des études en interne et en externe
- Réalisation de la veille scientifique et/ou technique
- Identification de nouvelles pistes scientifiques et techniques au cours des expériences
- Conception et transmission des méthodes et résultats innovant susceptibles de valorisation au titre de la propriété industrielle
- Supervision technique des activités sous traitées
- Elaboration et respect des planning et budgets validés
- Participation, le cas échéant, à l'établissement des dossiers de marquage CE

Formation

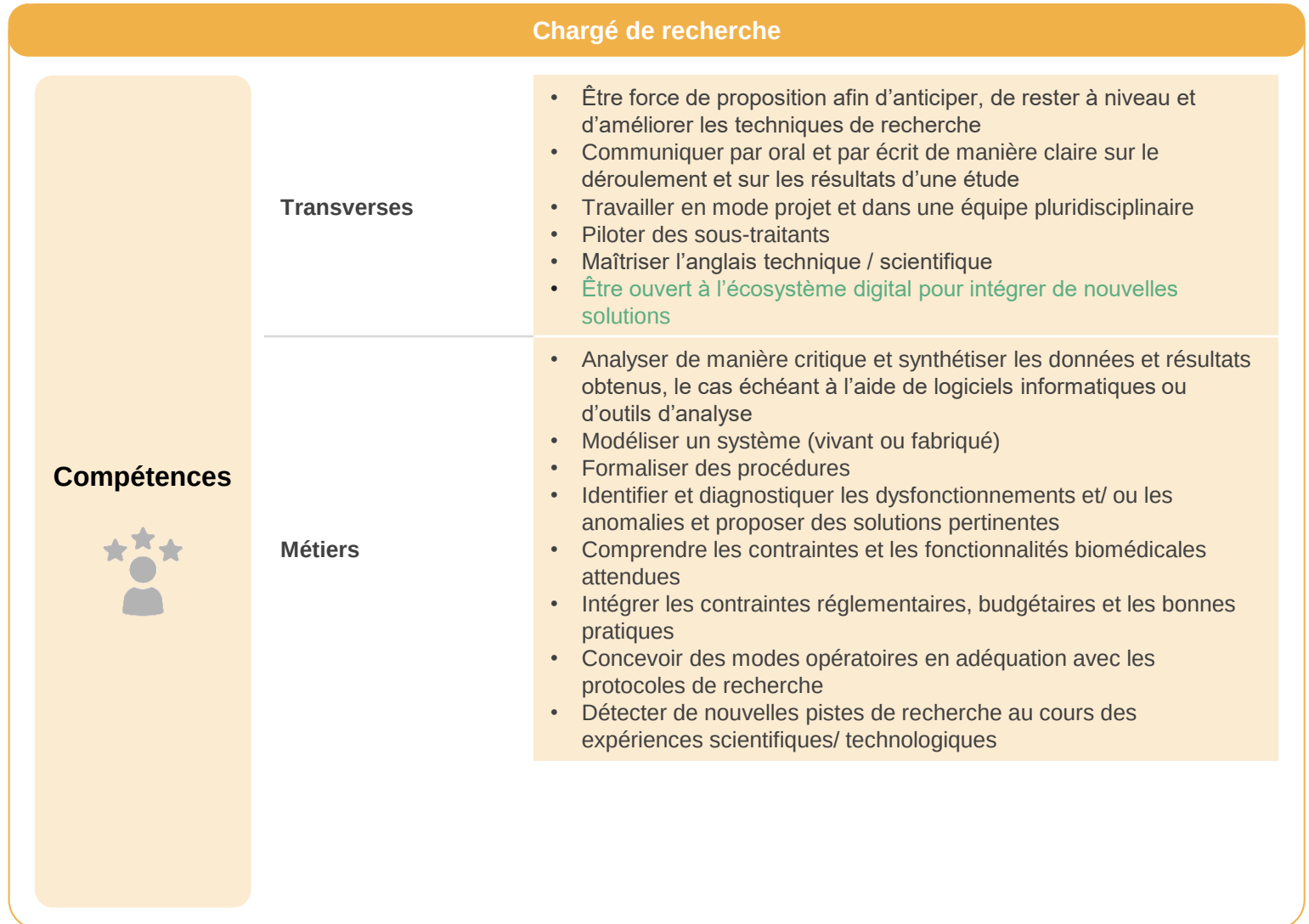


- Bac +8 en biologie ou en chimie
- Pharmacien
- Master 2 ou ingénieur à dominante biologie double compétence mécanique, électronique, chimie

xx → Impact fort de l'IA sur les activités

xx → Impact modéré de l'IA sur les activités

Le chargé de recherche réalise des travaux d'étude dans le cadre d'un projet défini, dans le respect de la réglementation et des règles d'hygiène et sécurité (2/2)



xx → Nouvelles compétences liées au développement de l'IA dans les industries de santé

Le coordinateur d'études cliniques coordonne et supervise la réalisation des études cliniques dans le respect de la réglementation et des délais (1/2)

Coordinateur études cliniques / Chef de projet clinique

Mission



Coordonne et supervise la réalisation des études cliniques dans le respect de la réglementation et des délais

