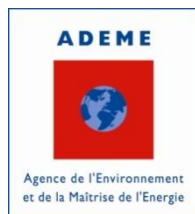




ETUDE SUR LE POTENTIEL DU STOCKAGE D'ÉNERGIES

PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

4 Comité de pilotage



4 Industriels financeurs & contributeurs



4 Contributeurs techniques



- 4 Evaluer le potentiel du stockage stationnaire d'énergies en France métropolitaine et DROM-COM, à horizon 2030

- 4 Identifier les filières technologiques les plus compétitives
 - | 30 filières de stockages étudiées (stockage d'électricité, power to gas, stockage de froid et de chaleur...)
 - | Non traités : mobilité électrique, alimentation sans interruption, stockage nomade

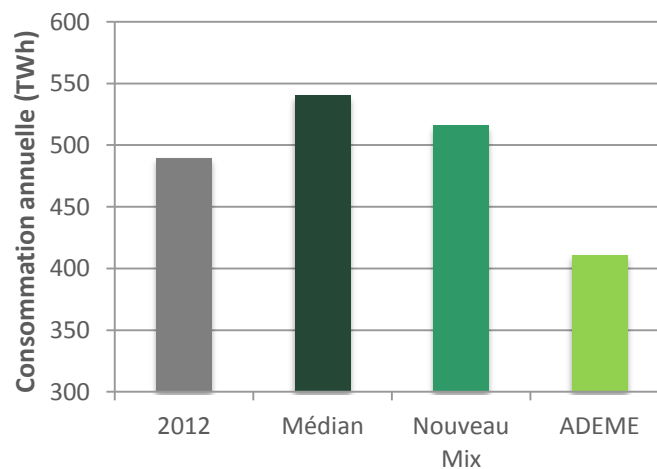
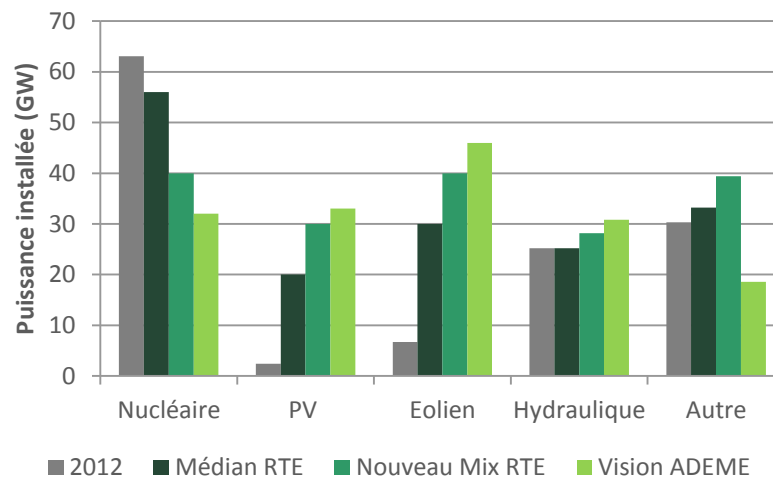
- 4 Identifier des leviers d'actions pour le développement des filières

