

Alimenter l'avenir : Stratégies pour les développeurs de systèmes de stockage d'énergie par batteries

Face à la complexification croissante du réseau électrique, les systèmes de stockage d'énergie par batteries se multiplient.

Voici comment les développeurs peuvent réussir sur ce marché en pleine évolution.

Le paysage énergétique mondial connaît une profonde transformation, notamment avec le déploiement accru des énergies renouvelables. Relever les défis posés par les réseaux électriques nécessitera des ajustements majeurs, et de nombreux pays ont déjà entrepris des améliorations. À titre d'exemple, les investissements annuels dans les réseaux électriques de l'Union européenne et du Royaume-Uni devraient atteindre 120 milliards de dollars d'ici 2030.¹ Certains pays modernisent leurs réseaux de transport d'électricité ou adoptent des réseaux numériques qui fournissent des données en temps réel et automatisent les tâches de gestion, tandis que d'autres utilisent de nouveaux mécanismes pour influencer la demande, comme les tarifs spot pour les utilisateurs finaux. Une autre solution courante consiste à déployer de nouveaux équipements offrant une plus grande flexibilité dans la gestion de l'offre et de la demande. Si les opérateurs peuvent choisir parmi plusieurs équipements pour gagner en flexibilité, nombreux sont ceux qui privilégient les systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS). Ces systèmes existent depuis des années, mais leur déploiement s'est considérablement accéléré au début des années 2020.

En stockant l'énergie excédentaire et en la restituant en période de faible production, les systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) permettent de réduire les contraintes sur le réseau et de gérer les pics d'offre et de demande. Les récentes innovations technologiques permettent également aux BESS de fournir des services essentiels, tels que la régulation de la tension et de la fréquence, et même l'inertie synthétique pour stabiliser les réseaux. Le marché mondial des BESS est actuellement en forte croissance et devrait atteindre une valeur de 120 à 150 milliards de dollars d'ici 2030. Chaque marché présente des caractéristiques distinctes, notamment des réglementations spécifiques à chaque pays et des opportunités de création de valeur différentes, qui requièrent une stratégie adaptée. Pour réussir dans ce secteur diversifié, les développeurs doivent identifier les défis et les opportunités propres à chaque marché, maximiser leurs revenus grâce à la superposition de systèmes et à d'autres mécanismes, et améliorer leurs capacités d'approvisionnement et de

gestion des coûts. Outre l'attraction de capitaux, ces efforts permettront aux développeurs de créer de la valeur à long terme.

Les batteries ouvrent la voie aux solutions de stockage d'énergie

Le besoin de systèmes de stockage d'énergie par batteries plus performants est criant. La demande énergétique mondiale devrait augmenter de 130 % entre 2023 et 2050, passant de 31 000 térawattheures à 66 000 térawattheures.² Parallèlement, les énergies renouvelables présentent des défis croissants. En 2024, par exemple, les opérateurs allemands ont été contraints de réduire la production d'environ 9,4 térawattheures d'électricité renouvelable en raison de la saturation du réseau de transport et de problèmes de capacité de distribution.³ D'autres pays à forte utilisation d'énergies renouvelables, comme le Chili, la Chine, la Grande-Bretagne et l'Irlande, connaissent des problèmes similaires.

Alors que les technologies de stockage d'énergie traditionnelles, telles que l'hydroélectricité ou les volants d'inertie, dépendent d'infrastructures mécaniques importantes et nécessitent des travaux d'ingénierie et de construction considérables, les systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS)⁴ Les systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) sont plus faciles à déployer, nécessitent moins d'espace et leurs composants modulaires permettent une installation plus rapide. Ils sont également moins coûteux que les systèmes traditionnels, notamment grâce à la baisse rapide des prix des batteries et à l'augmentation de leur densité, et bénéficient d'une technologie améliorée. Par exemple, si le gestionnaire de réseau signale une fluctuation de tension hors des limites du système, les BESS peuvent réagir plus rapidement que de nombreux systèmes traditionnels.