Activités et tâches



- Coordination des études cliniques nationales et internationales
- Allocation et réallocation des moyens budgétaires nécessaires à la réalisation des études cliniques
- Sélection et gestion des sous-traitants pour la réalisation des études cliniques
- Gestion administrative, réglementaire et budgétaire des études cliniques
- **Gestion et anticipation des risques** et mise en place d'actions pour les prévenir
- **Choix des sites d'investigation clinique**
- **Suivi du bon déroulement des études cliniques (recrutement des patients)**
- **Contrôle de la qualité des études cliniques et du respect de la réglementation**
- Validation des maquettes des cahiers d'observations
- Gestion budgétaire, réglementaire et logistique des études cliniques (matériels, stocks)
- Animation et formation des ARC et des investigateurs sur les spécificités d'une étude clinique
- **Suivi des événements indésirables en relation avec la pharmacovigilance**
- Définition des besoins humains nécessaires à la réalisation des études cliniques
- Proposition et conseil sur le protocole d'étude clinique (déroulement pratique des visites)
- Conception des cahiers d'observations (éventuellement)
- **Validation des comptes-rendus de monitoring**
- Gestion des contrats investigateurs et conventions hospitalières en relation avec le service juridique

Formation



- Bac +5
- Master biologie et santé et sciences du médicament avec spécialité essais cliniques, recherche et développement, recherche, pharmacologie préclinique et clinique
- Diplôme d'Etat de docteur en pharmacie filière Industrie / Diplôme d'Etat de médecine
- Doctorat en biologie

xx → Impact fort de l'IA sur les activités

xx → Impact modéré de l'IA sur les activités

Le coordinateur d'études cliniques coordonne et supervise la réalisation des études cliniques dans le respect de la réglementation et des délais (2/2)

Coordinateur études cliniques / Chef de projet clinique

Compétences



Transverses

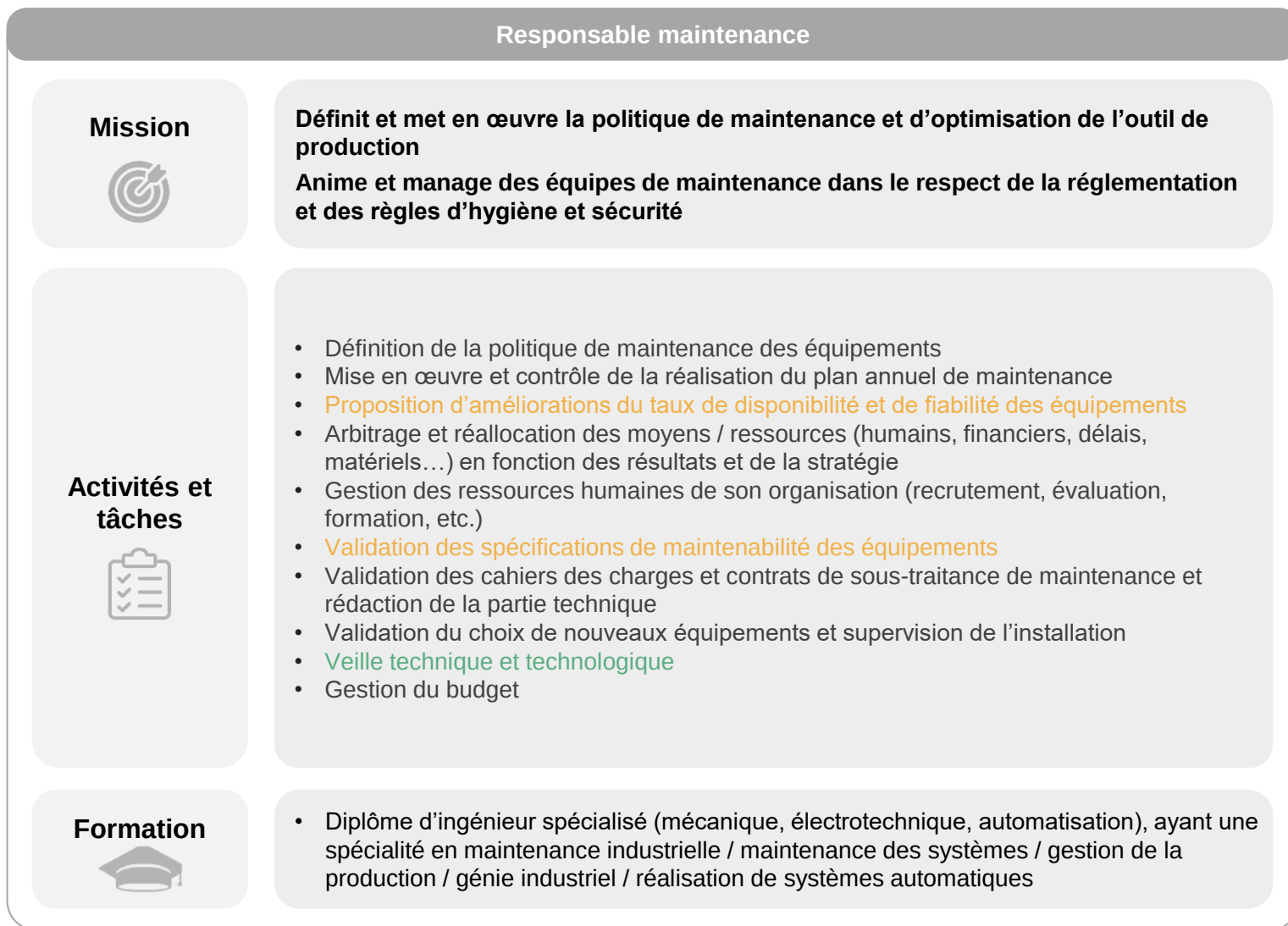
- Animer, motiver et mobiliser une équipe de collaborateurs
- Travailler en équipes pluridisciplinaires et éventuellement internationales
- Savoir prévenir et/ou arbitrer les conflits et tensions éventuels
- Interpréter et exploiter des informations scientifiques de manière synthétique
- Travailler dans des organisations matricielles et internationales
- Être diplomate
- Être ouvert à tout l'écosystème digital pour intégrer de nouvelles solutions