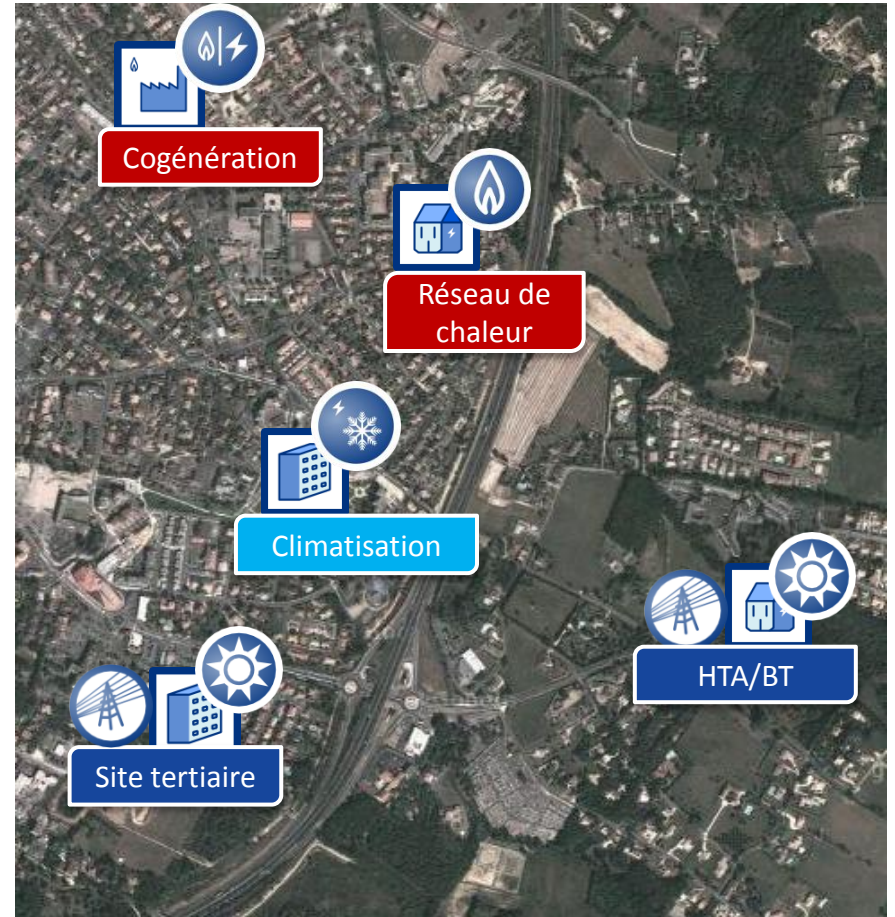
VALEUR BRUTE DU STOCKAGE D'ENERGIES

- 4 Des scénarios d'étude publics différenciés
 - | Scénarios RTE Médian et Nouveau Mix
 - | Vision 2030 Ademe

- 4 De 20 à 40% de la production électrique à partir d'énergies intermittentes

- 4 Forte maîtrise de la demande pour le scénario Ademe





4 Calcul du gain pour la collectivité

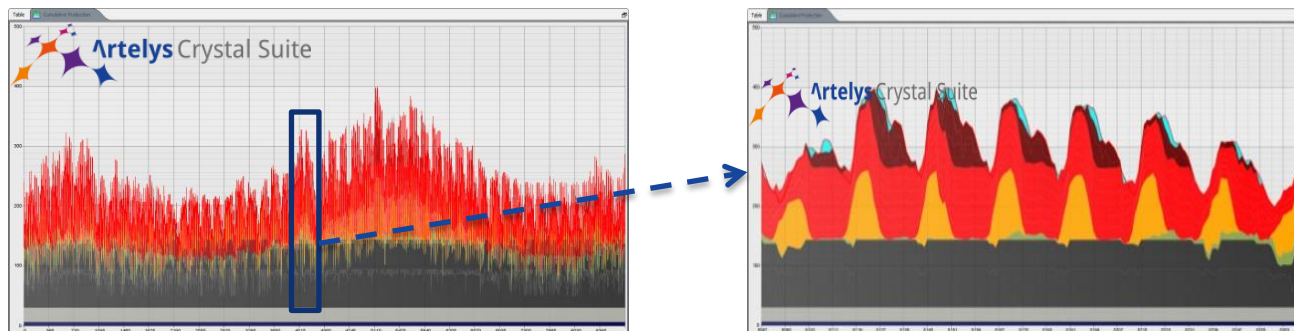
I Calcul de surplus global

- ↳ Bénéfice cumulé pour l'ensemble de la collectivité (tous acteurs confondus)
- ↳ Hors contexte réglementaire et tarif d'achat

4 Une valorisation multi-services

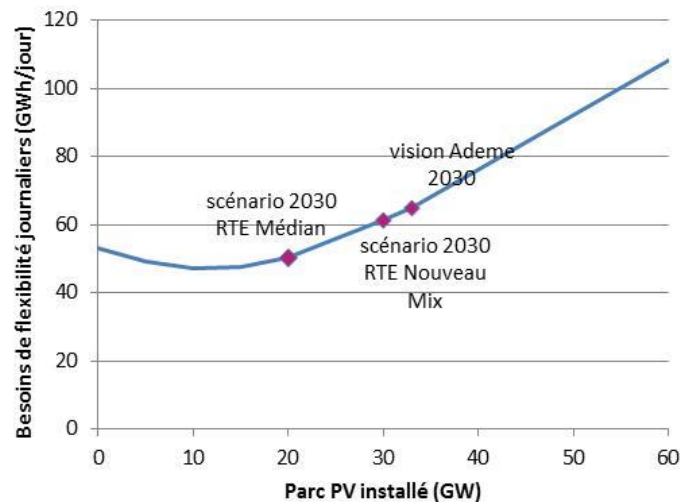
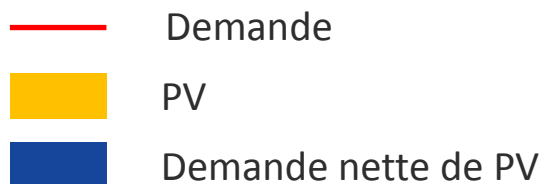
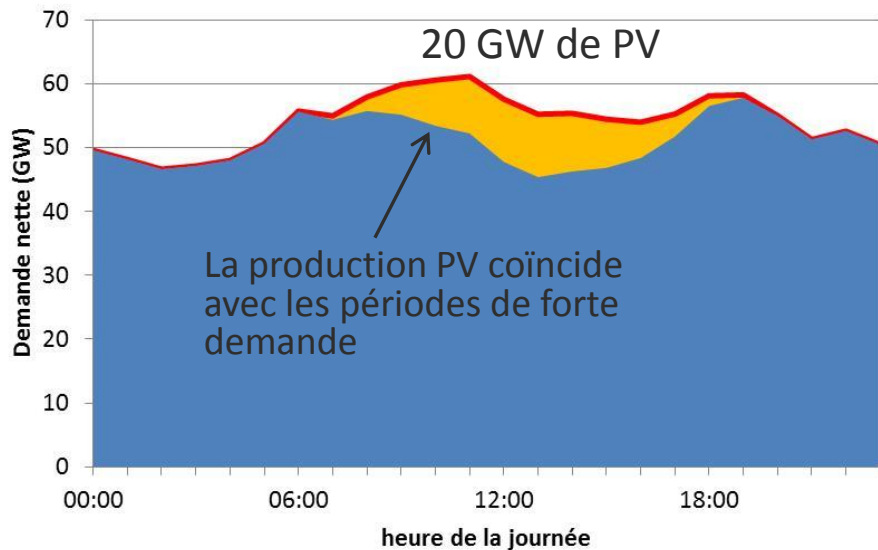
- ↳ Diminution des **coûts de production** (valeur d'arbitrage)
- ↳ Economies d'investissement en **pointe** (valeur capacitaire)
- ↳ Economies d'investissement **réseau** (traitement des congestions réseau)
- ↳ **Services système** (réserve tournante et régulation de tension)