Les opérateurs peuvent déployer des systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) en complément d'efforts plus traditionnels d'amélioration du réseau à grande échelle, tels que l'installation de nouvelles lignes électriques, destinés à étendre et moderniser les réseaux vieillissants. Si les projets traditionnels d'amélioration du réseau renforcent la résilience à long terme, ils impliquent souvent des délais de développement longs et des coûts élevés, faisant des BESS une solution transitoire précieuse. C'est en partie grâce à ces avantages que les nouvelles installations de BESS connaissent une forte croissance à travers le monde. Une analyse McKinsey portant sur trois scénarios futurs différents a conclu que la capacité installée de BESS pourrait croître d'environ 50 % par an dans chacun d'eux entre 2022 et 2030

Stratégies pour réussir : trois impératifs

Pour les développeurs de systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS), les opportunités et les obstacles peuvent varier selon l'emplacement. La réussite repose sur une compréhension approfondie de trois domaines :

- les caractéristiques du marché, notamment la réglementation, le potentiel de revenus et les incitations susceptibles d'affecter la valeur
- des stratégies solides de génération de revenus, y compris la nécessité de cumuler les revenus
- stratégies visant à améliorer les capacités d'approvisionnement et de gestion des coûts, notamment celles liées à la négociation avec les fournisseurs et à la réduction des dépenses d'exploitation

Identifier les défis et les opportunités propres au marché

Pour identifier les projets les plus rentables et viables, les promoteurs doivent parfaitement comprendre les différentes structures de marché, les réglementations des réseaux et les points de blocage selon les zones géographiques. Dans le cadre de leur recherche d'opportunités, ils peuvent tirer profit de l'établissement de relations constructives avec les parties prenantes, notamment les gestionnaires de réseaux de transport (GRT) et de distribution (GRD), les autorités de régulation, les élus locaux et les organisations professionnelles. Les promoteurs qui améliorent leurs capacités de modélisation des réseaux et leurs outils numériques seront mieux à même de cerner les priorités d'investissement locales et les sites de développement les plus attractifs.

Quel que soit le lieu étudié, les promoteurs doivent comprendre trois facteurs propres à chaque marché qui peuvent avoir l'impact le plus significatif sur la valeur des systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) :

Réglementation. Sur de nombreux marchés, les développeurs de systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) sont confrontés à de longues procédures d'autorisation, nécessitant des négociations avec divers acteurs, notamment les autorités locales, les gestionnaires de réseaux de transport et de distribution (GRT/GRD) et les organismes de réglementation. Les BESS à base de lithium-ion font l'objet d'une surveillance réglementaire particulièrement stricte en raison des risques potentiels, notamment d'incendie. En Europe, le développement et le raccordement d'un BESS prennent généralement entre trois et sept ans, et l'allongement rapide des délais d'attente pour le réseau électrique risque de les prolonger. Si un projet de BESS nécessite un changement de zonage ou d'importantes mises à niveau des infrastructures du réseau, il peut être retardé de plusieurs mois, voire de plusieurs années.

La réglementation relative aux systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) est beaucoup plus stricte dans certaines régions que dans d'autres. Aux États-Unis, les promoteurs rencontrent des difficultés pour obtenir les permis suite à des incidents récents, tels que des incendies dans plusieurs installations, qui ont entraîné un renforcement des normes de sécurité incendie. Au Royaume-Uni, la rigueur de la réglementation a contribué à un engorgement des demandes d'autorisation, mais les autorités de régulation et le gestionnaire du réseau électrique national ont récemment approuvé des réformes visant à prioriser et à accélérer les projets énergétiques matures, notamment les BESS. Ces réformes permettant aux promoteurs de projets viables à court terme d'éviter les longues files d'attente de plusieurs années pour le raccordement au réseau, de nombreux projets en phase initiale ont été retirés de la liste d'attente ou ont perdu leur place dans celle-ci.