Métiers

- Organiser et coordonner la mise en place et le suivi des études cliniques nationales ou internationales
- Identifier et diagnostiquer les dysfonctionnements et/ou les anomalies sur l'étude clinique et proposer des solutions correctives
- Présenter le protocole des études cliniques aux ARC ou aux investigateurs
- Evaluer l'adéquation entre les exigences du protocole et les ressources du site
- Identifier les points clés / critiques d'une étude clinique dans son déroulement
- Rédiger un cahier des charges
- Gérer le budget de l'étude clinique
- Négocier des délais, des moyens avec la sous-traitance et/ou avec les fournisseurs

xx → Nouvelles compétences liées au développement de l'IA dans les industries de santé

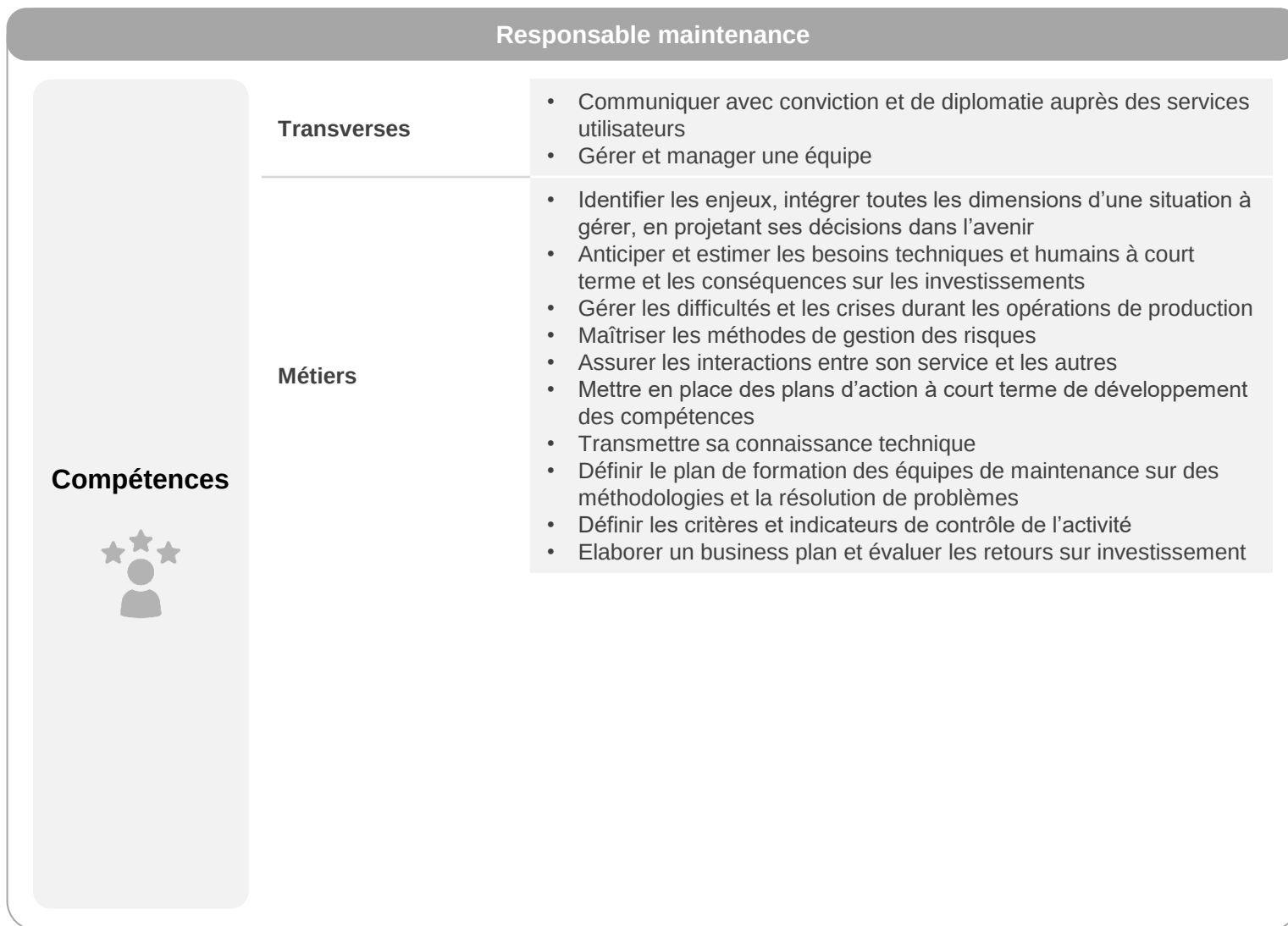
Le responsable maintenance met en œuvre la politique de maintenance et d'optimisation de l'outil de production (1/2)



xx → Impact fort de l'IA sur les activités

xx → Impact modéré de l'IA sur les activités

Le responsable maintenance met en œuvre la politique de maintenance et d'optimisation de l'outil de production (2/2)



xx → Nouvelles compétences liées au développement de l'IA dans les industries de santé