4 Calcul réalisé à partir de simulations détaillées

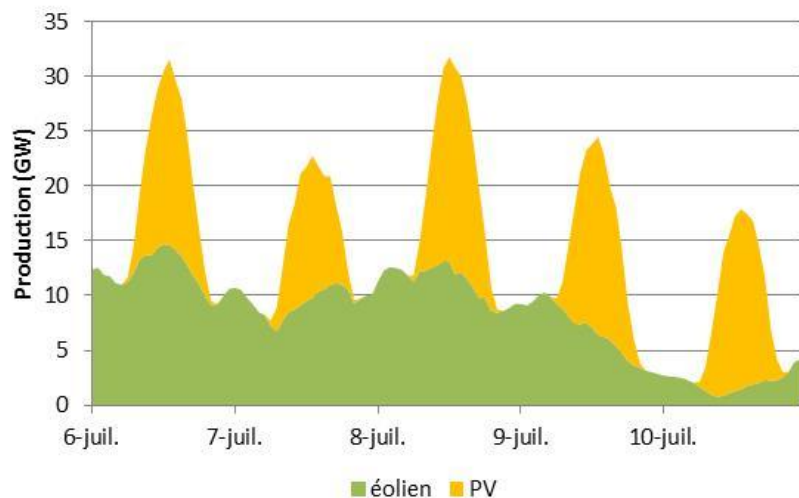


Equilibre offre-demande au pas horaire pour
une zone insulaire

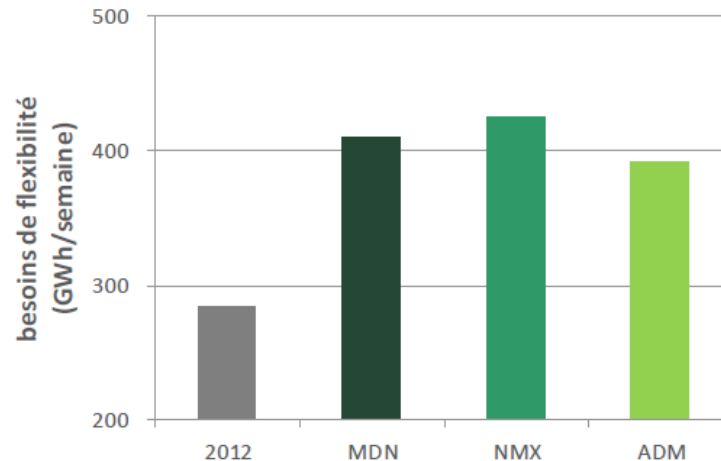
4 Sur une journée, le besoin de flexibilité dépend fortement du taux de pénétration du PV



