



Concertation sur les scénarios 2050

Groupe de travail n°7
« Flexibilité »

Cadrage des hypothèses concernant le pilotage de la demande

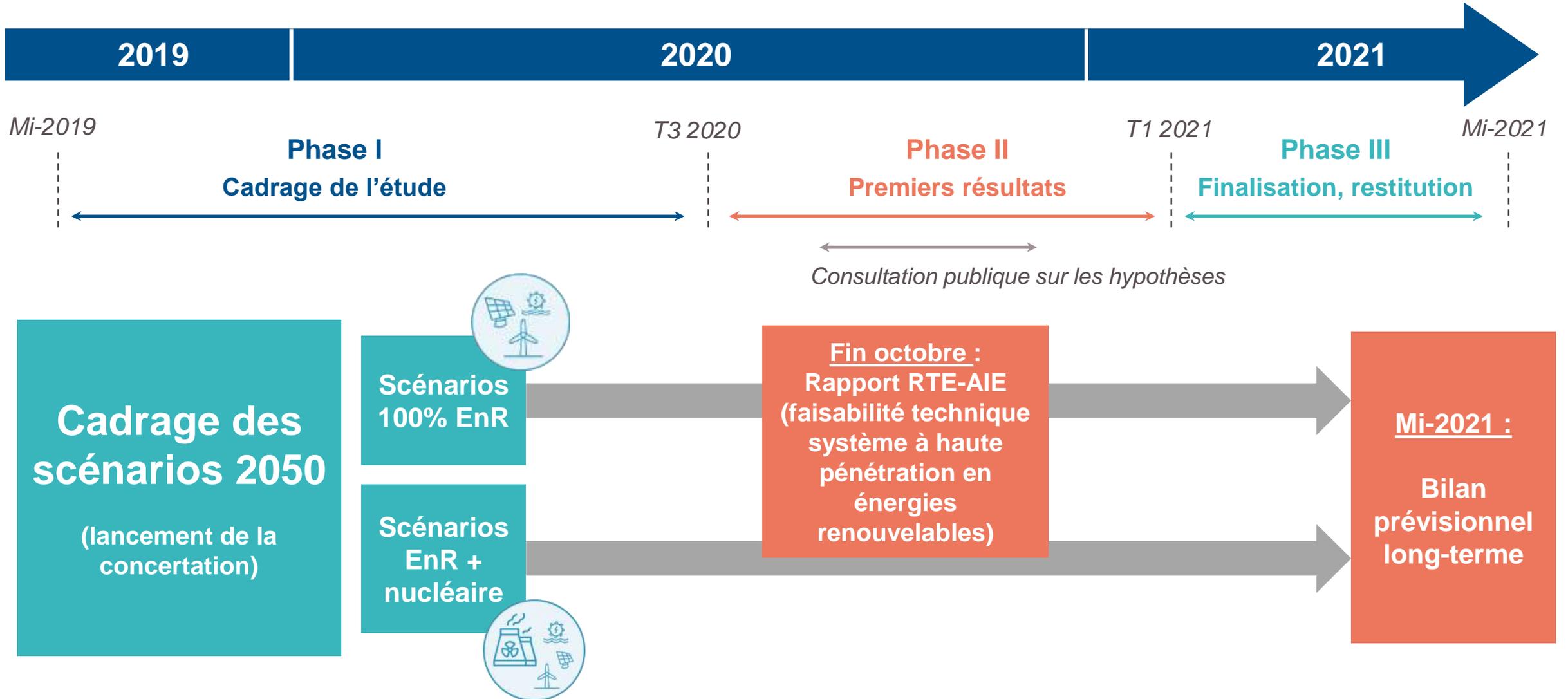
Réunion du 16 octobre 2020



Rappel du contexte et des objectifs du groupe de travail sur la flexibilité



Rappel du calendrier de concertation sur les scénarios 2050



Rappel des éléments de cadrage sur les scénarios 2050

- Cadrage général des prochains scénarios de long terme :
 - ① articulé autour de l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 et des trajectoires de la SNBC
 - ② avec des trajectoires (pas uniquement le point d'arrivée)
 - ③ en intégrant les conséquences du changement climatique
 - ④ avec une modélisation complète du système à l'échelle européenne, et avec une représentation des couplages entre l'électricité et les autres vecteurs (gaz, chaleur...)
- Une description des scénarios selon 4 axes principaux :
 -  Description technique du système
 -  Description des enjeux environnementaux
 -  Description économique
 -  Description des enjeux sociétaux (implication sur les modes de vie)

Lancement d'une large concertation sur la scénarisation et les hypothèses des scénarios

pour cibler les points d'intérêt du débat public, renforcer la pertinence et la légitimité des scénarios, et accroître la transparence sur les hypothèses

La CPSR

Instance de cadrage stratégique des travaux et d'arbitrage des orientations

Des groupes de travail

Instances de partage des hypothèses et résultats au niveau technique

Une consultation publique

Appel à contribution qui viendra enrichir les échanges initiés en groupes de travail



Exemples :

- GT1 « référentiel climatique »
- GT2 « consommation »
- GT3 « cadrage et scénarisation »
- GT4 « interfaces électricité et autres vecteurs »
- GT5 « dynamiques sociétales »
- GT6 « environnement »
- **GT7 « flexibilités »**
- GT8 « fonctionnement du système électrique »
- GT9 « coûts »

→ 2ème réunion aujourd'hui

Les scénarios d'étude proposés en concertation



Scénarios « EnR sans nouveau nucléaire »



Scénarios « EnR avec nouveau nucléaire »

M0

100% EnR en 2050

M1

EnR répartition diffuse sur le territoire

M2

EnR bouquet économique

M3

Energies marines renforcées

N1

EnR + nucléaire 1

N2

EnR + nucléaire 2

N3

Renouvellement accéléré du parc nucléaire

N0

50/50 avec renouvellement progressif

Sortie du nucléaire complète en 2050

Développement important d'EnR au niveau local (notamment PV), porté par des acteurs locaux et des modes participatifs

Développement de grands parcs d'EnR, toutes filières (fermes solaires au sol, grands parcs éoliens terrestres et en mer)

Développement accéléré de l'éolien en mer posé et flottant, et moindre sur l'éolien terrestre pour raison d'acceptabilité

EnR + une paire d'EPR tous les 4 à 5 ans à partir de 2030-35

→ 6 à 10 EPR en 2050

EnR + une paire d'EPR tous les 2 à 3 ans à partir de 2030-35

→ 12 à 16 EPR en 2050

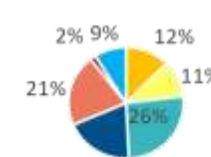
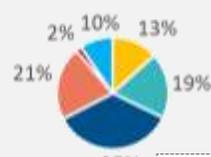
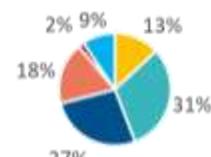
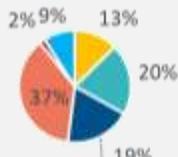
Maintien de 50% de production nucléaire après 2035

→ effort très important sur nouveau nucléaire

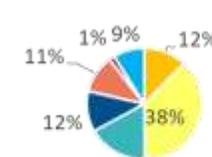
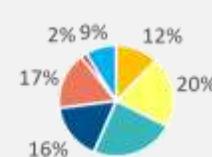
Sortie plus lente du nucléaire existant vs. moins de nouveaux réacteurs