Pour les développeurs, il est essentiel de se tenir informés des évolutions réglementaires potentielles sur leurs marchés cibles et de leur impact sur les opportunités globales. De plus, face à ces évolutions, ils doivent faire preuve d'agilité dans le déploiement de leurs actifs, car les sources de revenus sont susceptibles de se modifier.

Potentiel de revenus. À l'échelle macroéconomique, les marchés où les énergies renouvelables sont plus présentes pourraient offrir des marges plus importantes aux fournisseurs de systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS), leurs services étant davantage demandés. Une analyse récente de McKinsey a révélé que les énergies renouvelables représentaient 55 % de l'électricité espagnole en 2025 ; d'ici 2030, les propriétaires de BESS pourraient réaliser des marges brutes d'environ 40 € par mégawatt grâce à l'arbitrage énergétique (en supposant une décharge de deux heures).⁶ Sur d'autres marchés européens, cependant, les marges brutes pourraient dépasser 100 000 € par mégawatt et par an pour un système de stockage d'énergie par batterie (BESS) de deux heures certaines années, lorsque les revenus supplémentaires générés par l'équilibrage de l'offre et de la demande sont inclus.

L'emplacement des systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) au sein d'un pays donné peut également influencer le retour sur investissement global. En zone rurale, par exemple, les fournisseurs de BESS bénéficient généralement de coûts fonciers plus faibles, mais rencontrent souvent des difficultés de raccordement au réseau. Les régions connaissant une forte croissance de la demande et un développement limité du réseau peuvent également offrir des rendements plus élevés pour les projets BESS grâce à des avantages en matière de gestion de l'énergie et à un meilleur soutien des infrastructures de réseau.

Incitations. Les développeurs doivent également déterminer si certains pays offrent des avantages particuliers susceptibles de compenser certaines contraintes réglementaires. Certains, par exemple, peuvent offrir des incitations aux innovateurs en matière d'énergies renouvelables afin de soutenir le développement des systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS).⁷ Par exemple, la stratégie britannique en matière de batteries, un programme soutenu par le gouvernement, fournit plus de 2 milliards de livres sterling de capitaux pour construire des chaînes d'approvisionnement compétitives.⁸ De même, l'Allemagne détient des EEG.⁹ Les enchères d'innovation permettent aux entreprises de soumettre des offres pour obtenir une subvention basée sur le marché. Les lauréats reçoivent une prime de 70 à 85 € par mégawattheure. À ce jour, les développeurs de systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS) ont obtenu des primes pour une capacité de 820 mégawatts ; des primes supplémentaires pour 1,5 gigawatt seront appliquées aux BESS installés avant août 2029. L'Italie a également récemment achevé son premier projet MACSE, une initiative majeure.¹⁰ L'appel d'offres a permis d'acquérir dix gigawattheures de capacité ciblée à des prix très compétitifs, incitant ainsi les développeurs à atteindre leurs objectifs de rentabilité.

Générer le maximum de revenus possible grâce à la combinaison de bonus et à d'autres mécanismes

Avec la mise en service de davantage de systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS), l'intensification de la concurrence limitera le potentiel de revenus, le secteur subissant une forme de cannibalisation : l'installation de davantage de batteries réduira les écarts entre l'offre et la demande d'énergie, diminuant ainsi le besoin de services auxiliaires de soutien au réseau fournis par les développeurs, tels que l'équilibrage du réseau à court terme. Une analyse de McKinsey sur les revenus des BESS en Grande-Bretagne, pays qui compte de nombreux déploiements à grande échelle, montre que les services auxiliaires ne représentaient que 20 % du total en 2024, contre 75 % en 2022. Aux États-Unis, le Conseil de fiabilité électrique du Texas a constaté une baisse des revenus issus des services auxiliaires, passant de 21 dollars par mégawattheure en 2023 à 3 dollars par mégawattheure aujourd'hui, alors que plus de dix gigawatts de BESS supplémentaires ont été déployés au cours de cette période.

