

Electricité : pour passer l'hiver 2022-2023

la flexibilité de la consommation peut-elle compenser le manque de moyens de production ?

Principaux résultats de cette étude :

Dans une certaine limite, la flexibilité de la demande d'électricité sans baisse de consommation permet d'abaisser le besoin de capacité de production en tirant pleinement parti des Steps. Cette limite équivaut à un stockage de 7 GWh. Au-delà, la flexibilité de la demande ne sert à rien. Il serait vain de la forcer. Si cela ne suffit pas, il faut diminuer la consommation.

Il est habituel de dire que des « effacements » de consommation électrique sont un moyen simple, efficace et peu coûteux de passer les périodes « de pointe », c'est-à-dire les périodes où la demande menace de dépasser ce que le réseau peut fournir. Si, pour répondre à tout instant à la demande, il manque 10 GW de capacité de production (dix millions de kW), où est le problème, lit-on parfois, si cinq millions de consommateurs se sont dits prêts à s'effacer à hauteur de 2 GW ?

Or, « ce n'est pas si simple » ! C'est même assez compliqué.

Comment des effacements de consommation peuvent-ils pallier un manque de capacité de production – c'est l'objet de cette note.

Pour analyser et comprendre ce qui est en jeu, j'ai complété le simulateur SimelSP qui est publié (et qui réplique fort bien les scénarios de RTE et autres) par une feuille de calcul qui permet de faire la relation entre d'une part les possibilités de déplacement de la consommation et les moyens de stockage et d'autre part, la capacité des moyens de production qu'ensemble ils peuvent éviter. Cela ne remplace évidemment pas les modèles très élaborés dont disposent les responsables du système électrique, RTE au premier chef et EDF, pour simuler toutes sortes d'aléas sur la demande, la production éolienne et hydraulique, la disponibilité technique et les possibilités d'importation. Mais cela permet d'y voir clair et je pense que les ordres de grandeur sont corrects.

Déplacement ou effacement de la consommation, deux moyens aux effets très différents

Si la demande d'électricité menace de dépasser les moyens de production du système électrique, des mesures autoritaires de baisse de consommation ne seront pas nécessaires si les consommateurs d'électricité, ou bien déplacent leur consommation hors des moments « de pointe », ou bien consomment moins d'électricité que ce qu'ils avaient l'intention ou l'habitude de consommer, c'est-à-dire s'effacent définitivement, sans compenser un peu plus tôt ou un peu plus tard une baisse temporaire de la demande faite au réseau électrique.

- **Les déplacements de consommation** : par exemple : arrêter le chauffage pendant quelques minutes et retrouver ensuite la même température de consigne ; déplacer les horaires de fonctionnement d'installations industrielles.

Les déplacements de consommation ont le même effet que des stockages. Les possibilités de déplacement peuvent se mesurer en GWh (gigawattheures, million de kWh, kilowattheures) ; par exemple sur 1 million de logements le report de consommation pendant 1 heure de 2 kW d'électricité par logement a le même effet que la décharge de 2 GWh de batteries. De même le report d'une consommation par l'industrie pendant 3 heures de 3 GW a le même effet que le déstockage de 9 GWh. Après un report de consommation, la compensation a le même effet que la recharge de batteries.

- **L'effacement définitif** : diminuer *aussi longtemps que le réseau électrique en a besoin* la puissance qui lui est demandée par exemple en abaissant la température de chauffage ou en renonçant à une production industrielle ou encore en remplaçant cette électricité puisée sur le réseau électrique par des groupes électrogènes ou par une autre forme d'énergie qui se stocke, ce qui est possible avec un chauffage hybride électricité-(bio)gaz ou électricité-(bio)fioul.

L'effacement définitif abaisse la pointe de consommation sans avoir d'effet sur la consommation hors cette pointe. Si plusieurs consommateurs s'effacent ensemble, la diminution de la pointe, en kilowatts, est la somme des diminutions rendues possibles par l'effacement de chaque consommateur.

Il en est bien différemment des possibilités de déplacement de consommation.

Comme ces possibilités de déplacements ont le même effet que les stockages par batteries ou Steps, leur effet ne peut être calculé qu'en considérant *ensemble* les déplacements et les moyens de stockage.

Dans la suite nous appellerons cet ensemble « moyens de stockage ». Ils sont caractérisés par leur « contenance », en GWh, par leur puissance de décharge et leur puissance de charge, en GW. Ensemble ils permettent d'éviter une capacité de production à partir de gaz, exprimée en GW.