à évaluer

Mix de production estimé en 2050



Mix de production estimé en 2050



à évaluer

EnR : ~100%

EnR : ~85%

Nuc. : ~15%

EnR : ~75-80%

Nuc. : ~20-25%

EnR : ~65-70%

Nuc. : ~30-35%

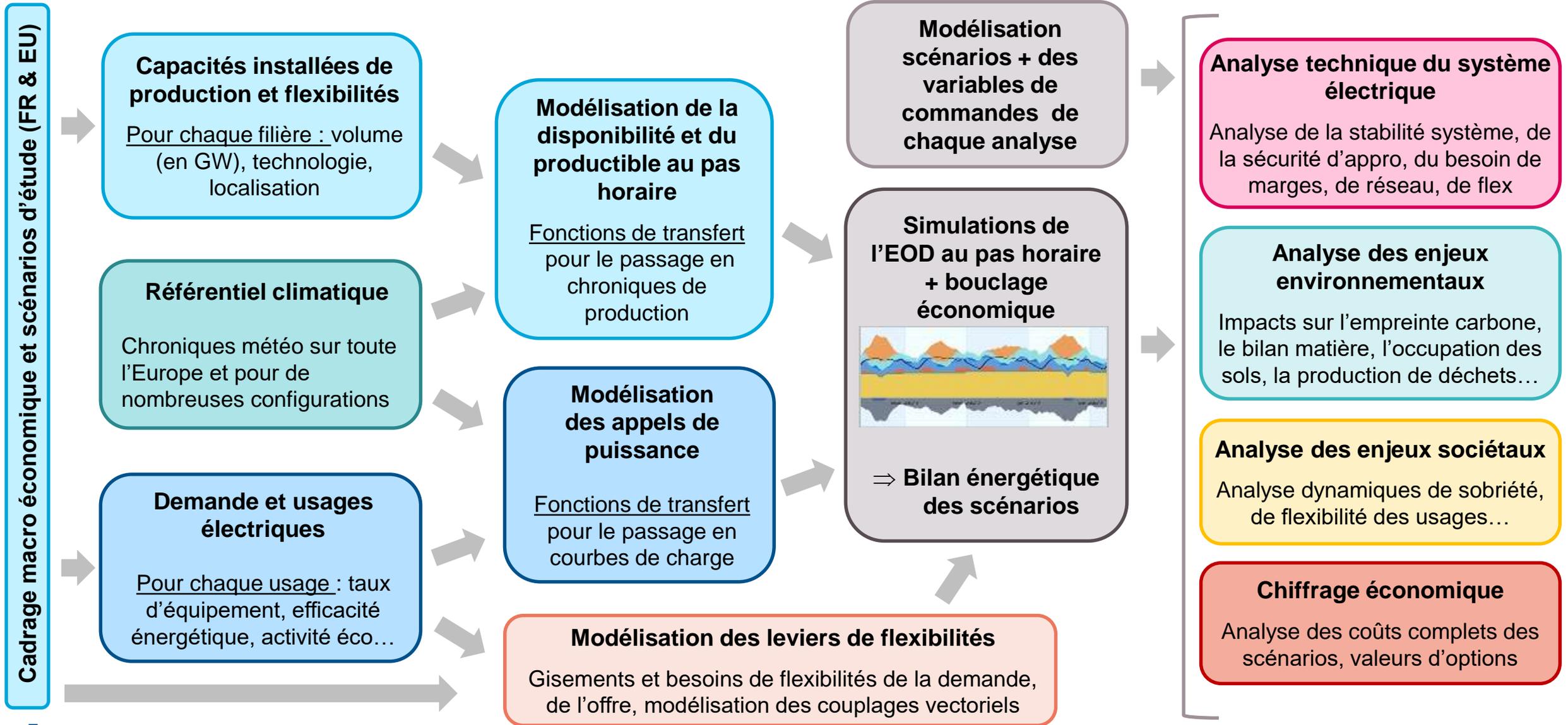
EnR : ~50%

Nuc. : ~50%

EnR : ~50%

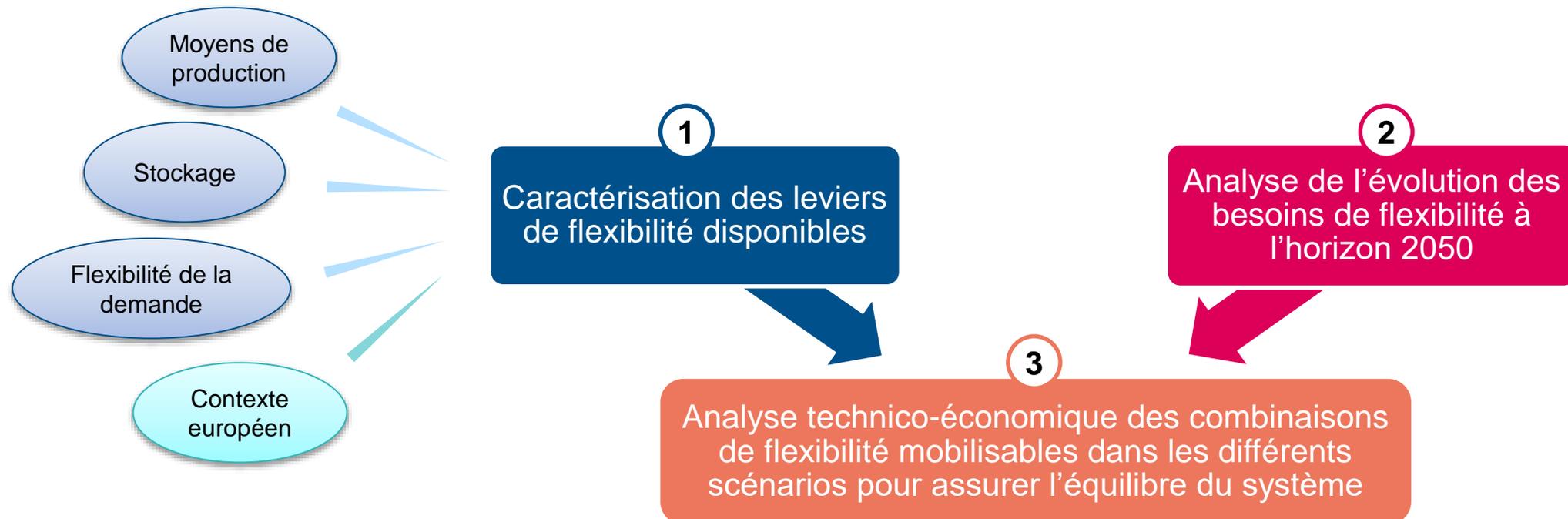
Nuc. : ~50%

Une analyse détaillée du système dans les différents scénarios

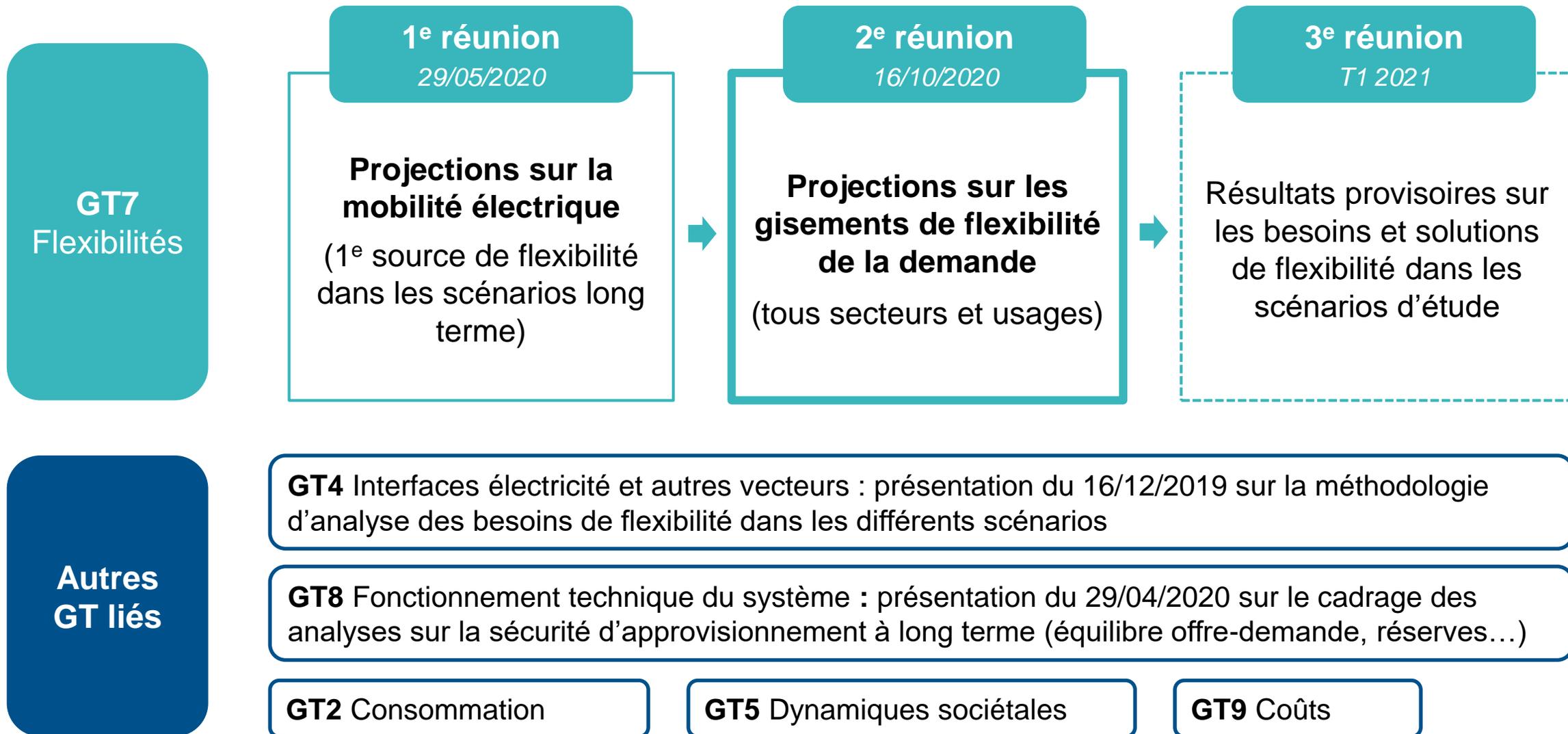


Le cadrage de l'analyse sur la flexibilité dans les scénarios 2050

- La part croissante d'énergies renouvelables variables (éolien et solaire) dans le mix européen en 2050 rend nécessaire une analyse approfondie des enjeux liés à l'équilibre offre/demande (sécurité d'approvisionnement, équilibrage du système en temps réel, optimisation de l'utilisation du mix électrique (sur le plan économique))
- Une caractérisation des besoins de flexibilité du système électrique aux différents horizons temporels est nécessaire, ainsi qu'une estimation fine des gisements de flexibilité disponibles.