4 De nouvelles opportunités d'arbitrage infra-hebdomadaire



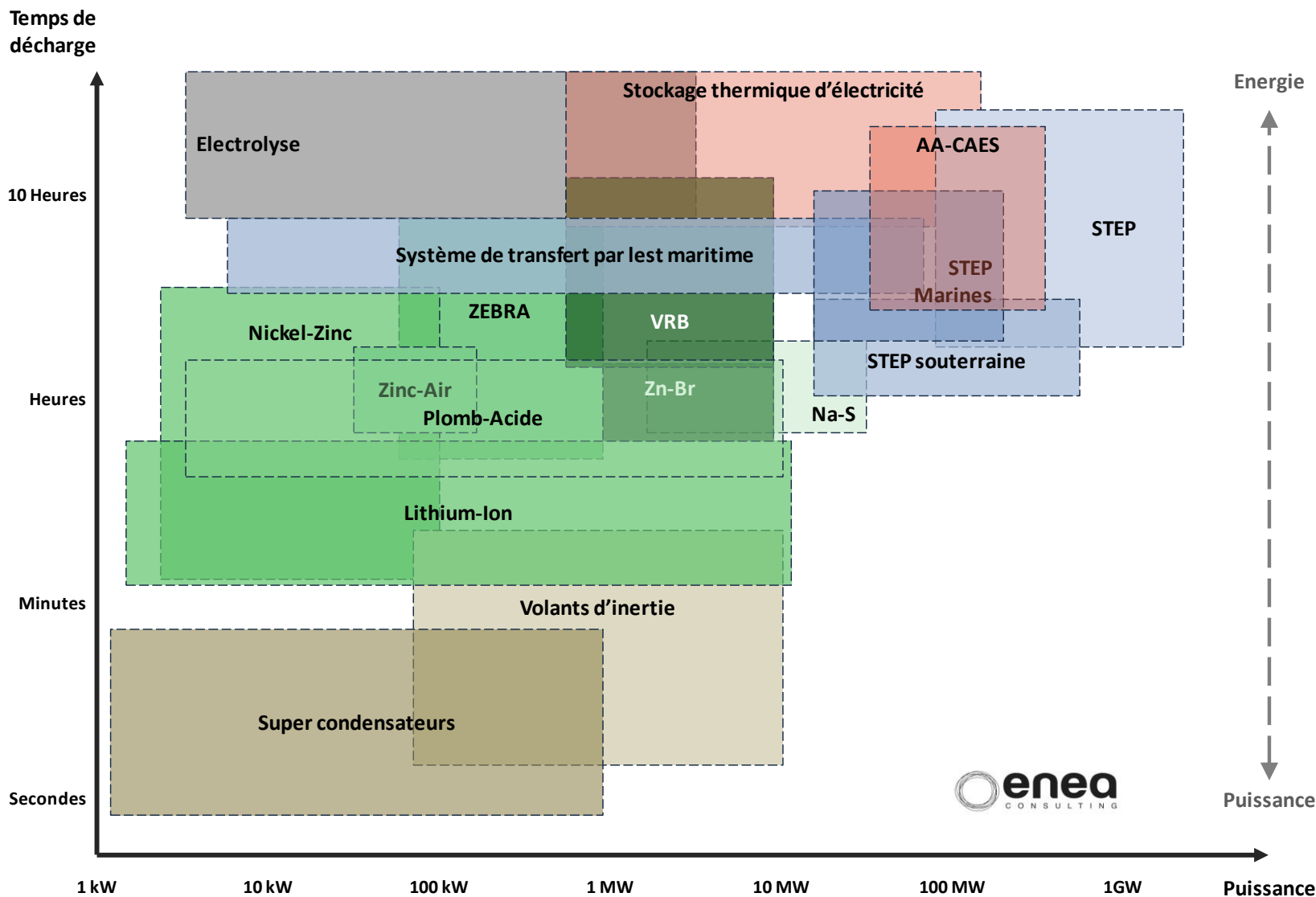
Contrairement au solaire, la production éolienne varie sur des cycles de plusieurs jours



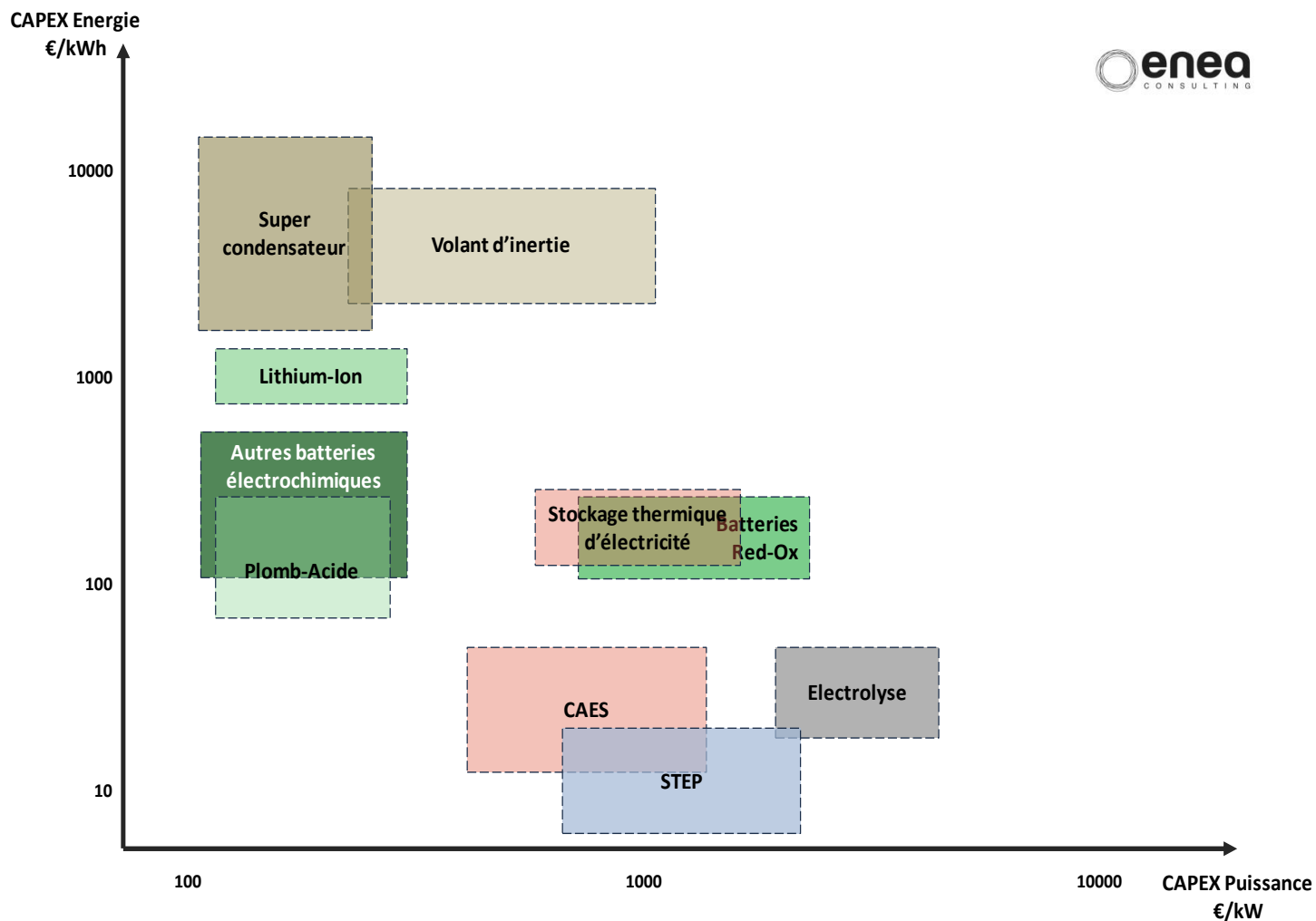
Des besoins de flexibilité infra-hebdomadaire croissants