Le coordinateur / responsable amélioration continue assure la performance optimale des lignes de production en terme de qualité, coûts et délais (1/2)

Coordinateur / Responsable amélioration continue

Mission



Assure la performance des lignes de production en terme de qualité, coûts et délais
Gère tous les projets visant à améliorer l'efficacité et la productivité des activités et des équipes industrielles au sein d'un ou plusieurs sites
Développe et promeut la démarche d'amélioration continue à tous les niveaux de l'entreprise

Activités et tâches



- Diagnostic de la performance des systèmes de production existants
- Utilisation et mise en œuvre des approches et des outils pour l'optimisation des performances des procédés industriels (Lean manufacturing, démarche DMAIC, Six Sigma, Kanban, 5S, Kaizen, ergonomie des postes...)
- Capitalisation sur des benchmarking d'amélioration continue (principes et méthodologie)
- Identification et priorisation des problématiques
- Travail en interaction avec les responsables de production et le développement industriel
- Animation de groupes de projets en amélioration continue et rédaction de notes de synthèse et propositions d'amélioration
- Proposition de solutions adaptées et réalistes pour l'amélioration des systèmes par re-conception ou modification des modes de pilotage
- Réalisation d'études techniques et financières de projets d'amélioration de la performance (équipements existants) et d'investissements (nouveaux équipements)
- Mise en œuvre et suivi des recommandations d'amélioration continue
- Définition et suivi des indicateurs de performance et des tableaux de bord
- Assistance technique lors de la mise en route des nouvelles installations et résolution de problèmes
- Révision et adaptation si nécessaire de l'organisation du travail et des équipes au sein du site de production, pouvant comprendre la formation des opérateurs de production aux nouvelles installations
- Facilitation et suivi des audits internes et externes

xx → Impact fort de l'IA sur les activités

xx → Impact modéré de l'IA sur les activités

Le coordinateur / responsable amélioration continue assure la performance optimale des lignes de production en terme de qualité, coûts et délais (2/2)

Coordinateur / Responsable amélioration continue

Formation



- Master 2 ou ingénieur dans les domaines suivants : biotechnologies, génie chimique ou biochimie – avec souvent une spécialisation en génie Industriel ou Mécanique

Compétences



Transverses

- Maîtriser l'anglais courant – lecture, rédaction et communication de documents scientifiques, négociation, animation de réunions
- Capacité à organiser et prioriser les actions et l'allocation de moyens/ ressources/délais
- Savoir faire preuve de rigueur et méthode
- Être force de proposition et faire preuve d'innovation afin d'anticiper et d'améliorer les techniques et procédés d'industrialisation
- Avoir le sens des délais et du résultat afin d'évaluer et d'optimiser le temps et les moyens nécessaires pour la réalisation des différentes étapes des projets

Métiers

- Très bien connaître les procédés d'industrialisation de l'entreprise, selon son activité
- Maîtriser les outils d'amélioration continue (5S, SMED, Kaizen)
- Maîtriser les techniques de gestion de projets techniques (expression des besoins, cahier des charges, planning...), les bases de gestion financière et les différents outils associés
- Calculer des budgets prévisionnels et des retours sur investissements
- Evaluer la faisabilité des améliorations techniques sur les équipements et/ou les composants
- Maîtriser les avancées technologiques récentes
- Présenter, argumenter, négocier (éventuellement) avec les sous traitants, partenaires internes et externes
- Maîtriser le travail en équipe transversale et pluridisciplinaire

xx → Nouvelles compétences liées au développement de l'IA dans les industries de santé

Le chargé de pharmacovigilance participe à l'évaluation et la surveillance des risques liés à l'utilisation des produits de santé avant et après commercialisation (1/2)

Chargé de pharmacovigilance / matériovigilance / réactovigilance

Mission



Évaluer et surveiller les risques liés à l'utilisation du produit de santé avant et après sa commercialisation et proposer des mesures préventives et/ou correctives appropriées permettant de diminuer ces risques,
Promouvoir le bon usage du produit de santé
Garantir la sécurité du patient, dans le respect de la réglementation

Activités et tâches



Gestion des cas de pharmacovigilance / matériovigilance / réactovigilance des produits de l'entreprise :

- Recueil, saisie dans la base de données et suivi des cas de pharmacovigilance / matériovigilance / réactovigilance
- Surveillance et identification de signal
- Analyse des cas de mésusage ou d'usage non conforme dans le cadre du bon usage
- Classement, stockage et archivage des données

Administration de la base de données :

- Garant de la qualité (contrôle des indicateurs de suivi – délai, nombre de cas, etc.) de la base de données
- Référent interne de la base de données
- Adaptation des révisions de l'outil en fonction des évolutions de la réglementation

Formation des équipes internes :

- Dispensation de la formation des arrivants sur les outils en interne
- Participation à la rédaction des manuels administrateurs
- Participation à la formation des équipes interne à la pharmacovigilance / matériovigilance / réactovigilance et à la gestion des risques

Formation



- Licence professionnelle : gestionnaire de base de données de pharmacovigilance / matériovigilance / réactovigilance, vigilance industrielle, santé mention bio-industries
- Master 2 de pharmaco-épidémiologie, recherche clinique et pharmacovigilance, toxicologie humaine, évaluation des risques et vigilance

xx → Impact fort de l'IA sur les activités

xx → Impact modéré de l'IA sur les activités

Le chargé de pharmacovigilance participe à l'évaluation et la surveillance des risques liés à l'utilisation des produits de santé avant et après commercialisation (2/2)