Les enjeux associés au développement des flexibilités dans les scénarios de long terme sont discutés dans différents GT



Des contributions sur les éléments présentés lors de la première réunion qui sont intégrés dans la suite des travaux



Des remarques sur l'évaluation de la **consommation énergétique pour la mobilité lourde**



Des évolutions sur la modélisation des poids (intégration des distances parcourues par les camions sous pavillon étranger et la prise en compte de données affinées sur les distances parcourues en fonction de l'âge du parc roulant)



Demande de prise en compte des **effets de la crise COVID** sur les besoins de mobilité



Des effets déjà en partie intégrés avec un développement ambitieux du télétravail et des effets de sobriété mais une transition qui pourrait être accélérée (nécessite du recul)



Question sur les impacts de la recharge par caténaire



Analyse d'une variante avec développement accru du « biberonnage »



Remarques sur le scénario « bas » de pilotage de la recharge



Trop faible développement du pilotage des recharges jugé peu réaliste car trop contraignant → scénario bas rehaussé



Demande de variantes



Variantes « sobriété + » vs « sobriété / efficacité - »

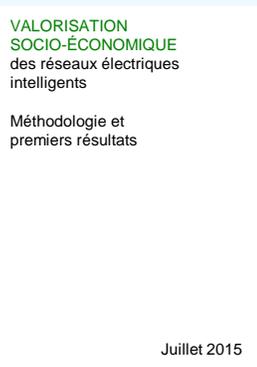


2

Cadrage des analyses et des hypothèses sur la flexibilité de la demande

La flexibilité des consommations d'électricité a déjà fait l'objet d'évaluations techniques et socio-économiques dans le cadre des travaux de RTE :

2015



Rapport REI 2015

- Analyse déploiement marginal des flexibilités
- Sans concurrence entre solutions
- Scénario « Nouveau mix 2030 »

2017



Rapport REI 2017

- Analyse de la profondeur du déploiement
- Mise en concurrence des solutions
- Actualisation hypothèses
- Scénario « Nouveau mix 2030 »



BP2017

- Nouveaux scénarios 2035
- Analyse des besoins de flexibilité dans les scénarios de la PPE

2018-2020



Trilogie des usages

- Approfondissements thématiques :
- véhicules électriques,
 - hydrogène,
 - chauffage / bâtiments (à venir)

2020-2021

Bilan prévisionnel 2020-2060

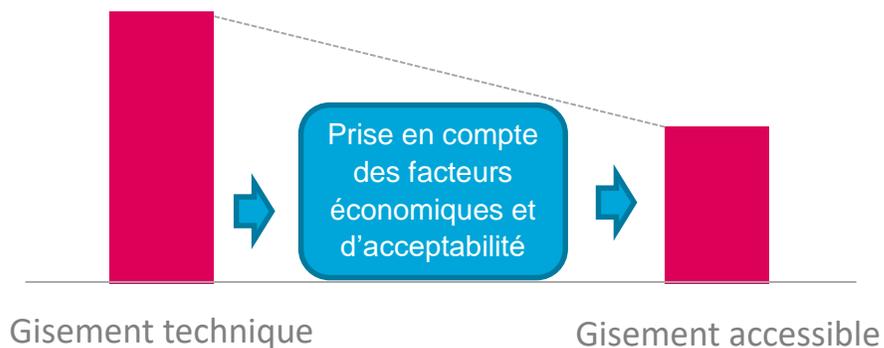
- Nouveaux scénarios long-terme sur 2020-2060
- Représentation détaillée de différentes flexibilités
- Intégration de l'ensemble des technologies de flexibilité (batteries, hydrogène, pilotage de la demande, STEP...)
- Analyse des « combinaisons de flexibilités » nécessaires dans les différents scénarios visant la neutralité carbone

Une caractérisation fine du gisement de flexibilité de la demande

Pour chaque levier de flexibilité considéré, une caractérisation fine doit concerner :

- le **gisement technique** : identification des usages pilotables et de leurs profils de consommation
- les **contraintes d'activation** et l'**acceptabilité** pour les usages résidentiels (aspects sociétaux et comportementaux)
- les **aspects économiques** : coûts des équipements nécessaires, attentes de rémunération

La prise en compte des attentes des consommateurs permet d'estimer un **gisement accessible**



Usages résidentiels

This section lists various residential uses with corresponding icons:

- Véhicules électriques**: Icon of a blue car with a charging cable.
- Eau chaude sanitaire**: Icon of a hand with water droplets.
- Chauffage**: Icon of a red radiator.
- Climatisation**: Icon of a grey snowflake.
- Électroménager (lavage, cuisson, froid)**: Icon of a white washing machine.
- Éclairage**: Icon of a yellow lightbulb.
- Informatique/électronique**: Icon of a black laptop.

Effacements industriels et tertiaires

This section shows a bar chart with vertical bars of varying heights, representing load shedding profiles. Below the chart, the text reads: 'Chauffage, climatisation, éclairage, froid, process'.



3

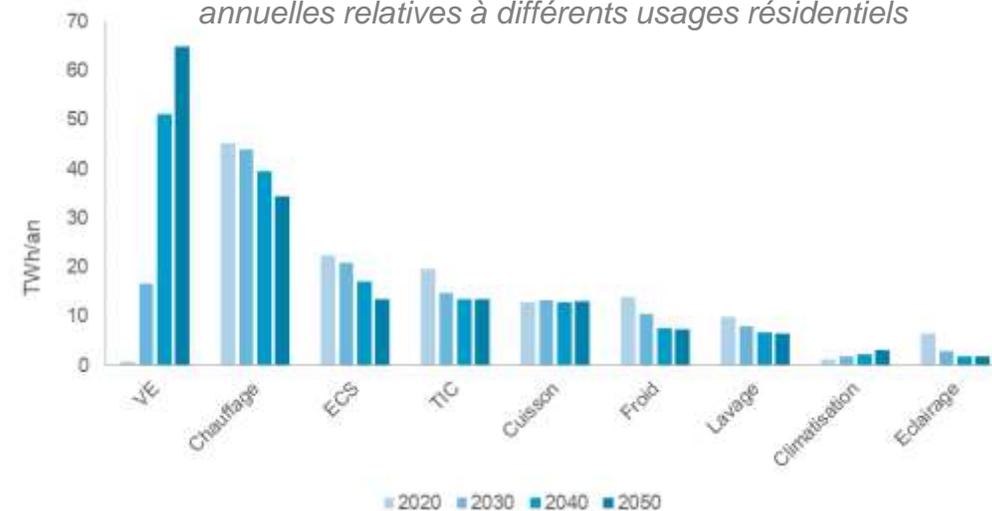
Flexibilité de la demande dans le secteur résidentiel

L'analyse du gisement technique nécessite d'estimer le profil de consommation

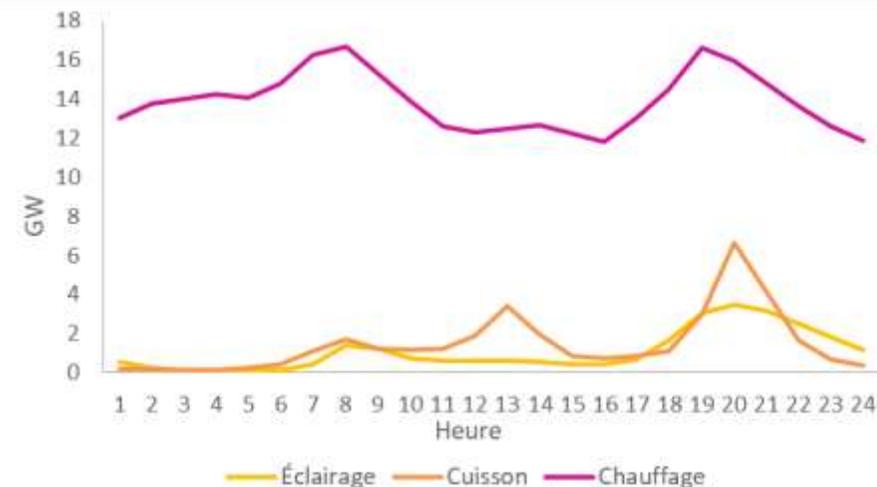
Le gisement technique de flexibilité de la demande nécessite d'évaluer tout d'abord l'évolution de la consommation électrique selon les différents usages.