TECHNOLOGIES DE STOCKAGE D'ENERGIES

DES TECHNOLOGIES DIVERSIFIÉES POUR RÉPONDRE À CES BESOINS VARIÉS



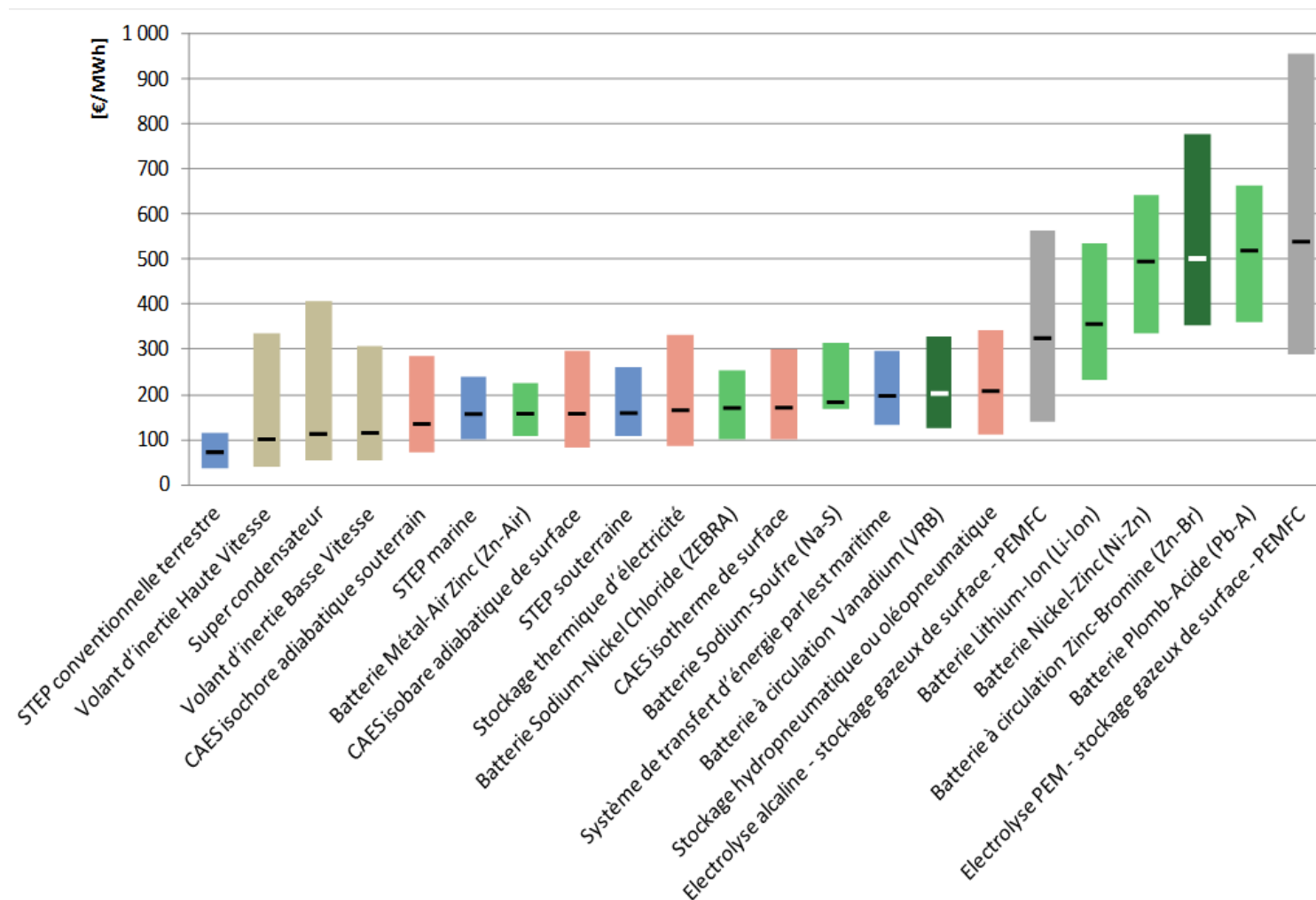
DES CAPEX FORTEMENT DIFFÉRENCIÉS SELON LES TECHNOLOGIES



$$\text{CAPEX [€/kW]} = \text{CAPEX puissance [€/kW]} + \text{CAPEX energie [€/kWh]} \times \text{temps de décharge [h]}$$