Ce recul des revenus liés aux services auxiliaires a incité les développeurs de systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS) à investir dans le négoce d'énergie sur les marchés de l'énergie de l'après-midi et du jour au lendemain, afin de tirer parti des importantes marges de profit qui augmentent avec la volatilité des prix. En Grande-Bretagne, la part du

négoce d'énergie dans le total des revenus des BESS est passée de moins de 10 % en 2022 à environ 50 % en 2024. D'ici 2030, le négoce d'énergie pourrait représenter 75 % du total des revenus des BESS en Grande-Bretagne, soit l'équivalent de la valeur générée par les services auxiliaires en 2022 (Graphique 2).

Trois stratégies sont essentielles pour aider les développeurs à relever les défis liés à la génération de revenus :

- **Optimisation de la stratégie de commercialisation.** Les promoteurs doivent adapter leur approche de génération de revenus à chaque marché afin de tirer pleinement parti de leurs actifs et d'assurer une croissance durable dans des environnements réglementaires et commerciaux diversifiés. Ils doivent évaluer les options de gestion des risques et d'augmentation des revenus, telles que la mise en place de péages, d'accords de partage des revenus avec des paiements minimums garantis ou de modèles commerciaux, avec ou sans partenaires externes. L'expérience montre que les promoteurs qui optimisent leur stratégie commerciale en améliorant leur visibilité sur le marché et leurs revenus contractuels peuvent, par conséquent, optimiser leur financement par emprunt et augmenter leur taux de rendement interne des capitaux propres d'environ trois à quatre points de pourcentage
- **En adoptant des stratégies de trading dynamiques et basées sur les données,** les développeurs de systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS) pourraient tirer profit d'investissements dans des outils d'analyse, de veille concurrentielle et de trading algorithmique leur permettant de réagir rapidement aux fluctuations de prix. Ils pourraient également utiliser la gestion de l'énergie assistée par l'IA pour optimiser les programmes de production.¹¹ Par exemple, une analyse de McKinsey a révélé qu'un actif BESS sur le marché de l'opérateur de système indépendant de Californie pourrait augmenter les revenus du trading en temps réel de 35 % grâce à des programmes permettant un apprentissage par renforcement basé sur l'expérience, par rapport aux approches de programmation linéaire traditionnelles.¹² Les développeurs peuvent également tirer profit des initiatives internes visant à optimiser les échanges. Par exemple, ils pourraient commencer par s'exercer au « shadow trading » (c'est-à-dire réaliser des transactions sans échange d'argent réel) avant de développer leurs activités de trading réelles. Les principaux développeurs de systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) peuvent également utiliser les données pour améliorer les stratégies d'optimisation de flotte et les fonctions de trading tenant compte des risques.

- **L'utilisation de la flexibilité des systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS)** pour optimiser le négoce de produits structurés adossés à des actifs . Au-delà de l'optimisation algorithmique à court terme, les développeurs de BESS exploitent désormais la flexibilité de leurs systèmes de stockage d'énergie pour soutenir des offres structurées pluriannuelles incluant des contrats d'achat d'électricité verte et de base. Cette stratégie, qui exige une discipline tarifaire rigoureuse et des capacités de montage d'affaires solides, peut générer des revenus plus prévisibles et réduire l'exposition au risque.

Amélioration des capacités d'approvisionnement et de gestion des coûts

La capacité de production de nombreux composants essentiels, tels que les cellules de batteries, les systèmes d'électronique de puissance, les onduleurs et les transformateurs, est concentrée dans quelques pays. De plus, les matières premières comme le lithium et le graphite peuvent être soumises à des restrictions à l'exportation, à des droits de douane et à des ruptures d'approvisionnement. Début 2025, par exemple, le taux cumulé des droits de douane américains sur les batteries lithium-ion chinoises destinées aux systèmes de stockage d'énergie atteignait 64,9 %. Ces contraintes font grimper les coûts dans l'ensemble de l'écosystème des énergies propres et accentuent l'incertitude pour les développeurs et les fabricants.