- Les hypothèses de consommation s'appuient sur les trajectoires provisoires discutées dans le cadre du GT2 (consommation)
- Le potentiel de flexibilité associé à chaque usage dépend du volume d'énergie, mais également du profil des appels de puissance
- Les gisements techniques de puissance effaçable sont estimés sur la base de la contribution moyenne des différents usages à la pointe de consommation (aujourd'hui jours de pointe en hiver, sauf pour la climatisation)

Trajectoires de consommations d'électricité annuelles relatives à différents usages résidentiels



Profil des appels de puissance pour un mardi de janvier



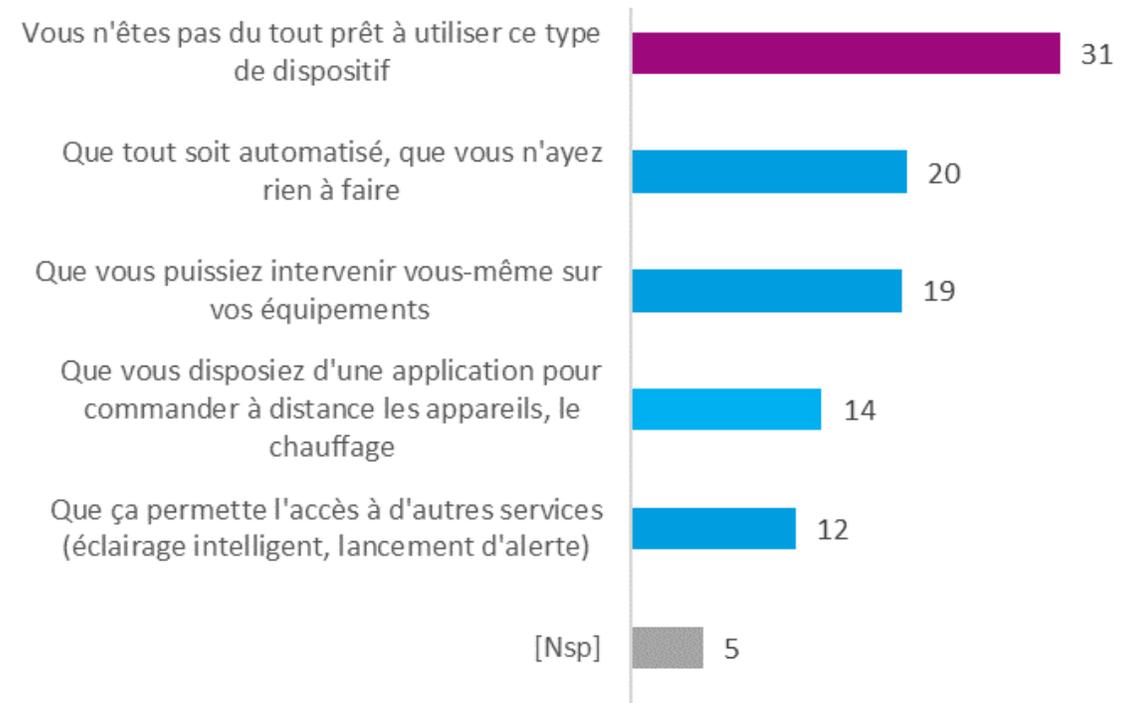


L'appropriation de la flexibilité par les ménages est un processus complexe

La flexibilisation des usages électriques, comme toute innovation, pose des questions en matière d'acceptabilité et d'appropriation sociale.

- De nombreux facteurs influencent la capacité des ménages à mettre en œuvre le pilotage des consommations d'électricité : modes de vie, pratiques et usages, culture technique...
- Selon une enquête réalisée par le CREDOC pour RTE, un tiers des Français déclare aujourd'hui ne pas être prêts à adopter des outils de pilotage des consommations
- Les inquiétudes principales concernent le partage de données personnelles et la santé
- Les jeunes semblent plus favorables à la participation à ce type d'initiatives

Dans l'idéal, dans quelles conditions aimeriez-vous pouvoir piloter votre consommation d'énergie ? Il faudrait ...



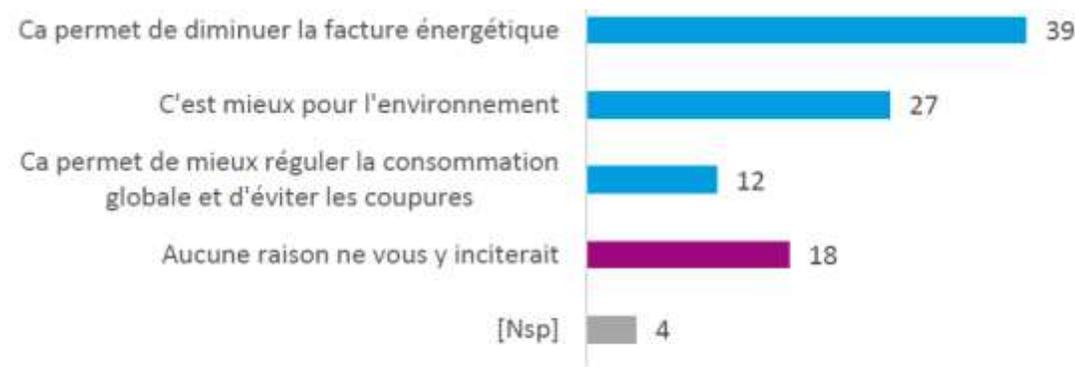
Source : CREDOC, Enquête « Conditions de vie et Aspirations », juin 2018
Champ : France métropolitaine, 2 014 personnes de 18 ans et plus



Les motivations pour accepter le pilotage des consommations ne sont pas uniquement financières

- En France, la principale incitation à piloter les consommations est la **réduction de la facture**, mais pour presque 1/3 des Français la motivation principale est l'**amélioration de l'impact environnemental** des consommations d'énergie.
- Pour les jeunes de moins de 25 ans, les aspects environnementaux constituent l'incitation principale
- Plusieurs études ont cherché à quantifier les attentes de rémunération ou les dispositions à payer pour des bénéfices (environnementaux, techniques...).
- L'exercice reste néanmoins délicat et dépend des questions posées ou encore de la nature des équipements à déployer / accepter

Parmi les raisons suivantes, laquelle vous inciterait le plus à utiliser [certains dispositifs qui permettent de piloter sa consommation d'énergie] ?

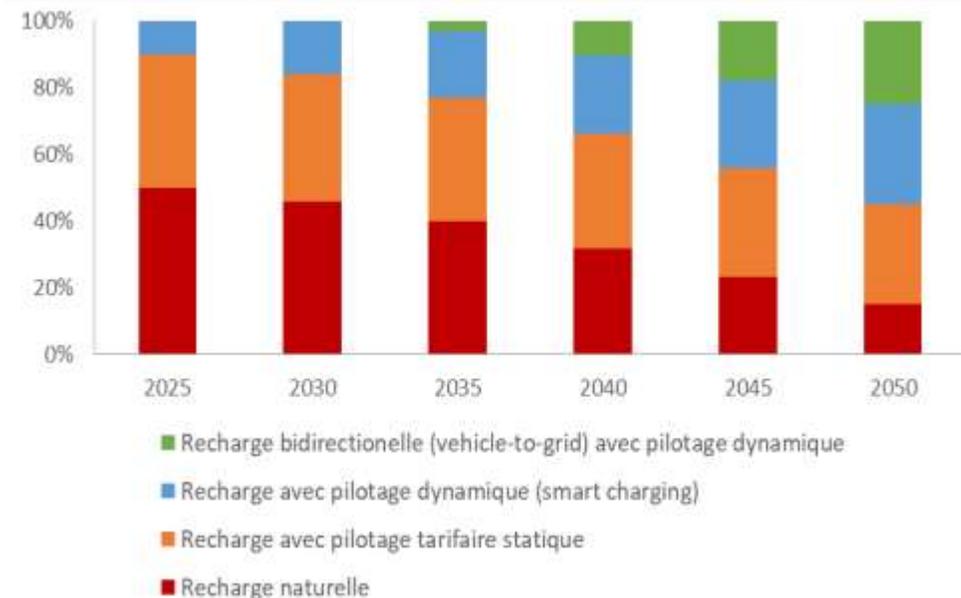


Source : CREDOC, Enquête « Conditions de vie et Aspirations », juin 2018
Champ : France métropolitaine, 2 014 personnes de 18 ans et plus

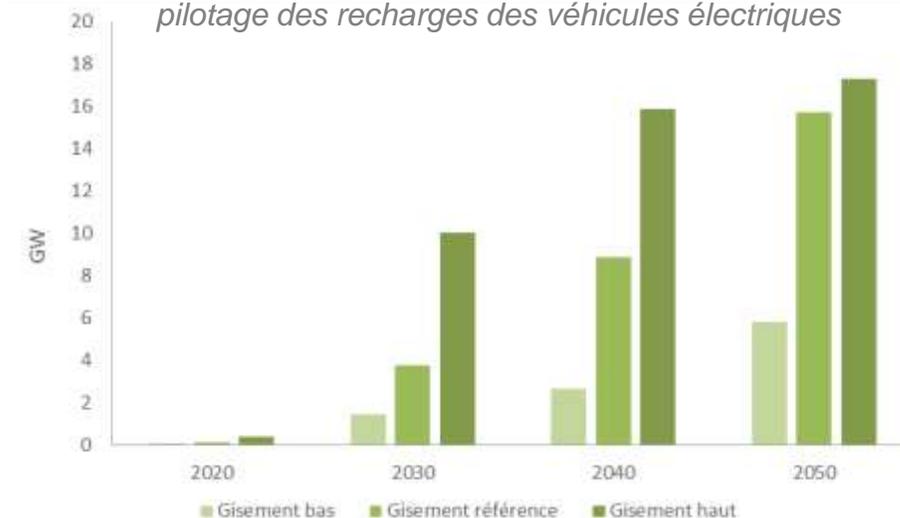
Flexibilité des véhicules électriques

- Les véhicules électriques disposent d'une autonomie pouvant couvrir plusieurs jours de consommations moyennes, et ils sont statiques pendant une large partie de la journée : le pilotage des recharges **ne présente pas de contraintes** importantes pour les utilisateurs
- Un large pilotage de type tarifaire peut être déjà envisagé sur le court terme, avec un développement progressif du pilotage « dynamique » et du *vehicle to grid*.
- Dans la trajectoire de référence, **85% des recharges seraient pilotées en 2050** (selon différents modes)
- Le **gisement de flexibilité accessible** se situerait entre 1,5 et 10 GW à l'horizon 2030 et entre 5 et 20 GW en 2050, en fonction des variantes de pilotage considérées