- 4 Utilisation du « Levelized Cost of Storage » pour comparer les technologies
 - | C'est-à-dire la somme des coûts actualisés, divisée par la somme de l'énergie restituée actualisée sur le cycle de vie.
 - | Calculé hors coût d'achat d'électricité
 - | Un équivalent au LCOE utilisé fréquemment pour les EnR
- 4 Permet de prendre en compte les OPEX et les performances techniques en plus du CAPEX
- 4 Mais en contrepartie, le LCOS dépend du contexte dans lequel il est calculé (notamment du cyclage)

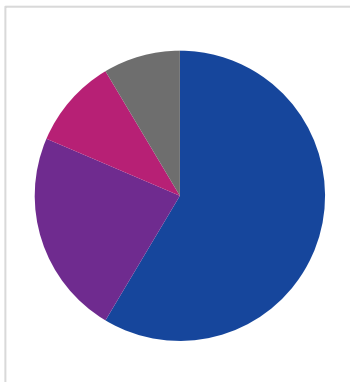
4 Comparaison des LCOS (€/MWh délivré) pour les principales technologies de stockage d'électricité en 2013 sur le segment France (sauf stockages ultra-rapides)



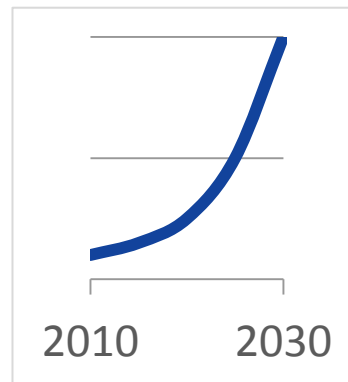
4 Évaluation des performances techniques à 2030

4 Projection des coûts à 2030

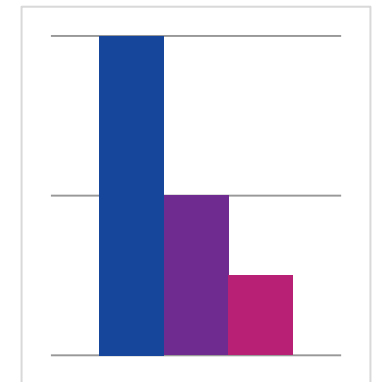
- | Décomposition des différents postes de coût du système en 2013
- | Projection des coûts par taux d'apprentissage, en fonction d'hypothèses de volumes de marchés entre 2013 et 2030.
- | Valeur la plus probable des coûts 2030 déterminée par une méthode de Monte Carlo