Chargé de pharmacovigilance / matériovigilance / réactovigilance

Compétences



Transverses

- Maîtriser l'anglais opérationnel
- Savoir travailler en équipe
- Être rigoureux, organisé et positif
- Savoir travailler dans un environnement règlementé et complexe
- Savoir organiser et adapter son travail en fonction des priorités
- Former les nouveaux collaborateurs aux outils
- Avoir le sens de l'éthique (respect du patient et de la confidentialité de ces données)
- Respecter la politique d'entreprise
- [Appréhender les enjeux de gestion de la donnée](#)

Métiers

- Savoir utiliser et actualiser les bases de données de pharmacovigilance / matériovigilance / réactovigilance
- Connaître le système de pharmacovigilance / matériovigilance / réactovigilance (réglementation et procédures nationales/internationales)
- Avoir à son échelle des capacités d'anticipation, de détection et d'évaluation du risque médicamenteux et alerter le cas échéant
- Participer à son échelle, à l'amélioration du parcours de soin
- Maîtriser les outils digitaux de suivi du patient (applications, objets connectés)

xx → Nouvelles compétences liées au développement de l'IA dans les industries de santé

Le chargé des affaires réglementaires conseille et accompagne l'ensemble des équipes tout au long du cycle de vie du dispositif médical, de son développement jusqu'à la fin de vie du produit (1/2)

Chargé des affaires réglementaires

Mission



Participe au déploiement de la stratégie réglementaire définir
Réalise toutes les activités liées à l'enregistrement et au maintien des homologations, des autorisations de mise sur le marché (AMM) et/ou marquage CE, dans le respect de la réglementation du secteur dès le développement, l'exploitation et jusqu'à la fin de la vie des produits

Activités et tâches



Les activités seront impactées par l'IA surtout si le produit d'intérêt intègre de l'IA.

- Conseil et assistance sur les aspects réglementaires auprès des services concernés (développement, production, qualité, marketing, ventes...)
- **Organisation, planification et rédaction des procédures inhérentes aux activités des affaires réglementaires**
- Préparation des demandes réglementaires spécifiques (demande d'autorisation d'essais cliniques, technologiques, demandes d'importation, dossier export...)
- **Constitution et/ ou coordination, suivi, contrôle de la conformité réglementaire et dépôt des dossiers d'AMM / marquage CE**
- **Gestion des bases de données et archivage des dossiers d'AMM / marquage CE**
- Suivi des dossiers de demandes et réponse aux questions des autorités de santé et recueil des compléments nécessaires
- **Assistance sur la communication produit (marketing, notice, communication scientifique,...) et validation**
- **Assistance dans la gestion des incidents de vigilance sanitaire**
- **Réalisation de la veille réglementaire nationale et internationale**
- Dépôt des dossiers d'homologation et/ ou d'AMM selon le planning établi
- Rédaction des procédures inhérentes à l'activité réglementaire

Formation



- Pharmacien, médecin ou vétérinaire
- Bac +5 en science de la vie
- Seulement pour les DM : Bac +3 minimum à dominante Mécanique, Electronique, Biologie, Chimie, Affaires réglementaires, Droit de la santé, Ingénierie biomédicale

xx → Impact fort de l'IA sur les activités

xx → Impact modéré de l'IA sur les activités

Le chargé des affaires réglementaires conseille et accompagne l'ensemble des équipes tout au long du cycle de vie du dispositif médical, de son développement jusqu'à la fin de vie du produit (2/2)