Hypothèse de pilotage des recharges des véhicules électriques légers dans la trajectoire de référence



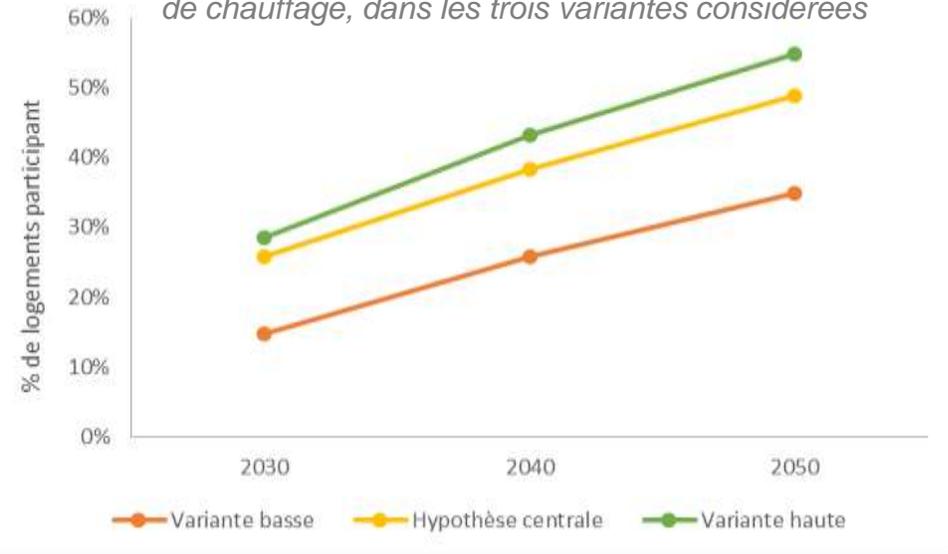
Estimation du gisement de flexibilité accessible associé au pilotage des recharges des véhicules électriques



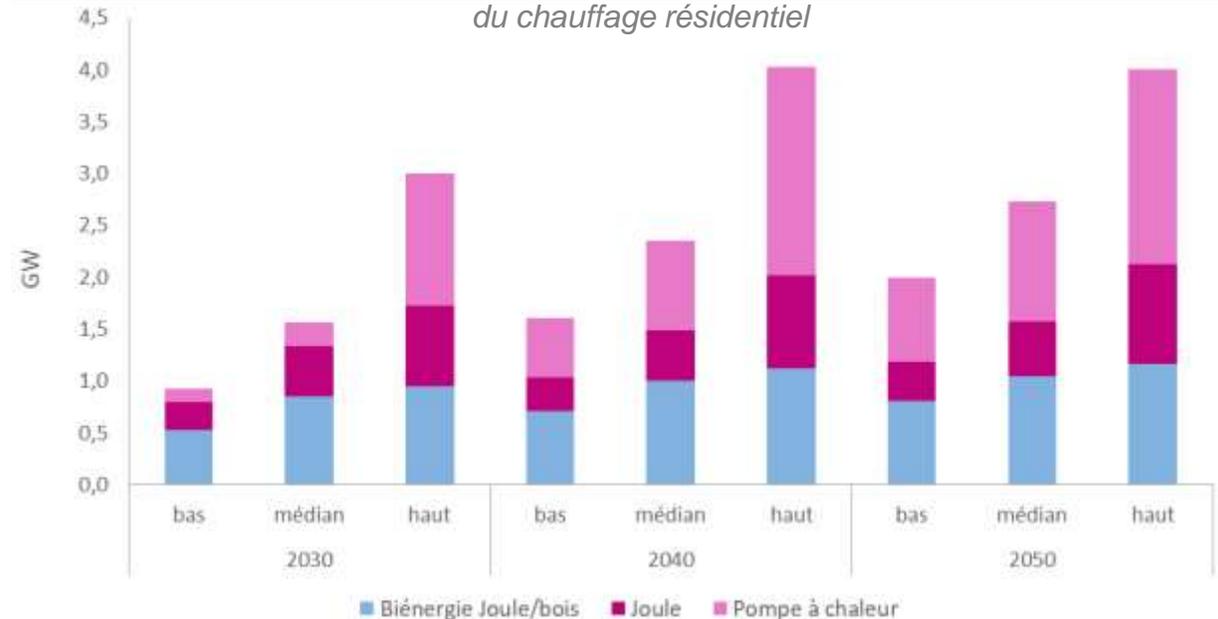
Flexibilité du chauffage

- La modulation de charge considérée concerne des effacements diffus de courte durée (une heure maximum), aussi bien pour des radiateurs de type Joule et que pour des pompes à chaleur
- Le gisement technique de flexibilité pour un logement moyen à l'horizon 2050 serait autour de 0,2 kW/ménage pour les équipements Joule et de 0,6 kW/ménage pour les pompes à chaleur
- Il est supposé que la diffusion du pilotage se fasse en priorité parmi les logements les mieux isolés (moins de pertes de confort)
- À l'horizon 2050, le gisement de flexibilité accessible est compris entre ~2 GW et ~4 GW, en fonction de la variante d'accessibilité retenue

Part de logements participant au pilotage des consommations de chauffage, dans les trois variantes considérées



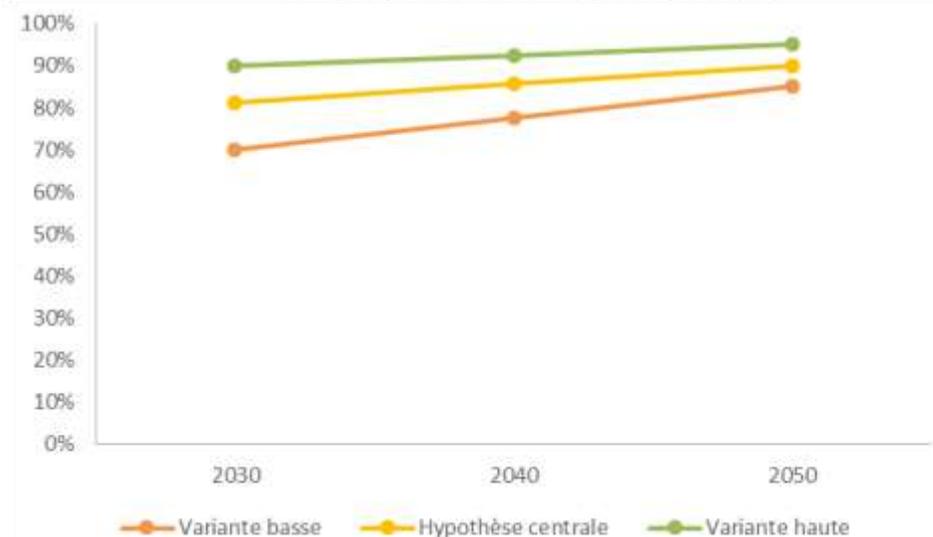
Estimation du gisement de flexibilité accessible associé au pilotage du chauffage résidentiel



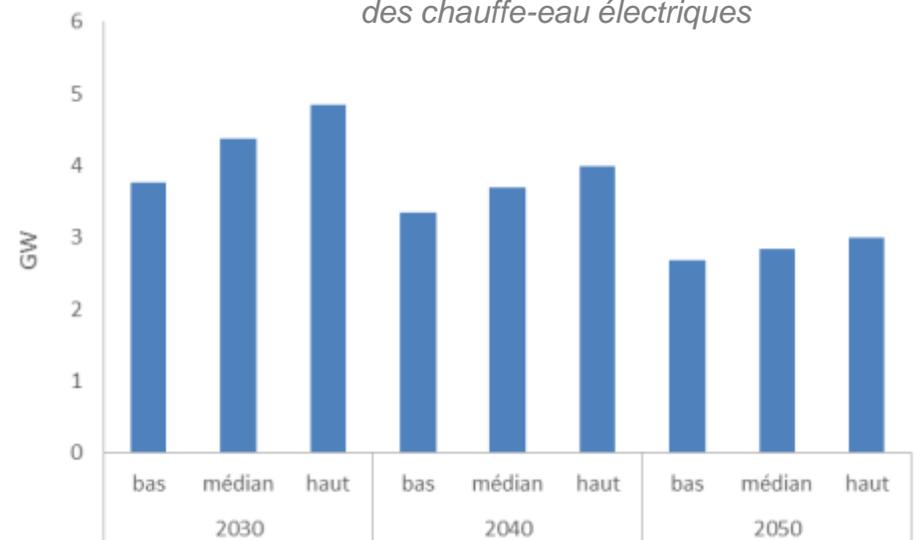
Flexibilité de l'eau chaude sanitaire

- L'eau chaude sanitaire est le seul usage d'électricité résidentiel dont le pilotage des consommations est **déjà largement répandu** (environ 80% des équipements, environ 4 GW)
- La progression de l'efficacité énergétique des appareils rendrait le gisement de flexibilité légèrement plus faible à l'horizon 2050 (environ **3 GW**), même en supposant une acceptabilité grandissante

Part de logements participant au pilotage des chauffe-eau électriques, dans les trois variantes considérées