Décomposition des coûts

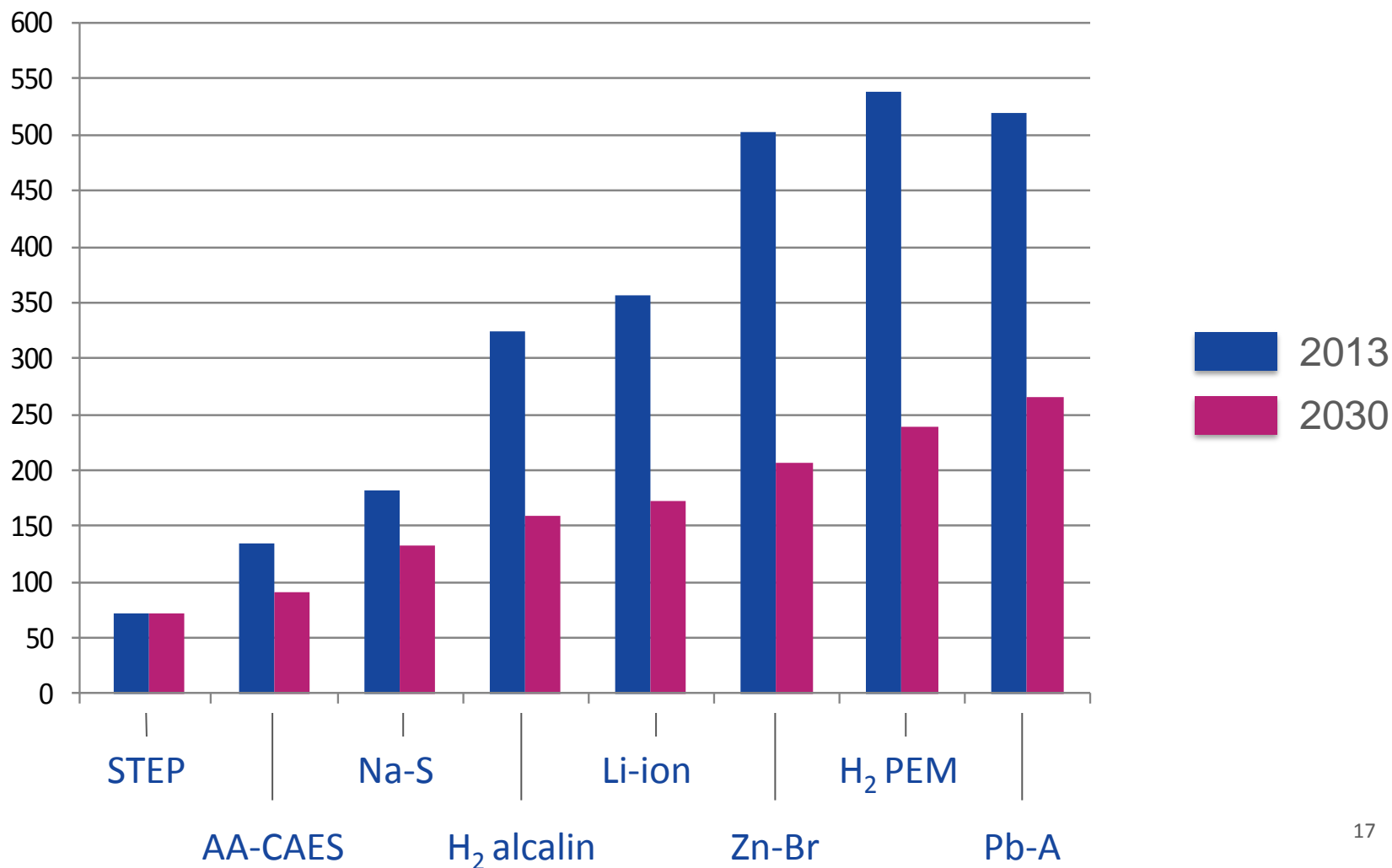


Effet volume



Diminution des coûts

4 Évolution des LCOS (€/MWh délivré) pour les technologies de stockage d'électricité entre 2013 et 2030 sur le segment France



LE MARCHÉ DU STOCKAGE D'ÉNERGIES

4 Contexte France métropolitaine (stockage d'électricité)

- | Une capacité de stockage installée déjà importante (13 GW hydro, 4,3 GW STEP)
- | Des consommations électriques pouvant être déplacées (par ex. 13 à 20 TWh pour l'eau-chaude sanitaire)
- | Forte interconnexion avec les pays frontaliers

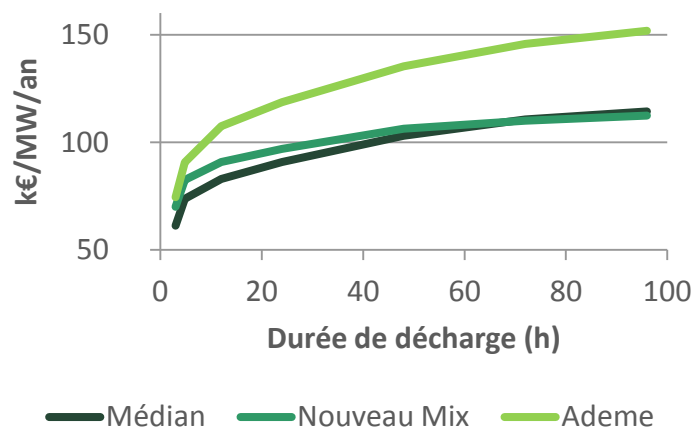
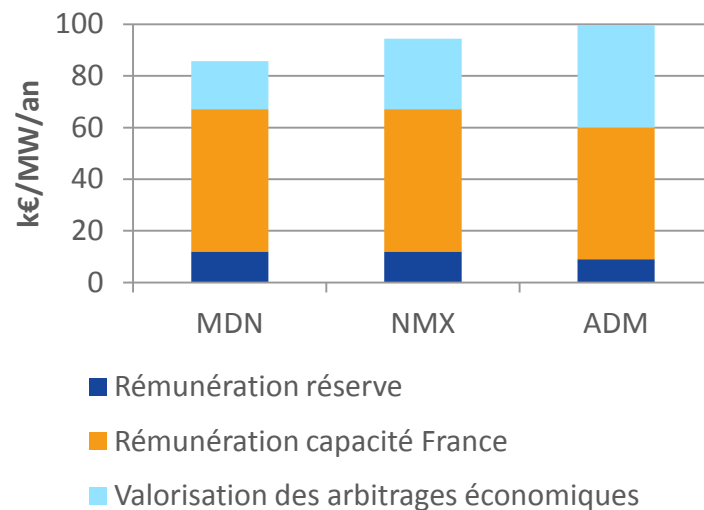
4 Valorisation

- | 60 à 150 k€/MW/an en fonction de la durée de décharge

4 Des besoins complémentaires

- | 1 GW à 2 GW de STEP
- | 600 MW de stockage dédié à la réserve tournante (sous contrainte de faisabilité technique)