Chargé des affaires réglementaires

Compétences



Transverses

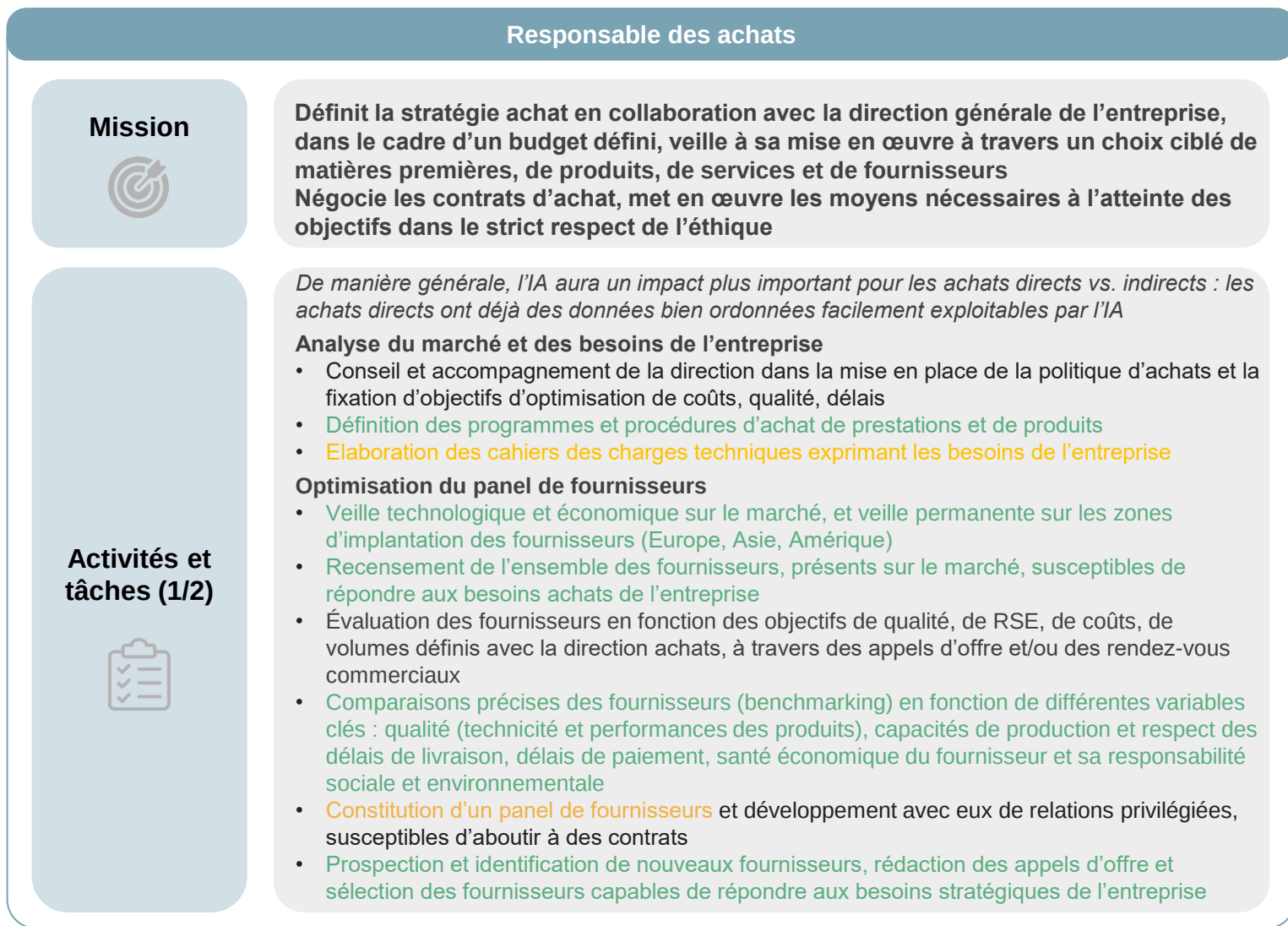
- Diagnostiquer et anticiper les risques, formuler des recommandations
- Être force de proposition dans le cadre d'approches stratégiques
- Analyser, interpréter et exploiter des informations réglementaires, scientifiques et/ ou technologiques
- Coordonner des projets en maîtrisant les délais
- User de diplomatie et communiquer avec efficacité
- Travailler en équipe pluridisciplinaire
- Travailler avec rigueur et méthode
- Travailler couramment en anglais
- Appréhender les enjeux de gestion de la donnée
- Connaître l'écosystème de l'IA en santé et appréhender les enjeux associés pour l'évaluation de produits comprenant de l'IA

Métiers

- Avoir une vision et appréhension systémique des enjeux de la santé
- Disposer des connaissances scientifiques et réglementaires liées aux affaires pharmaceutiques (notamment les nouvelles réglementations à venir)
- Participer à la recherche et au développement des produits de santé
- Comprendre la responsabilité pharmaceutique et la gestion du risque
- Avoir des capacités d'analyse d'impact du changement
- Former et informer les différents services de la stratégie d'enregistrement (accès au marché ...)

xx → Nouvelles compétences liées au développement de l'IA dans les industries de santé

Le responsable des achats conseille et accompagne la direction dans la mise en place de la politique d'achat et la fixation d'objectifs d'optimisation de coûts, qualité et délais (1/3)



xx → Impact fort de l'IA sur les activités

xx → Impact modéré de l'IA sur les activités

Le responsable des achats conseille et accompagne la direction dans la mise en place de la politique d'achat et la fixation d'objectifs d'optimisation de coûts, qualité et délais (2/3)

Responsable des achats

Activités et tâches (2/2)



Négociations commerciales avec les fournisseurs

- Fixation précise pour chaque produit ou matériau nécessaire à l'entreprise des objectifs de prix, de volumes, de délais, de qualité
- Analyse et anticipation des objectifs du fournisseur en termes d'objectifs commerciaux : coûts de fabrication, marges, position sur son marché, santé financière...
- Négociation avec les fournisseurs sur les prix, les obligations à respecter de leur part (critères qualité, volumes et délais de livraisons...), les conditions de paiement
- Communication des besoins de l'entreprise, et des perspectives de relations commerciales, en fonction des attentes commerciales du fournisseur
- Construction et développement des relations à long terme avec des fournisseurs privilégiés
- Identification, anticipation et gestion des risques fournisseurs
- Suivi du bon acheminement des marchandises jusqu'à la livraison aux services concernés

Suivi des fournisseurs et des contrats

- Suivi de la bonne réalisation des accords définis contractuellement
- Définition avec les services concernés des modalités de contrôle interne de la chaîne achat afin de contribuer au suivi budgétaire des dépenses
- Évaluation de la satisfaction des directions métier par rapport aux achats réalisés et aux fournisseurs sélectionnés
- Audit et évaluation des fournisseurs selon des critères définis avec la direction achats et la réglementation applicable
- Rôle d'interface et de communication interne afin de favoriser la bonne intégration des achats réalisés dans les circuits de production selon les entreprises