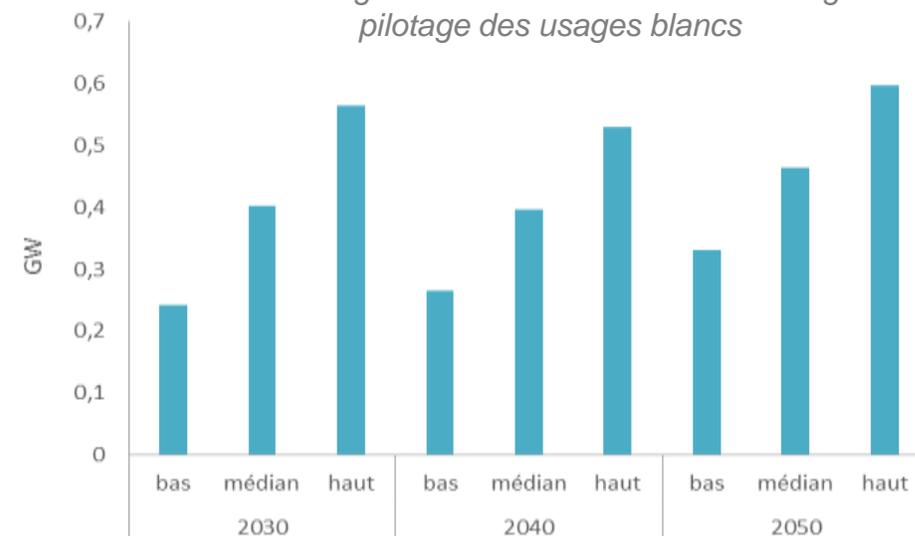
Estimation du gisement de flexibilité accessible grâce au pilotage des chauffe-eau électriques



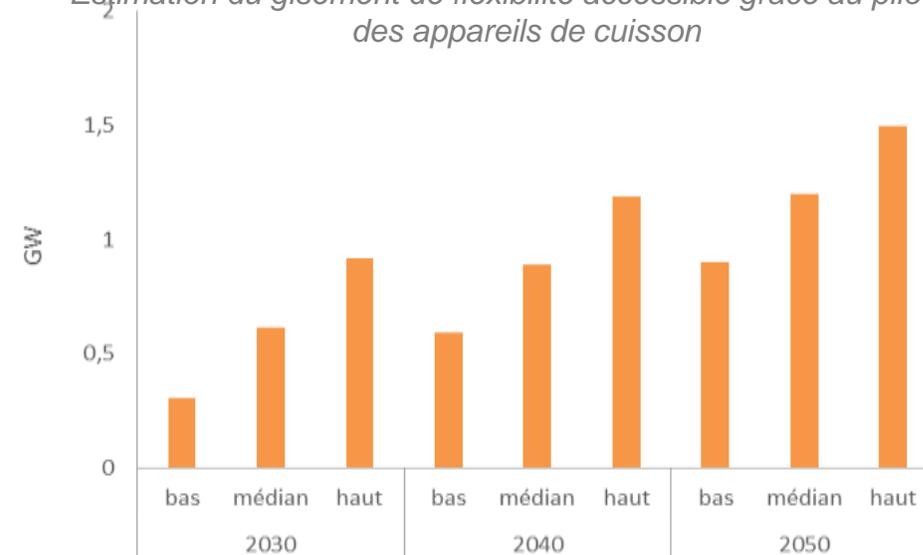
Flexibilité des appareils électroménagers

- Parmi les appareils électroménagers, ceux pour lesquelles l'acceptabilité du pilotage serait plus importante sont les usages blancs (lavage, séchage) et en moindre mesure les équipements de cuisson
- Le gisement associé aux **usages blancs** serait d'environ **0,5 GW** à l'horizon 2050 dans la trajectoire médiane
- Pour la **cuisson**, le gisement accessible serait compris **entre 1 et 1,5 GW** en 2050 selon la variante considérée
- Les réfrigérateurs et congélateurs ne constituent pas un gisement accessible significatif pour la sécurité d'approvisionnement, mais ils pourraient participer à l'équilibrage de court terme du système électrique

Estimation du gisement de flexibilité accessible grâce au pilotage des usages blancs



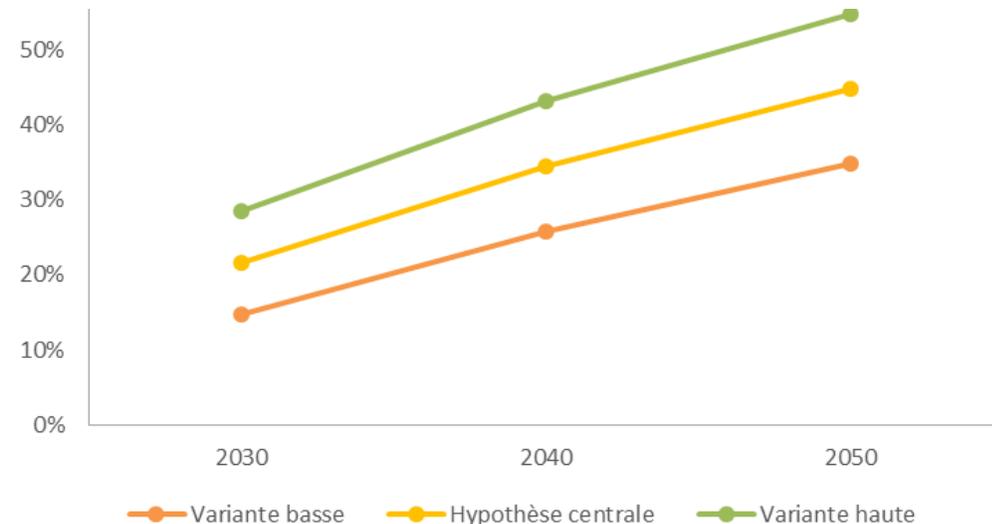
Estimation du gisement de flexibilité accessible grâce au pilotage des appareils de cuisson



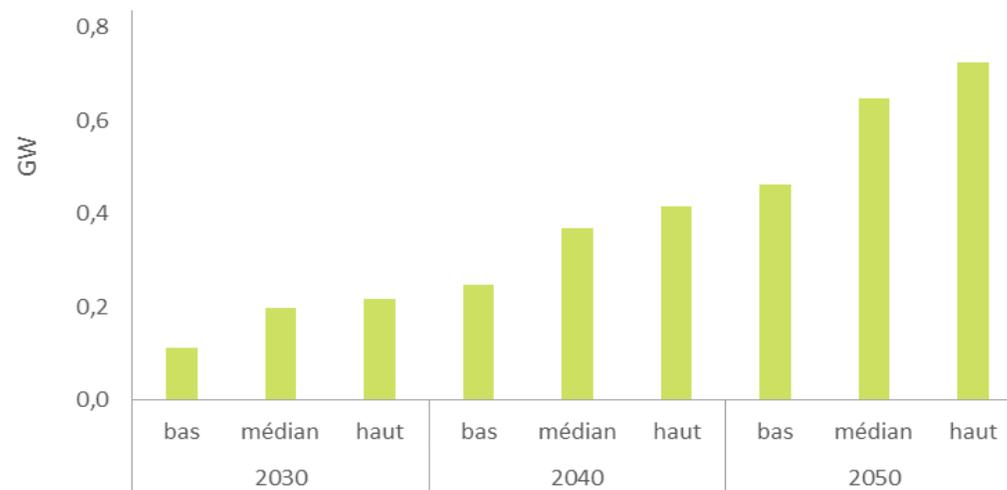
Flexibilité des autres usages (climatisation, TIC, éclairage)

- Dans un contexte de consommations de climatisation grandissantes et d'incertitudes quant à la disponibilité des moyens de production lors d'épisodes de forte chaleur, **des moments de tension sur le système électrique pendant l'été ne peuvent pas être exclus**
- Bien que les consommations soient faibles aujourd'hui, la climatisation pourrait contribuer à la hauteur de 0,5 GW à la flexibilité du système à l'horizon 2050
- Le pilotage des consommations des appareils électroniques et de l'éclairage apparaît plus difficilement acceptable que celle des autres usages. Il est supposé que le gisement de flexibilité pour ces usages est négligeable.

