

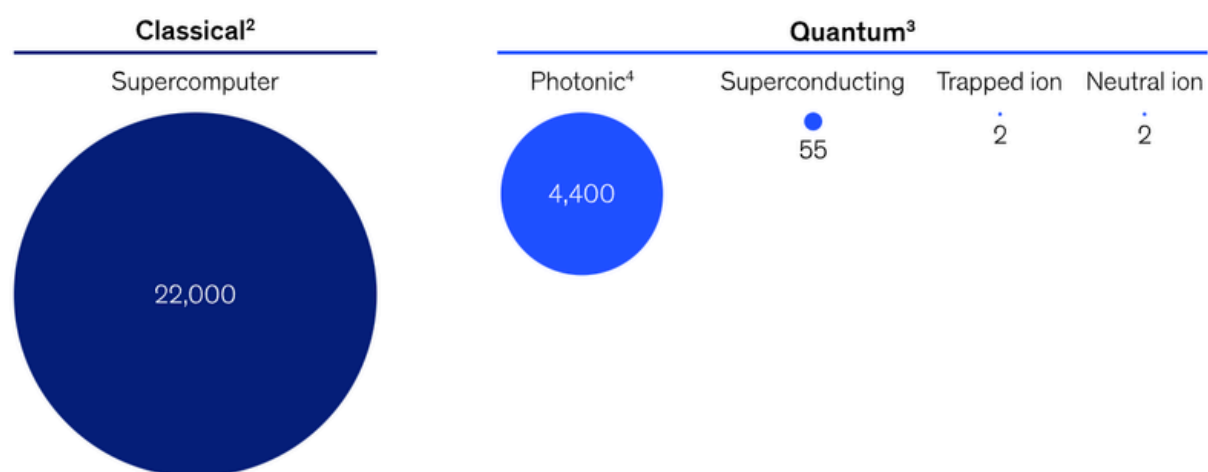
## Quantique et transition : un froid absolu pour des enjeux brûlants

Jean-Baptiste Dupin, Directeur scientifique de Zenon

En 2024, les investissements mondiaux cumulés privés dans les technologies quantiques ont atteint 11 Md\$, pour 42 Md\$ d'engagements publics, révélant un niveau de maturité alors encore faible. 2025 a été déclarée par les Nations Unies Année internationale des sciences et technologies quantiques. En 2026, le mot quantique s'impose dans les discours sur la transition énergétique. Derrière cette étiquette se cache pourtant un paradoxe : cette filière, présentée comme une solution climatique, a elle-même un bilan environnemental. Il convient de l'examiner.

Refroidir un ordinateur quantique supraconducteur requiert d'atteindre 15 mK, 200 fois plus froid que l'espace interstellaire. Chaque réfrigérateur à dilution consommerait entre 5 et 10 kW en continu. À l'échelle d'un système de calcul quantique complet, la consommation atteindrait environ 55 kW contre 22 000 kW pour un supercalculateur classique équivalent (figure 1). Ce rapport favorable masque des angles morts : la filiale mobilise des matériaux critiques concentrés géopolitiquement – niobium, indium, tantale, hélium-3 – dont les chaînes d'approvisionnement sont majoritairement contrôlées par la Chine. Par ailleurs, aucun standard de mesure du cycle de vie complet d'ordinateur quantique n'existe à ce jour. Pourtant, les projections du numérique invitent à la prudence : le secteur (ICT) pourrait représenter 21 % de la consommation énergétique mondiale en 2030 malgré des gains d'efficacité continus – illustration du paradoxe de Jevons.

Indicative power requirements of classical and quantum computing architectures at scale,<sup>1</sup> kW



<sup>1</sup>Figures are total electricity usage, including compute and other aspects such as cooling. <sup>2</sup>Based on typical supercomputer GPU configurations and facility efficiency values. <sup>3</sup>Based on bottom-up component model aggregating power draws for cryogenics, lasers, and control electronics, informed by current laboratory and vendor specifications. <sup>4</sup>Sees the largest uncertainty (could vary by order of magnitude) and assumes large detector arrays cooled by cryocoolers, adjusted for plausible multiplexing advances.

Figure 1 – Comparaison des puissances consommées indicatives par architecture informatique (McKinsey, 2026)

Pourtant, certaines autres applications du quantique peuvent contribuer déjà concrètement à la transition. Les câbles supraconducteurs HTS transportent l'électricité sans résistance, avec une densité de courant 200 fois supérieure aux câbles conventionnels, et se concrétisent désormais. Les matériaux quantiques ouvrent aussi la voie à un stockage électrique plus durable. Côté capteurs quantiques, gravimètres, magnétomètres et horloges atomiques permettent de cartographier les réservoirs de CO<sub>2</sub>, surveiller les réseaux et synchroniser les énergies renouvelables variables (figure 2). Le marché mondial des capteurs quantiques atteignait ainsi 400 M\$ en 2024, avec une croissance annuelle projetée à 15,7 % jusqu'en 2032.