Parallèlement, les coûts de production des systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) ont chuté de façon spectaculaire, avec une baisse d'environ 55 % depuis 2019. Le prix du matériel BESS, notamment des blocs de courant alternatif (CA), est passé sous la barre des 100 dollars par kilowattheure début 2026 (Graphique 3). Cette baisse s'explique principalement par une forte augmentation des capacités de production, conjuguée à la stabilisation des prix des matières premières essentielles utilisées dans les batteries. Cette augmentation des capacités de production est particulièrement marquée en Chine, où les devis pour des systèmes BESS complets ont parfois atteint un prix aussi bas que 65 dollars par kilowattheure. Certains analystes attribuent ces prix bas à une surproduction temporaire, mais ils pourraient persister si les coûts de production de base restent faibles. Les trois scénarios présentés dans le

Graphique 3, basés sur le coût des composants et les capacités de production, illustrent l'évolution possible des coûts des BESS

Les fluctuations du coût des matières premières, les réglementations à l'importation et les capacités de production contribuent à la volatilité des prix des systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS), faisant des négociations et du calendrier d'approvisionnement des facteurs déterminants pour la performance financière globale d'un projet. Les résultats en matière d'approvisionnement varient considérablement d'un développeur de BESS à l'autre. Les entreprises les plus performantes affichent souvent des dépenses d'investissement supérieures de 40 % à celles des développeurs moyens pour des projets BESS comparables. L'envergure du projet explique en partie cet écart, mais les méthodes de contractualisation et l'excellence en ingénierie. Outre les difficultés liées à la chaîne d'approvisionnement et aux achats, les promoteurs pourraient éprouver des difficultés à trouver suffisamment de personnel technique qualifié en systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS) pour couvrir l'approvisionnement, la conception et la construction de leurs installations, ce qui risque de retarder leur déploiement. Parmi les profils rares figurent les ingénieurs, les ouvriers spécialisés et les chefs de chantier expérimentés. À titre d'exemple, l'Institut économique allemand a constaté que plus de 18 300 postes restaient vacants dans les secteurs liés à la transition énergétique en 2024, soit une hausse de 2,9 % par rapport à 2023.¹³ Pour pallier la pénurie de main-d'œuvre qualifiée, les grands promoteurs et fournisseurs d'énergie peuvent former leurs employés existants afin de soutenir le déploiement. L'approvisionnement et la construction jouent un rôle prépondérant dans les systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS). À l'inverse, les petits promoteurs doivent sécuriser leurs capacités bien en amont du déploiement des BESS pour garantir une mise en service dans les délais.

Pour les exploitants, les coûts représentent un enjeu majeur. Après la livraison finale du système de stockage d'énergie par batterie (BESS), l'exploitation et la maintenance peuvent s'avérer complexes, notamment pour ceux qui manquent d'expérience dans la gestion de ce type d'équipements. Toute interruption de service peut impacter significativement leurs résultats, surtout en période de forte demande. L'optimisation des coûts d'exploitation et de maintenance peut toutefois être difficile à réaliser pour les exploitants, en raison des différences de conception des systèmes, des variations des contrats de service proposés par les fournisseurs de BESS et de la dispersion géographique des équipements.