Part de logements participant au pilotage des consommations de climatisation, dans les trois variantes considérées



Estimation du gisement de flexibilité accessible grâce au pilotage de la climatisation





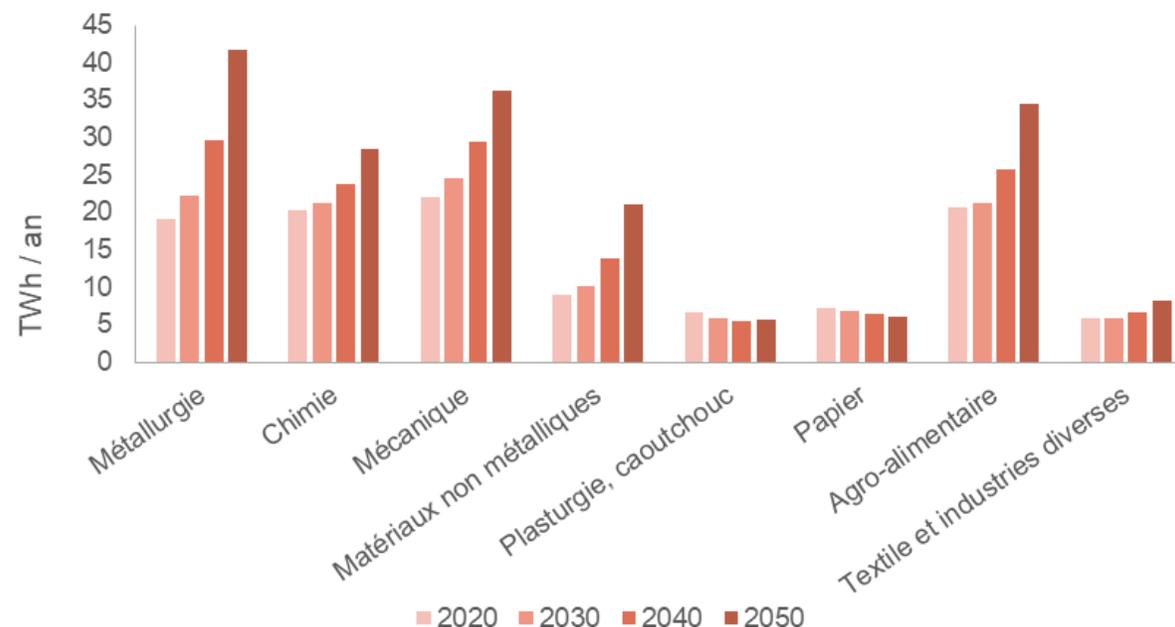
Secteurs industriel et tertiaire

Des processus d'effacement déjà bien établis dans l'industrie

Les procédés industriels électro-intensifs représentent des **gisements de flexibilité importants**, qui sont déjà valorisés depuis longtemps en France.

- les principaux gisements de flexibilité dans l'industrie concernent les secteurs de la métallurgie, de la mécanique, du papier et de la chimie (source: ADEME)
- La plupart des process industriels peuvent être effacés sur des **durées longues**, ce qui permet des gisements élevés même pour des durées d'activation de 8 heures
- Les gisements technico/économiques pour les différents horizons temporels et pour différentes rémunérations sont estimés sur la base des trajectoires provisoires de consommation discutées dans le cadre du GT2, et des gisements par secteur industriel estimés par l'ADEME dans l'étude 2017.

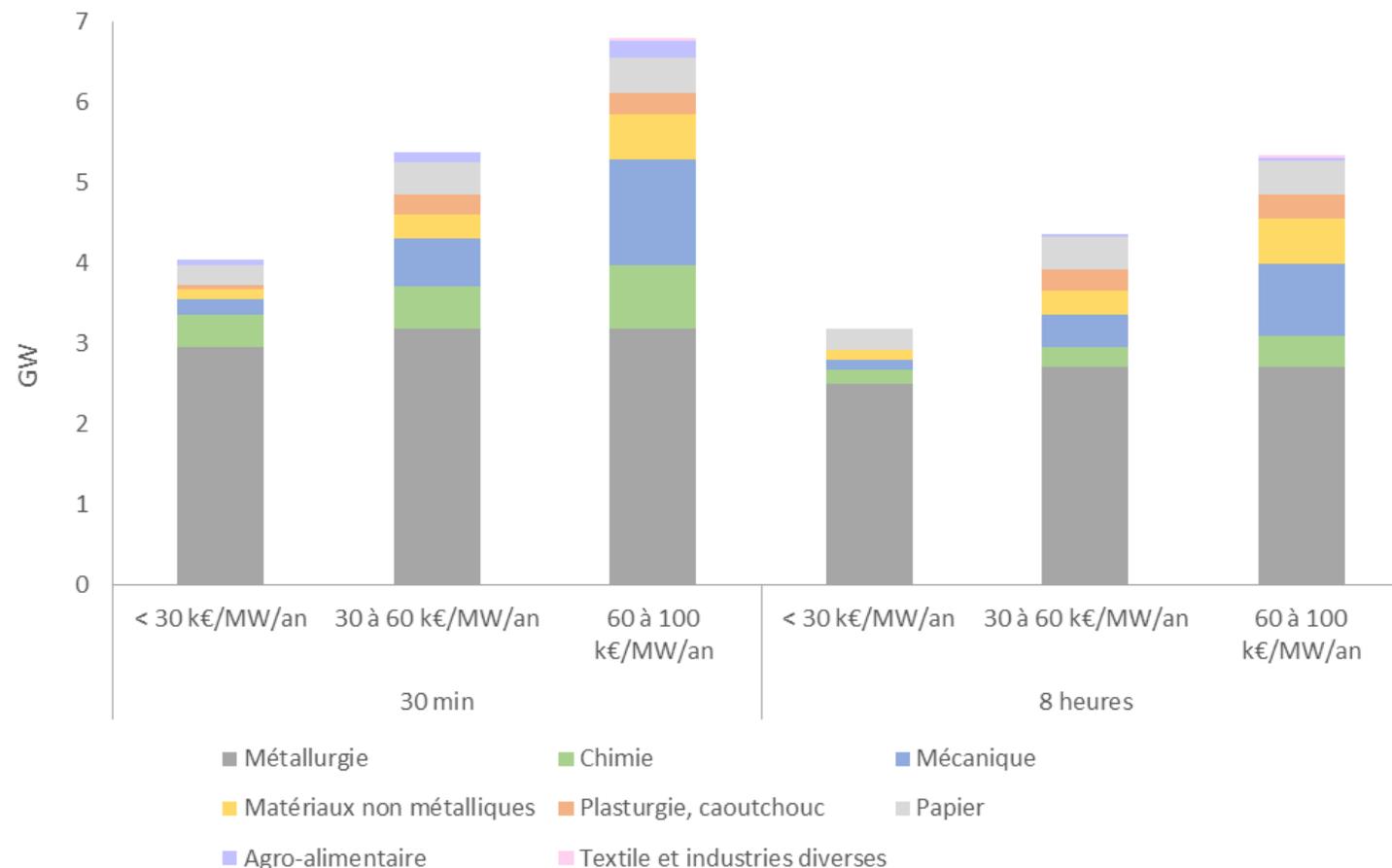
Trajectoires de consommations d'électricité annuelles relatives à différentes branches industrielles



Des gisements de flexibilité importants à l'horizon 2050

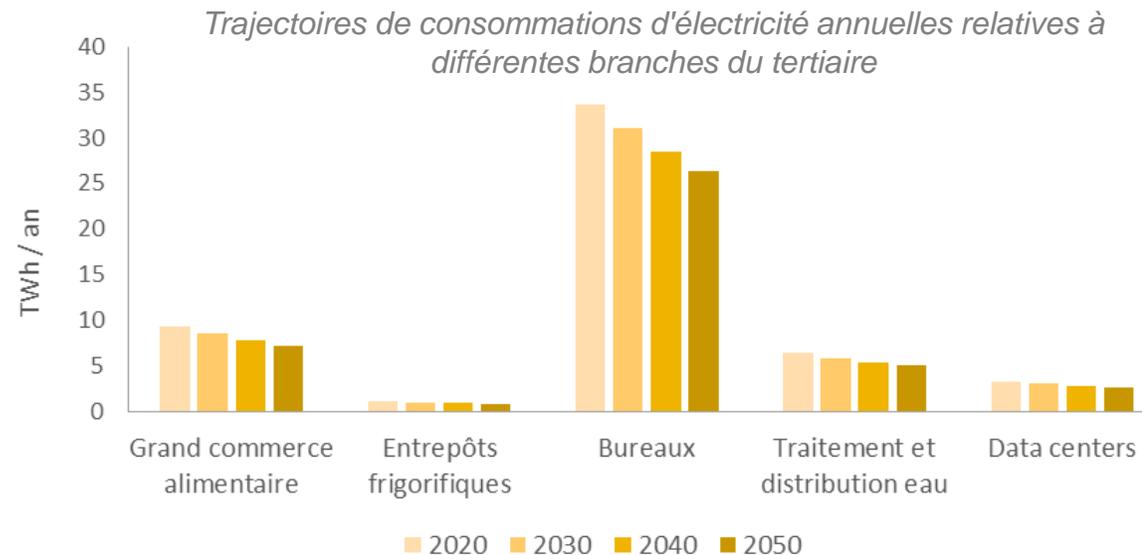
- Le gisement technico-économique en 2050 serait compris **entre 3 et 5 GW** en fonction de la rémunération, dans le scénario médian, pour une activation de 8 heures
- Dans le scénario bas, ils sont compris entre 1,5 et 3 GW, et entre 4,5 et 6 GW dans le scénario haut
- Les gisements pour une durée d'activation de 8 heures sont environ 25% plus faibles que ceux accessibles pour une durée d'activation de 30 minutes

Estimation des gisements technico-économiques accessibles dans l'industrie en 2050 pour différents niveaux de rémunération, en fonction de la durée d'activation (scénario médian)