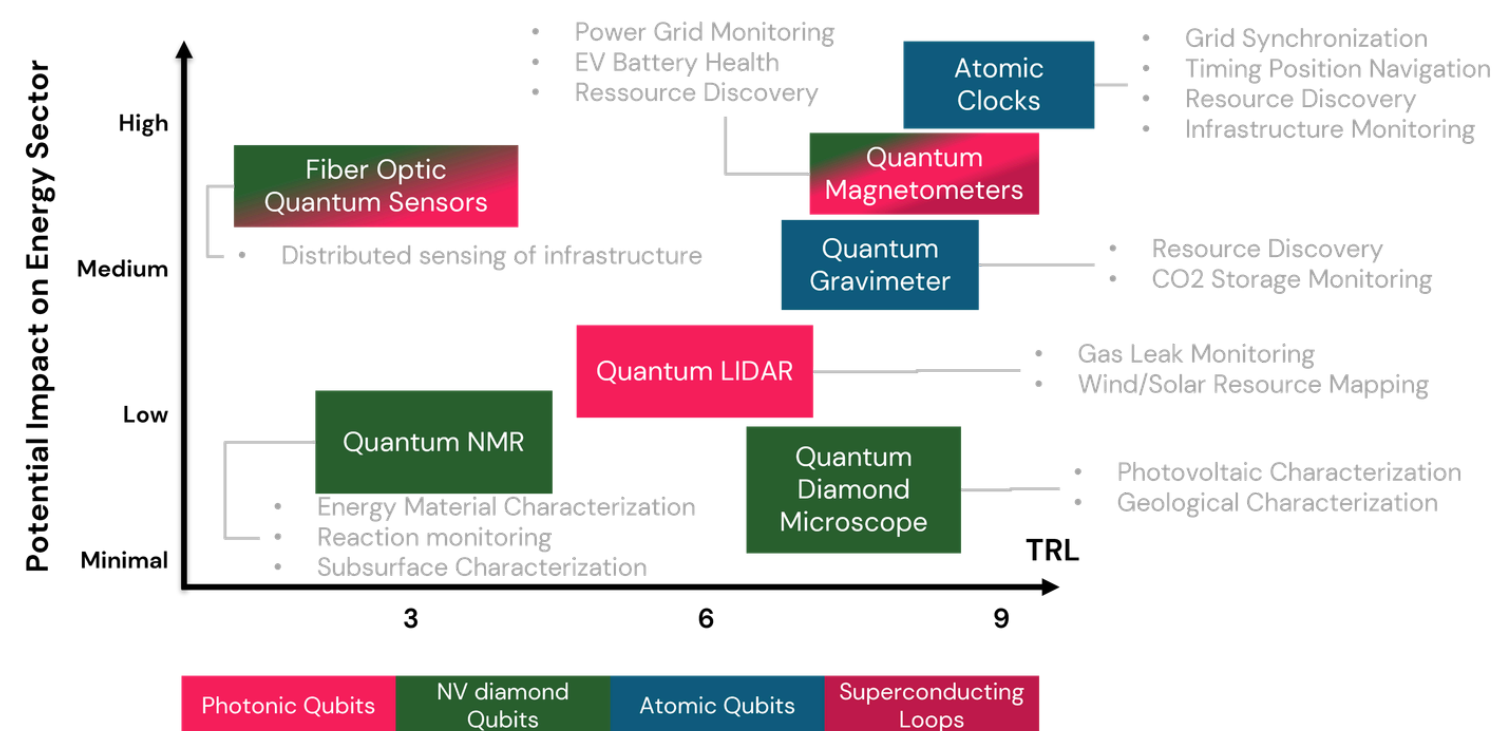


Figure 2 – Niveau de maturité des technologies quantiques de capteurs à application énergétique (Crawford et al., 2025)

L'apport des ordinateurs quantiques à la transition est prometteur mais conditionnel. Leur capacité à simuler le comportement quantique des molécules – là où les ordinateurs classiques butent sur une croissance exponentielle du temps de calcul – pourrait accélérer la découverte de matériaux pour les batteries, les catalyseurs d'électrolyse ou la capture de CO<sub>2</sub>. Des premières applications émergent déjà : optimisation de réseau avec EDF, simulation d'aimants sans terres rares pour moteurs et éoliennes. Mais la première concrétisation climatiquement pertinente du quantique n'est pas attendue avant 2030, et la correction d'erreurs quantiques reste un défi ouvert. S'y ajoute le risque du « harvest now, decrypt later » : des acteurs malveillants collectent des données chiffrées protégeant les infrastructures énergétiques, pour les déchiffrer quand un ordinateur suffisamment puissant sera disponible.

La fenêtre d'action climatique à horizon 2030–2035 est étroite, précisément là où les apports des ordinateurs quantiques restent les plus incertains. Capteurs et matériaux quantiques méritent une attention et des investissements immédiats, car leurs bénéfices sont mesurables aujourd'hui. Les ordinateurs quantiques s'inscrivent dans une stratégie de long terme qui ne produira des résultats climatiquement significatifs qu'avec une gouvernance proactive : pilotage environnemental de la filière, sécurisation des approvisionnements en matériaux critiques, priorisation des cas d'usage à impact maximal. Le quantique n'est pas un sauveur providentiel : c'est un amplificateur conditionnel, dont le bilan net dépend autant des choix de déploiement que des avancées scientifiques.