

Concertation nationale sur l'énergie et le climat

CAHIER D'ACTEUR

N° 105



Pour répondre aux enjeux de décarbonation des mix énergétiques, STOLECT développe et commercialise une technologie de stockage d'électricité à grande échelle. Cette solution respectueuse de l'environnement, facilement déployable répond aux besoins des systèmes énergétiques mais aussi aux enjeux de souveraineté et de réindustrialisation.

Contact : Jean-François Le Romancer
Jf.leromancer@stolect.com

Réinventer la Flexibilité Énergétique : Mieux inclure le Stockage dans la Transition

L'intégration accrue des énergies renouvelables est nécessaire pour décarboner les mix énergétiques en remplaçant les énergies fossiles et en répondant aux nouveaux usages électrifiés, comme la mobilité et l'industrie.

L'intégration croissante des renouvelables non pilotable crée de nouveaux défis pour assurer l'équilibre du réseau. L'opérateur du Réseau de Transport d'Electricité RTE et les pouvoirs publics ont pleinement identifié ce challenge en soulignant le besoin accru de flexibilité. Pour répondre, à ces enjeux la PPE privilégie la modulation des consommations et le renforcement des réseaux électriques et des interconnexions. La modulation de la consommation, déjà largement mise en œuvre chez les industriels électro-intensifs, doit aussi être déployée chez le particulier notamment en privilégiant les solutions les plus simples basées sur les capacités des compteurs Linky. Cependant, les attentes accrues envers les particuliers, bien que séduisantes, semblent parfois ambitieuses au regard des freins observés dans certaines expérimentations déjà réalisées.

Par ailleurs, le renforcement du réseau de transport, bien que nécessaire, doit être mené avec discernement, en recherchant un optimum économique pour éviter des investissements disproportionnés. Ainsi, force est de constater que le stockage d'électricité est le grand absent du projet de PPE en consultation. D'une part, le potentiel des solutions de flexibilité offertes par le stockage d'électricité sont largement sous estimées, d'autre part l'absence de neutralité technologique dans les solutions évoquées risque de priver le système électrique de nouveaux leviers pour découpler la production et la consommation.

Valoriser le stockage d'électricité comme un atout clé des stratégies énergétiques

À ce stade, les seules données chiffrées relatives au stockage d'électricité dans les documents soumis à la consultation sont les objectifs d'augmentation de la capacité des STEP pour 1,7 GW, chiffre qui paraît particulièrement faible si on le compare à l'augmentation prévue des capacités solaires photovoltaïques (+70 GW) et éoliennes (+60 GW en onshore et offshore).

RTE, cité dans les documents soumis à la consultation de la PPE, envisage plutôt un « bouquet de flexibilités » pour répondre aux besoins supplémentaires de gestion de l'équilibre réseau, agrégeant ainsi toutes les solutions de pilotage de la consommation et de la production, d'effacement et de stockage, sans distinguer réellement les spécificités de ces solutions très différentes les unes des autres et ne prenant pas en compte les différents usages de ces flexibilités, et du stockage.

Les différents usages du stockage

Le stockage d'électricité recouvre plusieurs technologies et plusieurs besoins. Afin d'avoir une vision claire, il est nécessaire de faire la distinction entre plusieurs usages bien différents :

Le stockage de courte durée :

Pour pouvoir assurer l'équilibre à tout instant, le réseau électrique a besoin de flexibilité, de capacités pouvant s'ajuster à la hausse ou à la baisse très rapidement (augmenter ou réduire la production ou la consommation selon les cas). Ces capacités seront appelées pour compenser des événements imprévus sur le

réseau, par exemple, l'arrêt d'une grosse centrale ou la rupture d'un câble de transport. RTE constitue ainsi des « réserves » (primaire, secondaire, tertiaire en fonction de leurs caractéristiques) qui rassemblent ces capacités (centrales de production et batteries en majorité). Ce sont les « services systèmes », ces capacités sont indispensables à la gestion du réseau, mais leur volume reste limité, d'autres moyens d'ajustement pouvant être sollicités pour des réactions à moyen terme (quelques heures ou plus). De plus, les besoins n'évoluent pas réellement en fonction de l'intégration des ENR, ceux-ci étant majoritairement liés à des avaries sur le réseau lui-même. Ce marché est bien adapté aux batteries lithium, car il nécessite des puissances importantes mais peu d'énergie car les durées mises en jeu sont faibles (< 1h). Celles-ci se sont développées en France sur la réserve primaire, à partir de 2017, date de l'ouverture à la concurrence de ce marché. Elles représentent aujourd'hui plus de 80% des 500 MW de cette réserve. La profondeur de marché de cette réserve étant faible, au niveau français ou européen, une saturation a été rapidement observée avec une chute des prix, poussant les exploitants de batteries à compléter leurs revenus avec d'autres réserves ouvertes à la concurrence, qui suivent la même trajectoire.