Valorisation brute pour 1 MW
(stockage 5h et rendement 80%)



4 Contexte insulaire (stockage d'électricité)

- | Coûts de production d'électricité élevés
- | Forte variation de demande et de la production intermittente

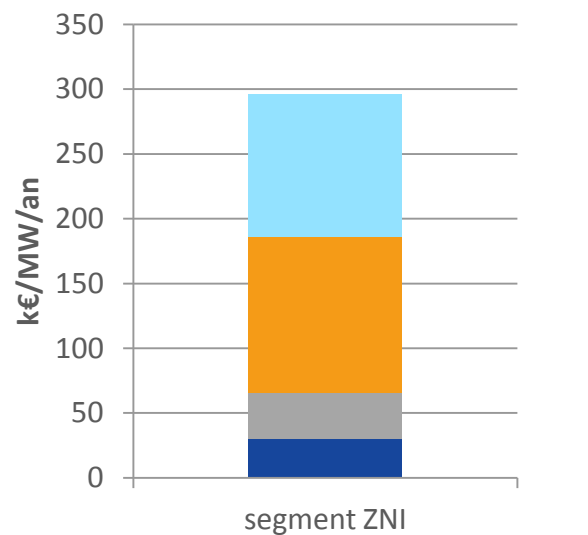
4 Valorisation

- | 200 à 350 k€/MW/an

4 Potentiel

- | 200-400 MW pour les DROM-COM
- | Potentiel important pour les zones faiblement interconnectées
- | Pour de multiples technologies (CAES, STEP marines, batteries Li-Ion, Pb-A, Zn-Br...)

Valorisation brute pour 1 MW
(stockage 5h et rendement 70%)



- Rémunération réserve
- Réduction des arrêts-démarrages
- Rémunération capacité ZNI
- Valorisation des arbitrages économiques

4 Le stockage de chaleur permet :

- | D'arbitrer entre les combustibles
- | De mieux piloter la cogénération vis-à-vis des marchés électriques
- | De réduire les coûts d'investissement

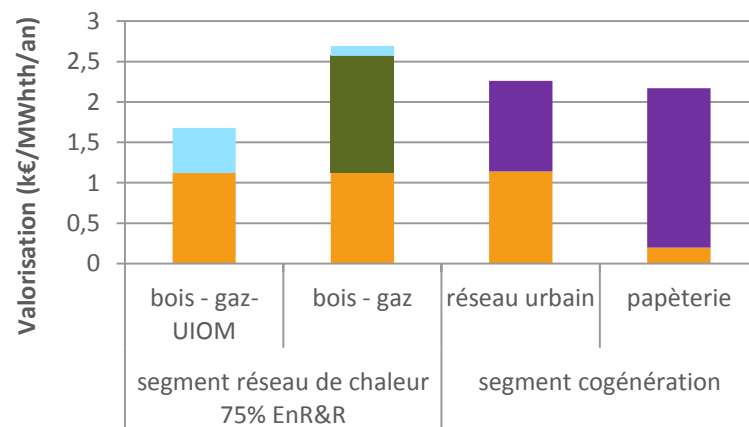
4 Valorisation

- | 1500 à 2500 €/MWh_{th}/an

4 Potentiel

- | 5 à 10 GWh_{th} capacité de stockage installée

Valorisation brute
(stockage de chaleur)



- Economie CAPEX gaz (pointe)
- Economie CAPEX bois (économie d'échelle)
- Arbitrage (économie de combustible pour la chaleur)
- Meilleur pilotage de la cogénération

RECOMMANDATIONS

- 4 Rémunérer le stockage d'énergies à hauteur des services rendus pour permettre l'émergence de filières d'avenir
 - | Permettre au stockage de participer au marché capacitaire
 - | Inciter par la structure des tarifs à une bonne utilisation du stockage
 - | Conserver les droits attachés à l'énergie lorsqu'elle est stockée (certificats, obligation d'achat, EnR&R...)
 - | Limiter les taxes et contributions à l'énergie réellement consommée (CSPE notamment)

- 4 Valoriser la flexibilité de la demande électrique avec les moyens de stockage d'énergies
 - | Déjà présents (eau chaude sanitaire par exemple)
 - | Ou à venir (pilotage de la charge des véhicules électriques notamment)
 - | **Enjeux de 100 à 300 M€/an**

- 4 Réaliser le potentiel de stockage d'énergies identifié
 - | 1 à 2 GW de STEP en métropole
 - | 200 à 400 MW de stockage électrique distribué DROM-COM
 - | 5 à 10 GWh_{th} capacité de stockage de chaleur

- 4 Mettre en place un programme ambitieux de R&D et de démonstrateurs pour préparer les filières d'excellence de demain (réserve primaire, stockage réparti intelligent, etc.)

- 4 Faire des DROM-COM un champ actif d'expérimentation et un tremplin pour l'export



Merci pour votre attention !

laurent.fournie@artelys.com
+33 1 44 77 89 00

olivier.lacroix@enea-consulting.com
+33 1 82 83 83 83