



# A RETENIR

## Les besoins en compétences, emploi et formation relatifs aux technologies quantiques

#quantique  
#quantum  
#emploi  
#compétence  
#formation

mardi 9 janvier 2024

## LES CHIFFRES CLÉS

Plus de  
**3 milliards \$**  
en 2030

La taille potentielle du marché mondial des technologies quantiques contre 300 à 500 millions de dollars aujourd'hui.

Près d'une  
**Centaine**  
d'acteurs en France en 2023

dans l'écosystème des technologies quantiques, positionnés sur toute la chaîne de valeur.

Plus de  
**3 000**  
emplois en France en 2023

dans l'écosystème des technologies quantiques dont **près de 900 dans la branche BETIC.**

Plus de  
**2 000**  
Recrutements dans 3 à 5 ans

portés par la recherche et les start-ups de fabrication d'ordinateurs quantiques. **La branche BETIC pourrait en compter 500.**

Sources : Yole Development, enquête et traitement KYU, Olivier Ezratty

## LES TECHNOLOGIES QUANTIQUES, DE QUOI PARLE-T-ON ?

On distingue trois grandes technologies quantiques qui reposent sur la capacité à contrôler et mesurer individuellement des systèmes quantiques et sur des principes tels que la superposition quantique et l'intrication quantique :

- ▲ **L'informatique quantique** qui permet de résoudre des problèmes complexes que des ordinateurs classiques ne pourraient résoudre dans un temps raisonnable ;
- ▲ **Les capteurs quantiques et la métrologie** qui permettent de réaliser des mesures extrêmement précises ;
- ▲ **Les communications quantiques et la cryptographie** qui permettent de transférer des informations quantiques et de protéger les échanges.

## DE NOMBREUSES PROMESSES, MAIS DES TECHNOLOGIES ENCORE NON MATURES

Alors que ces technologies pourraient avoir de nombreuses applications dans des domaines tels que la **santé et les biotechnologies**, **l'énergie et la chimie**, la **finance**, la **défense et l'aérospatial** ou encore les **transports et la logistique**, des barrières technologiques encore importantes demeurent.

Si **l'informatique quantique** est le plus petit marché de ces technologies, il **pourrait devenir dominant** dans les prochaines années notamment avec l'atteinte de l'avantage quantique (moment où un ordinateur quantique est en mesure de faire au moins aussi bien que les supercalculateurs actuels - temps de calcul, consommation énergétique, qualité des résultats, coût financier).

## LA FRANCE, UN ACTEUR DE RANG MONDIAL

Une dizaine de pays, au premier rang desquels les États-Unis sont positionnés sur les technologies quantiques. Alors que l'Union européenne est un acteur de premier plan dans la production et les investissements dans les technologies quantiques, l'écosystème français se caractérise par :

### Une centaine d'acteurs positionnés sur toute la chaîne de valeur

L'écosystème français bénéficie d'une recherche publique performante (70 laboratoires, 2 000 chercheurs et doctorants) très liée aux entreprises. Ces dernières sont majoritairement positionnées en amont de la chaîne de valeur notamment sur la fabrication d'ordinateurs quantiques ; de nombreuses start-ups font référence. Moins nombreuses, des entreprises développent des logiciels et algorithmes quantiques. En aval de la chaîne de valeur, des grandes entreprises du numérique et du conseil acculturent les futurs usagers en fournissant des prestations de services et d'intégration.

### Un plan quantique national pour soutenir l'écosystème

L'écosystème s'appuie sur : une stratégie quantique nationale lancée en 2021 et accompagnée d'un plan d'investissement de plus de 1,8 milliard d'euros réparti sur 5 ans ; le Quantum technologies Flagship démarche européenne soutenant la recherche ; et des investissements privés.

## IMPACTS SUR LES MÉTIERS ET LES COMPÉTENCES DE LA BRANCHE

Alors que des entreprises de la branche sont impliquées dans le développement des technologies quantiques, d'autres voient leurs activités traditionnelles évoluer (algorithmie, solutions quantum inspired, cybersécurité avec la cryptographie post-quantique). Parmi les 3 000 emplois de l'écosystème, **900 pourraient être dans des entreprises de la branche.**

### Des métiers très qualifiés et de nouvelles compétences à développer

Les **métiers de la branche mobilisés** sur les technologies quantiques sont des métiers hautement qualifiés : ingénieur quantique, ingénieur DevOps, Ingénieur de production, Product owner cloud services, architecte de systèmes, business developer... Si de nombreux métiers existent déjà les compétences à développer sont spécifiques aux technologies quantiques :

- Des compétences scientifiques en physique, mathématique et informatique (manipulation d'atomes, la manipulation d'électrons, photonique, métrologie... ) ;
- Des compétences techniques en mathématiques et logiciels (théories de la complexité, algorithmie classique et quantique, codes de correction d'erreurs, création de firmwares, création et l'amélioration d'outils de développement visuels) ;
- Des compétences sectorielles en sciences du vivant (chimie organique, repliement des protéines, photosynthèse...), sciences des matériaux (chimie des batteries...) et d'autres domaines (calculs de risques en finance, problèmes d'optimisation en logistique...).