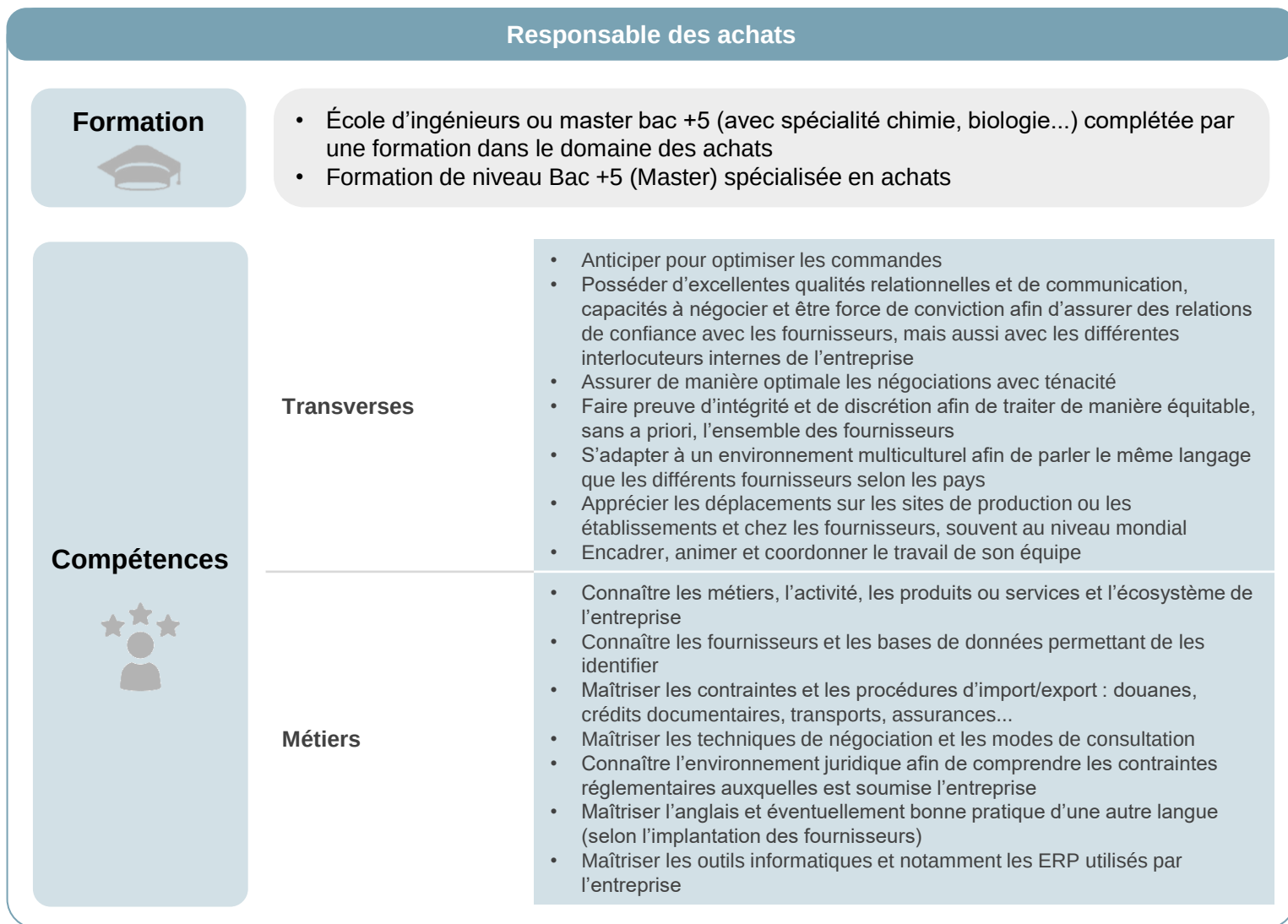
Reporting de l'activité

- Création et suivi des indicateurs de reporting de son activité
- Présentation du reporting auprès de la direction des achats et des directions métier de l'entreprise
- Analyse et présentation de l'évolution des principaux indices de marché (cost drivers, énergie, inflation, transport...) qui ont un impact sur les conditions d'achat

xx → Impact fort de l'IA sur les activités

xx → Impact modéré de l'IA sur les activités

Le responsable des achats conseille et accompagne la direction dans la mise en place de la politique d'achat et la fixation d'objectifs d'optimisation de coûts, qualité et délais (3/3)



xx → Nouvelles compétences liées au développement de l'IA dans les industries de santé

Le responsable Business Excellence crée des outils pour répondre aux problématiques de l'entreprise : allocation des ressources, planification, prévisions des ventes, reporting des données de ventes (1/2)

Responsable de l'efficacité commerciale

Mission



Propose et développe des outils d'allocation des ressources, de planification, de prévisions des ventes et de reporting fiables et efficaces des ventes
Suit, analyse les études de marché et les données d'activités afin de faire des recommandations stratégiques au directeur des opérations

Activités et tâches



Définition des outils de planification et de reporting

- Conception, développement d'outils de suivi des objectifs des équipes terrain et de validation des primes
- Proposition et création de tableaux de bord nécessaires au management des équipes de terrain (unités géographiques, volumes, ratios, critères d'évolutions)
- Proposition de définition de procédures afin d'assurer le bon calcul des objectifs définis
- Propositions d'actions sectorielles qui découleront des analyses d'impact
- Elaboration des prévisions de ventes mensuelles des produits par zones géographique