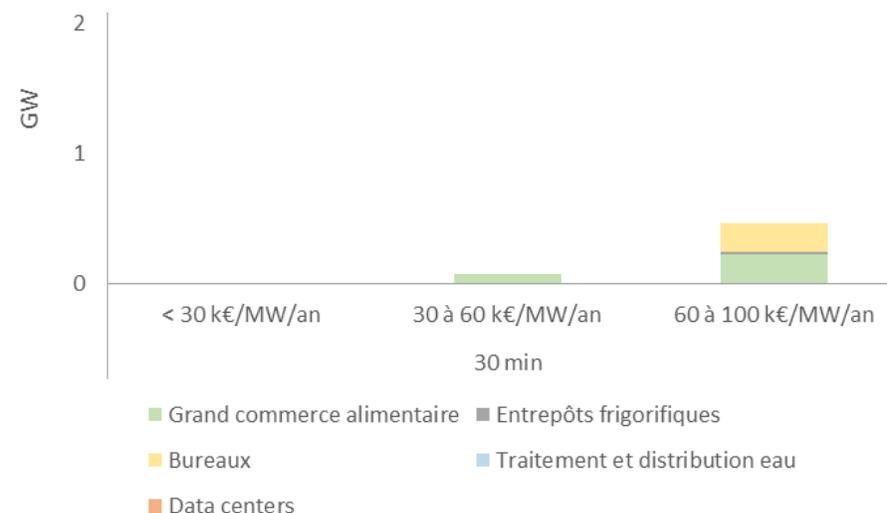


Des gisements de flexibilité décroissant dans le tertiaire

- Les contraintes liées au confort des occupants et aux inquiétudes concernant la santé (notamment dans le secteur alimentaire) et la sécurité (par exemple pour les data centers) font que **les effacements ne sont accessibles qu'à partir de niveaux de rémunération élevés**, et seulement pour des durées d'activation courtes (30 minutes)
- La progression de l'efficacité énergétique dans le secteur tertiaire fait que les gisements de flexibilité, déjà limités aujourd'hui, sont décroissants dans les décennies à venir, malgré une augmentation des surfaces et une électrification des usages. Ils représenteraient environ **0,5 GW en 2050 pour des rémunérations supérieures à 60 k€/MW/an**



Estimation des gisements technico/économiques accessibles dans le tertiaire en 2050, pour différents niveaux de rémunération





Modalités d'activation et considérations économiques

Des services potentiellement multiples pour le système électrique

- Les services apportés par la flexibilité de la demande peuvent être de différentes natures :



- **Sécurité d'approvisionnement** : effacement ou modulation lors des périodes les plus tendues pour l'équilibre offre-demande (peut se faire manuellement ou de manière automatique)



- **Optimisation économique de l'utilisation du mix** : placement de la consommation lors des périodes pendant lesquelles le coût marginal de production électrique est le plus faible



- **Fourniture de réserves et de services d'équilibrage à court terme**, pour équilibrer l'offre et la demande en temps réel : capacité à réagir rapidement qui nécessite des équipements et ressources spécifiques (boîtier dédié) et dépend des usages (avérés pour certains process industriels, la recharge des véhicules électriques et le chauffage, mais à vérifier pour d'autres usages)



- **Résolution des congestions pour le réseau** : idem services d'équilibrage



Des coûts d'équipement à prendre en compte

- Le pilotage des consommations sur la base d'un **signal tarifaire** est possible grâce aux compteurs communicants déjà largement répandus, avec des coûts additionnels limités (éventuelle intervention d'un technicien pour réaliser l'asservissement)
- Ce type de pilotage apporte des bénéfices concernant la réduction des besoins d'installation de capacités de production et d'optimisation des coûts de production
- Pour un pilotage plus fin, proche du temps réel, des équipements spécifiques sont nécessaires, par exemple un « boîtier » dédié. Ce **pilotage « dynamique »** permet des bénéfices additionnels grâce à la participation aux réserves et au mécanisme d'ajustement, mais avec des coûts d'équipement plus élevés
- Les bénéfices économiques doivent être comparés aux coûts fixes annualisés et aux attentes de rémunération (ou aux autres motivations) des utilisateurs

~ 15

€/foyer/an
coût annualisé de
l'intervention d'un
technicien

~ 75

€/foyer/an
coût annualisé d'un
« boîtier » dédié au
pilotage

~ 20

€/véhicule/an
coût annualisé du
convertisseur pour
vehicle-to-grid



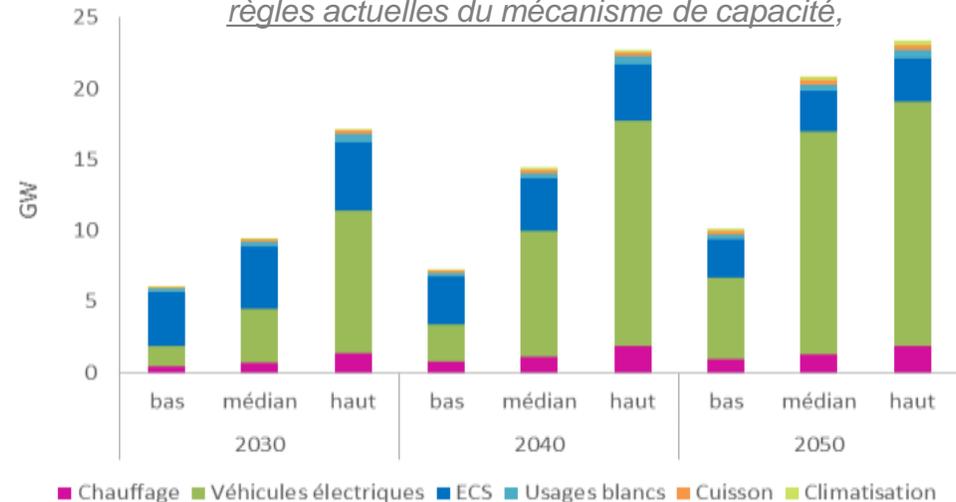
5

Synthèse des gisements

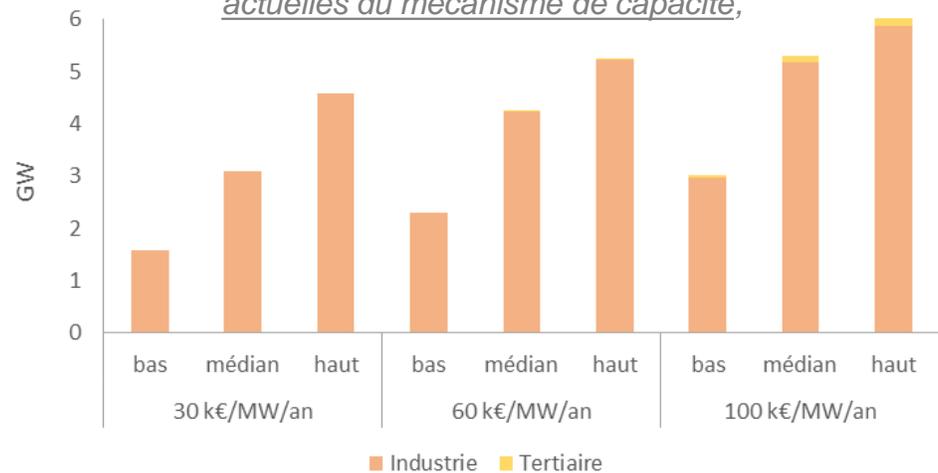
Une capacité totale qui dépend du contexte

- Les différents usages présentent des capacités de flexibilité variées mais également des **contraintes de stock et d'activations** potentiellement très différentes, qui ne fournissent pas le même service au système électrique
- Le **calcul d'une capacité « équivalente »** pour additionner les différents gisements est un exercice délicat, qui **nécessite de définir le service et les périodes les plus critiques pour le système électrique**, qui dépendent du contexte particulier considéré
- Un tel calcul est proposé ici, sur la base des principes de certifications de capacités actuels (qui ne refléteront pas les conditions du système électrique sur le long terme)

Gisements de flexibilité théoriquement accessibles dans le secteur résidentiel, avec prise en compte des contraintes de stock selon les règles actuelles du mécanisme de capacité,



Gisements de flexibilité théoriquement accessibles en 2050 dans les secteurs industriel et tertiaire, avec prise en compte des contraintes de stock selon les règles actuelles du mécanisme de capacité,





Suite des travaux



Les autres moyens de flexibilité

- Le stockage par batteries :
 - Définition des caractéristiques typiques (ratio puissance / énergie stockée) et des coûts

- Les moyens de production thermiques :
 - Définition caractéristiques des centrales à hydrogène / biogaz et des modes d'approvisionnement (discussion en GT4)

- Les nouvelles STEP :
 - Gisements et caractéristiques (puissance / énergie stockée / localisation) à discuter

Suite des travaux et prochaines étapes

- **Prochaine réunion du groupe de travail qui aura lieu au T1 2021 et portera sur les résultats provisoires sur les besoins et solutions de flexibilité dans les différents scénarios**
- L'ensemble des supports (présentation et document de cadrage) seront mis à disposition sur le site de la concertation:
<https://www.concerte.fr/content/actualite-de-la-commission-perspectives-systeme-et-reseau>
- Les retours sur les éléments présentés sont les bienvenus
Points de contact : Olivier HOUVENAGEL, Simona DE LAURETIS
ou via l'adresse mail rte-concerte-bp@rte-france.com
- **Calendrier des prochaines réunions pour les autres GT**
 - Mercredi 04/11 matin (9h-11h) - GT5 Dynamiques sociétales
 - Mardi 17/11 matin (9h-11h) - GT4 Interfaces électricité et autres vecteurs
 - Vendredi 27/11 matin (9h-12h) - GT6 Environnement



concerte.fr
LE SITE DE CONCERTATION DES CLIENTS DE RTE