Les développeurs de systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS) peuvent améliorer les négociations en matière d'approvisionnement et aider les opérateurs à optimiser la conception des systèmes. L'utilisation de configurations modulaires et reproductibles permet aux développeurs de réduire les coûts d'ingénierie et de construction. Les conceptions standardisées simplifient également l'approvisionnement (modules de batteries, onduleurs et autres composants), réduisent les risques liés à la chaîne d'approvisionnement et simplifient la maintenance. Lors de la conception de systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS), les développeurs doivent anticiper les besoins opérationnels futurs et les avancées technologiques afin d'optimiser les coûts liés à l'extension et à la maintenance des systèmes. De plus, des approches novatrices de déploiement, telles que la planification générative, peuvent réduire de six à douze mois le délai entre la décision d'investissement finale et la mise en service commerciale. Cette accélération permet aux développeurs de gérer les problèmes de coûts grâce aux mesures suivantes :

- **Optimisation de la conception des systèmes.** L'utilisation de configurations modulaires et reproductibles permet aux développeurs de réduire les coûts d'ingénierie et de construction. Les conceptions standardisées simplifient également l'approvisionnement (modules de batteries, onduleurs et autres composants), réduisent les risques liés à la chaîne d'approvisionnement et simplifient la maintenance. Lors de la conception de systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS), les développeurs doivent anticiper les besoins opérationnels futurs et les avancées technologiques afin d'optimiser les coûts liés à l'extension et à la maintenance des systèmes. De plus, des approches novatrices de déploiement, telles que la planification générative, peuvent réduire de six à douze mois le délai entre la décision d'investissement finale et la mise en service commerciale. Cette accélération peut avoir un impact considérable, notamment dans les pays où les revenus issus des activités de vente de BESS sont en baisse.
- **Amélioration de l'approvisionnement en systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS).** Pour optimiser leurs achats, les développeurs doivent renforcer leurs capacités de négociation avec les fournisseurs et envisager des stratégies de regroupement (par exemple, des conditions plus avantageuses pour la mise en service simultanée de plusieurs centrales). Ils peuvent également améliorer leur rentabilité et

proposer des offres plus intéressantes aux exploitants en simplifiant et en rationalisant les spécifications, en surveillant l'évolution des coûts des systèmes et en sécurisant leurs chaînes d'approvisionnement. La négociation d'accords de niveau de service (SLA) et de garanties adaptés avec les fournisseurs de BESS permet de réduire les risques et d'accroître la valeur ajoutée pour les développeurs comme pour les exploitants.

- **L'utilisation d'outils avancés de surveillance et de gestion de la dégradation** permet aux développeurs, grâce à l'intégration d'outils de surveillance en temps réel, de suivre des paramètres critiques tels que la tension, la température et l'état de charge, et de détecter immédiatement les anomalies pouvant indiquer une panne ou une perte d'efficacité. Ces outils contribuent également à anticiper la dégradation des composants et permettent aux opérateurs de planifier la maintenance de manière proactive, réduisant ainsi les interruptions imprévues et prolongeant la durée de vie des systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS) bien au-delà de 15 ans.
- **Il est essentiel de suivre de près les nouvelles technologies.** Si certaines, comme les batteries sodium-ion et les supercondensateurs, n'ont pas encore atteint une large diffusion, elles pourraient offrir des avantages considérables en termes de coûts ou de performances. Les développeurs qui mènent des projets pilotes précoces sur ces technologies peuvent acquérir de l'expérience et devancer la concurrence en sélectionnant les technologies les plus prometteuses pour les déploiements futurs.

Les systèmes de stockage d'énergie par batteries (BESS) s'intègrent de plus en plus aux infrastructures électriques modernes, permettant aux réseaux de gagner en adaptabilité et en résilience face à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Grâce aux politiques incitatives des gouvernements et aux investissements privés qui atteignent des niveaux historiques, les développeurs de BESS ont d'importantes opportunités de créer de la valeur, d'aider les gestionnaires de réseau à stabiliser leurs systèmes et de fournir une réserve d'électricité rapidement déployable. Malgré les défis à venir, tels que la baisse rapide des revenus des services auxiliaires et l'intensification de la concurrence, les développeurs peuvent pérenniser la création de valeur en développant une connaissance approfondie du marché, en adoptant des stratégies de trading dynamiques et basées sur les données, et en renforçant leurs compétences internes