Le stockage de durée intermédiaire/longue :

L'intégration croissante des ENR dans le mix énergétique augmente la part d'électricité non pilotable dans le réseau et corrélée aux phénomènes météorologiques. Il faut distinguer 2 échelles de temps dans ces phénomènes, les variations saisonnières et les variations journalières. Les variations court-terme (jour/nuit pour le solaire PV, passages anticyclones/dépresseions pour l'éolien) sont de l'ordre de la journée ou de quelques jours. Ces variations peuvent être rapides et sont souvent compensées par des moyens de

production pilotables fossiles. Dans un mix énergétique décarboné, il faudrait du stockage adapté pour ce besoin, qui ne correspond ni aux STEP ni aux batteries lithium. Les systèmes sur ce segment de marché correspondraient à des installations pouvant stocker et déstocker pendant plusieurs heures ou quelques dizaines d'heures.

Dans ce cas, ces besoins augmentent en fonction de l'intégration des ENR, et ont donc vocation à augmenter. Cela est déjà observé sur d'autres pays plus exposés que la France à ces variations, comme l'Allemagne ou la Californie, avec une augmentation de la volatilité des prix SPOT (court-terme) de l'électricité.

Ces installations seraient utilisées entre une fois par jour et une fois par semaine, ce qui permettrait d'avoir un volume d'énergie revendu suffisant pour se rentabiliser.

Les variations saisonnières (plus de soleil en été, plus de vent en hiver) sont également importantes, et correspondent au dernier cas d'usage du stockage évoqué dans la suite.

Le stockage intersaisonnier :

Pour compenser les variations saisonnières de la production solaire ou éolienne et de la consommation énergétique, il faudrait être capable de stocker de l'énergie pendant plusieurs mois avec des capacités très importantes. Aujourd'hui, ce service est assuré par les réserves de gaz (réservoirs souterrains ou dans les terminaux méthaniers), ce gaz est ensuite brûlé dans les centrales à gaz qui fonctionnent majoritairement l'hiver, pour compenser une consommation plus importante. Si on se projette dans un mix énergétique presque totalement décarboné, ce cas d'usage devra très probablement être assuré par du stockage d'énergie, notamment en récupérant les excédents de production solaire en été pour les redistribuer l'hiver. Les

technologies potentielles pour ce type de service sont notamment la production de carburants décarbonés (hydrogène, e-méthane ou autre dérivé). La rentabilité de ce cas d'usage est difficile car le nombre de cycles annuels associés est faible, et nécessiterait des mécanismes analogues aux centrales de pointe, comme le mécanisme de capacité, pour être viables. Il serait également envisageable de cumuler ce service avec d'autres pour cumuler des revenus et profiter d'une infrastructure déjà utilisée pour un autre service.

Il est ainsi indispensable de prendre conscience de ces différences, et de les traduire dans les objectifs en termes de stockage et de flexibilité de la PPE, et dans les mécanismes d'aide, qui devront être construits en fonction des besoins de chaque usage (rémunération plutôt en énergie, en puissance, calculée sur le service ou indexée sur le marché...). Dans tous les cas, les volumes réservés à chaque usage devront être calculés en fonction des besoins des réseaux de transport et de distribution.

La nécessaire neutralité technologique

Un point essentiel, en lien avec les enjeux précédemment évoqués, est la nécessité d'une stricte neutralité technologique dans les objectifs et documents de la PPE. Trop souvent, le stockage est réduit aux seules STEP et batteries au lithium, un biais compréhensible en raison de leur maturité technologique, mais dont l'impact ne doit pas être sous-estimé. Cette focalisation restreinte, même implicite, freine le développement d'autres solutions qui risquent d'être perçues comme négligées ou secondaires.

Or, ces deux technologies présentent des limites importantes. Les STEP, en plus de leurs

contraintes d'implantation et de leur faible acceptabilité sociale, sont souvent géographiquement éloignées des principales sources d'énergie renouvelable, comme l'éolien et le solaire. Cette distance limite leur capacité à réduire les coûts liés à l'utilisation et au renforcement des réseaux. De leur côté, les batteries au lithium, bien qu'adaptées à des besoins de stockage de courte durée, montrent rapidement leurs limites pour des durées de stockage excédant 8 heures, comme l'a souligné le projet RINGO de RTE. Ce projet d'expérimentation sur des "lignes virtuelles" a mis en évidence l'insuffisance des solutions de stockage par batteries électrochimiques face à des besoins de grande capacité.