### Plus de 2 000 recrutements à horizon 3-5 ans dont 500 dans la branche

Le secteur pourrait générer plus de 2 000 recrutements ces prochaines années concentrés dans les laboratoires, les start-ups et sur les métiers déjà présents. À horizon 2040, du fait de l'évolution technologique incertaine, aucune information temporelle précise ne peut aujourd'hui être estimée.

## TENDANCES À SUIVRE

Du fait de la forte dépendance des besoins en emploi et en compétences à la l'évolution de la maturité des technologies, il s'agit de mener une veille sur l'écosystème scientifique et industriel.

- ▲ L'évolution des capacités de financements des start-ups et des laboratoires
- ▲ L'évolution de la maturité scientifique et commerciale des technologies quantiques
- ▲ Le développement de cas d'usage notamment de l'informatique quantique
- ▲ Les tensions au recrutement liées à l'intensification de la concurrence au recrutement

## CE QU'IL FAUT RETENIR

- ▲ Mis à part le métier d'ingénieur quantique, les métiers de la branche mobilisés par les technologies quantiques sont des métiers déjà existants. Toutefois, les compétences à développer sont très différentes et requièrent des prérequis élevés en matière de mathématiques, d'informatique et de physique.
- ▲ Les technologies quantiques dynamisent également le marché d'autres activités de la branche non quantiques (algorithmie, quantum inspired, cybersécurité). Les besoins en recrutement sur les métiers de ces activités (data scientist, data engineer, responsable sécurité de l'information...), pourraient ainsi augmenter.
- ▲ Les besoins en recrutement sur les activités quantiques de la branche, bien qu'important à l'échelle de l'écosystème, demeurent limités à l'échelle de la branche.
- ▲ Si les tensions au recrutement sont pour le moment limitées, celles-ci pourraient s'intensifier du fait de l'intensification de la concurrence au recrutement (concurrence d'autres secteurs sur des profils communs, concurrence internationale).
- ▲ L'offre de formation est encore en cours de structuration et de développement. Alors que la formation initiale semble répondre aux besoins actuels, la formation continue « traditionnelle » ne répond pas aux besoins en compétences des acteurs du secteur (compétences trop pointues, absence de formateur qualifié, besoins trop spécifiques) qui se tournent vers l'autoformation et les partenariats.

## PRÉCONISATIONS POUR LA BRANCHE

Au regard du niveau de maturité actuel des technologies quantiques et de ses perspectives d'évolution, **deux enjeux** apparaissent pour la branche :

- ▲ L'acculturation des entreprises et des salariés du numérique au quantique ;
- ▲ Le développement des compétences indirectement concernées par les technologies quantiques (cryptographie post-quantique, solution quantum inspired, algorithmie...).

Pour y répondre, **trois préconisations** ont été élaborées

- ▲ Initier une coopération entre les académiques et les professionnels d'un secteur applicatif afin de concevoir une offre de formation verticale ;
- ▲ Développer un MOOC « Quantique et sécurité : menaces et opportunités » afin d'acculturer les salariés du numérique à ses enjeux
- ▲ Créer une table d'orientation destinée aux salariés et aux entreprises du numérique, leur permettant d'identifier les formations pertinentes pour évoluer vers le quantique

### VERBATIM

*Les technologies quantiques ne sont pas génératrices de nouveaux métiers. En revanche, les besoins en compétences parmi les métiers de la branche sont nouveaux et extrêmement pointus. Les salariés impliqués dans ces technologies devront notamment combiner des connaissances en physique, en informatique et en mathématiques en plus d'avoir une compréhension générale des technologies quantiques et de leur fonctionnement.*



**OPIIEC**

Retrouvez le rapport complet de l'étude sur [www.opiiec.fr](http://www.opiiec.fr)

Étude réalisée par le cabinet KYU Associés pour l'OPIIEC avec le soutien d'Olivier Ezratty

Observatoire Paritaire des métiers du Numérique,  
de l'Ingénierie, du Conseil et de l'Événement

[opiiec@opiiec.fr](mailto:opiiec@opiiec.fr)  
[www.opiiec.fr](http://www.opiiec.fr)

**Atlas**<sup>OPCO</sup>  
Soutenir les compétences

ETUDE RÉALISÉE AVEC LE SOUTIEN DE L'OPCO ATLAS