Coordination des études de marché (France/internationales) et prévisions des ventes

- Analyse du portefeuille produits de l'entreprise par rapport au marché
- Définition du plan global des études et négociation de l'enveloppe budgétaire
- Conseil sur la pertinence et la faisabilité des études de marché
- Elaboration des indicateurs, choix d'outils et de techniques des études et allocation des moyens
- Mise en œuvre, exploitation et présentation des études transversales ad hoc (études de satisfaction, image de l'entreprise...)
- Consolidation des études de marché et contrôle des résultats

Suivi et analyse des résultats

- Analyse de la performance de l'activité et élaboration de recommandations stratégiques pour diriger l'organisation vers l'excellence commerciale
- Analyse comparative de l'organisation des forces de terrain pour garantir la compétitivité de l'équipe

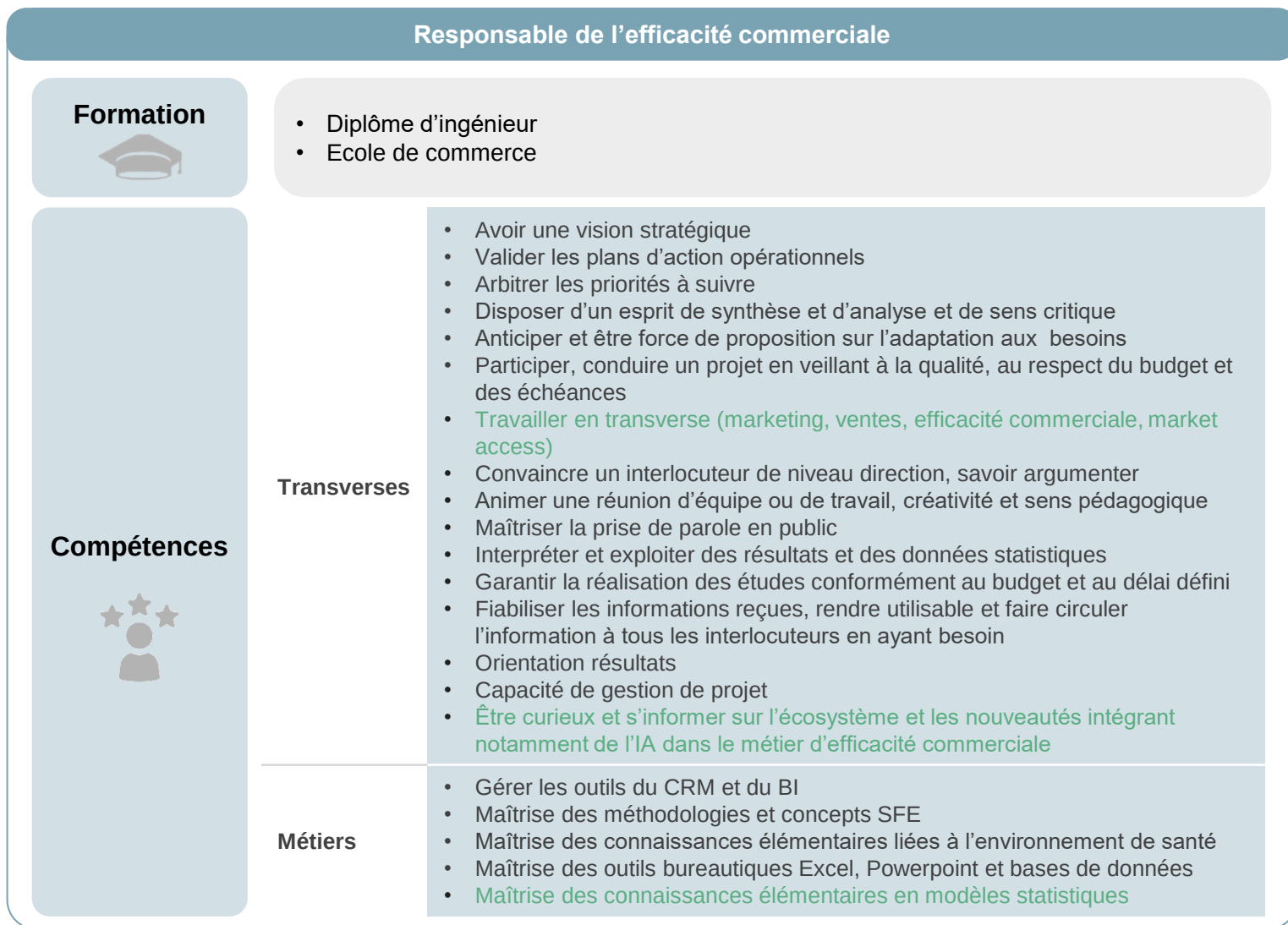
Gestion de projets transversaux

- Animation de la réflexion en collaboration avec les responsables des ventes et du marketing pour définir les indicateurs de pilotage de la performance (objectifs d'activités, de visites, de couverture et de fréquences)
- Identification et définition des différents segments de clientèle et participation à la réflexion sur la stratégie « client » à mettre en place

xx → Impact fort de l'IA sur les activités

xx → Impact modéré de l'IA sur les activités

Le responsable Business Excellence crée des outils pour répondre aux problématiques de l'entreprise : allocation des ressources, planification, prévisions des ventes, reporting des données de ventes (2/2)



xx → Nouvelles compétences liées au développement de l'IA dans les industries de santé



AEC Partners

www.aec-partners.com