En parallèle, les batteries au lithium doivent prioritairement répondre à la demande des véhicules électriques, où elles n'ont que peu d'alternatives. Par ailleurs, leur chaîne d'approvisionnement soulève des défis majeurs de souveraineté. Malgré les projets de gigafactories en Europe, leur concrétisation reste incertaine, et l'approvisionnement en matières premières demeure largement dominé par quelques acteurs, notamment la Chine. Le recyclage ne pourra pas compenser totalement ces enjeux dans un contexte de demande croissante.

Le stockage d'électricité est un secteur en pleine effervescence, avec de nombreuses technologies en développement à travers le monde. Il est aujourd'hui impossible de prédire quelles solutions s'imposeront à l'avenir. C'est pourquoi il est crucial d'adopter une approche ouverte, visant à maintenir un éventail technologique aussi large que possible et à éviter toute entrave au développement d'innovations prometteuses,

même de manière involontaire.

Intégrer le stockage comme une alternative aux renforcements de réseau

RTE anticipe une forte augmentation des investissements nécessaires au développement du réseau électrique dans les années à venir. Selon le bilan prévisionnel Futurs énergétiques 2050, ces besoins sont estimés entre 20 et 25 milliards d'euros par an, contre 13 milliards d'euros par an au cours de la dernière décennie. Plus du tiers de ces investissements serait consacré au renforcement des réseaux, une évolution en partie incontournable pour accompagner l'intégration croissante des énergies renouvelables, notamment avec le déploiement de grands parcs éoliens offshore sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique, qui modifie profondément la structure du réseau de transport.

Cependant, les scénarios actuels de renforcement des réseaux de RTE prennent comme hypothèse le développement de centrales thermiques décarbonées. Mais la disponibilité suffisante d'hydrogène ou de méthane décarbonés pour ces applications n'est pas assurée. Le potentiel du stockage comme alternative n'a, semble-t-il, pas été étudié. Cette approche pourrait être revisitée en comparant les coûts de ces renforcements avec des scénarios intégrant davantage de solutions de stockage à grande échelle. Un tel choix permettrait de gérer localement les déséquilibres tout en augmentant la résilience du réseau.

Comme mentionné précédemment, le projet RINGO de RTE a exploré le concept de « lignes virtuelles » reposant sur des batteries électrochimiques. Bien que cette expérimentation ait permis d'évaluer certaines solutions de stockage, elle a également révélé leurs limites, notamment pour des besoins de stockage excédant 8

heures. Par ailleurs, il convient de rappeler que RTE, en tant qu'opérateur de réseau de transport, n'est pas autorisé à exploiter directement des systèmes de stockage pour ne pas perturber le marché de l'électricité. Cette contrainte réglementaire a influencé la conception et la portée de l'expérimentation RINGO, qui ne reflète pas les conditions réelles d'utilisation d'une installation de stockage autonome.

Pour optimiser les investissements et renforcer la résilience du système électrique, il est donc crucial de considérer le stockage comme une véritable alternative, capable de répondre à la fois aux défis de la flexibilité et aux contraintes économiques et opérationnelles liées au développement des réseaux.

Conclusion

Face aux défis croissants de la transition énergétique, il est essentiel de reconnaître le rôle stratégique du stockage d'électricité dans les stratégies énergétiques nationales. À ce jour, la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) sous-estime largement le potentiel de flexibilité offert par le stockage. Cette omission prive le système électrique d'un levier clé pour découpler la production et la consommation, indispensable pour intégrer massivement les énergies renouvelables non pilotables. STOLECT recommande que la PPE intègre explicitement le stockage dans ses objectifs, en définissant des ambitions chiffrées adaptées aux besoins de flexibilité de courte, moyenne et longue durée.

Cette intégration doit s'appuyer sur une approche pragmatique, orientée vers les besoins réels du système énergétique, en évitant toute focalisation technologique prédéterminée. La neutralité technologique est cruciale pour permettre l'émergence et le

déploiement de solutions innovantes, adaptées à différents cas d'usage, et pour surmonter les limites des STEP et des batteries électrochimiques.

Par ailleurs, STOLECT insiste sur la nécessité de challenger les scénarios actuels de renforcement des réseaux élaborés par RTE. Si le renforcement des infrastructures est indispensable, il doit être mené avec discernement, en recherchant un optimum économique et en comparant ces investissements aux alternatives offertes par le déploiement localisé de capacités de stockage.

Enfin, STOLECT appelle à une vision plus ambitieuse et systémique, valorisant le stockage comme un atout majeur pour une transition énergétique résiliente, économiquement viable, et techniquement optimisée. Cette démarche permettra non seulement d'intégrer les énergies renouvelables de manière durable, mais aussi de positionner la France en leader technologique dans le domaine du stockage d'électricité à grande échelle.