L'effet de l'addition d'un moyen de stockage à des stockages en place

Un exemple : en l'absence de stockage, heure par heure, la quantité demandée en pointe à la production à partir de gaz est, sur une période de 5 heures : 86 GWh, 87 GWh, 88 GWh, 87 GWh et 86 GWh. Pour simplifier, disons que la quantité consommée en une heure est une puissance. Il faut donc que la capacité de production à partir de gaz soit 88 GW. Avec une capacité de stockage de 1 GWh, il suffit d'une capacité de production à partir de gaz de 87 GW au lieu de 88 GW. Ce stockage de 1 GWh permet donc d'éviter 1 GW. Pour éviter 2 GW, le stockage devrait pouvoir délivrer 1 GWh puis 2 GWh puis 1 GWh, soit en tout 4 GWh, c'est-à-dire 3 GWh de plus que pour éviter 1 GW. Le rapport (GW évité)/(GWh de stockage), qui était de 1 pour éviter le premier GW, est ici de 0,33 pour éviter 1 GW de plus.

Ce n'est pas tout. On pourrait se dire que si le stockage peut écrêter ainsi le plus haute pointe de ce qui est demandé à la production à partir de gaz, il pourra écrêter les pointes moins hautes. C'est exact, à condition qu'il ait pu être rechargé entre deux pointes.

Le rapport (GW évité)/(GWh de stockage) dépend donc du profil de la consommation, du parc de production *et aussi du volume de stockage* : il diminue très vite lorsque le stockage augmente.

Pour évaluer l'efficacité des déplacements de consommation (dont l'effet est le même que celui de stockage), il faut donc tenir compte des moyens de stockage existants.

Les moyens de stockage existants ; l'efficacité de 7 GWh de déplacements de consommation

Sans tenir compte des possibilités de déplacement, les moyens de stockage sont aujourd'hui les Steps . Il y a aussi les possibilités de modulation de la production hydraulique de fleuve et des lacs de montagne ; elles sont limitées par le fait qu'il n'est pas possible de les « recharger » à la demande. Pour simplifier, nous n'en tenons pas compte ici.

Les Steps ont un contenu de 90 TWh. Ce n'est pas plus que la consommation pendant une heure de pointe. Leur puissance de turbinage est de 4,5 GW. Sans cette limite, une contenance de 90 GWh pourrait éviter une capacité de production à partir de gaz supérieure à 4,5 GW. Il serait donc possible de tirer pleinement parti de leur contenance de 90 GWh en ajoutant un moyen de stockage pouvant éviter quelques GW. D'ici cet hiver, il ne serait pas possible d'ajouter suffisamment de batteries. Mais les déplacements de consommation auraient le même effet.

Avec le profil de consommation de l'année 2013, la simulation montre que des déplacements de consommation pouvant atteindre 7 GWh et les 90 GWh de Steps pourraient éviter ensemble 7,5 GW au lieu de 4,5 GW avec les Steps seules. Ici 7 GWh s'ajoutant aux Steps permettent donc **d'éviter 3 GW**.

Au-delà de ces 7 GWh, les déplacements de consommation seraient très peu efficaces : 7 GWh de plus permettraient d'éviter seulement 0,15 GW de capacité de gaz.

Pour visualiser l'effet d'un stockage ou d'une flexibilité de la consommation s'ajoutant à un stockage existant, voir un croquis en annexe.

L'effacement définitif

Si, malgré les possibilités de déplacement de la consommation, il manque quelques gigawatts pour répondre à la demande à tout moment, l'équilibre peut être trouvé grâce à l'effacement définitif à hauteur de ces quelques gigawatts.

La simulation calcule la quantité de consommation ainsi effacée et le nombre d'heures pendant lesquelles il est nécessaire de recourir à cet effacement définitif.

Une simulation de deux situations envisageables, selon la capacité nucléaire disponible

Les hypothèses introduites dans la simulation :

La consommation est au niveau actuel : 430 TWh hors pertes en ligne. C'est très proche de la consommation annuelle des années 2012 et 2013. Le profil horaire est celui de l'année 2013, une année moyenne, ou celui de l'année 2012 qui a connu le record historique de puissance demandée au réseau électrique. La pointe de consommation est de **86 GW ou 97 GW**.

Par rapport à ce profil de consommation, ou bien il n'y a pas de déplacements de consommation ou bien ceux-ci peuvent atteindre 7 GWh avant d'être compensés .

Par prudence, on suppose que la capacité certaine des éoliennes au moment des pointes de consommation est 1 % de la capacité installée.

Les productions non pilotables à partir d'hydraulique, de biomasse et d'énergie fossile en cogénération sont de 77 TWh avec une capacité disponible en hiver de **14 GW**.

La contenance des Steps est de 90 GWh ; elles ne peuvent pas livrer plus de 4,5 GW.

La capacité de production nucléaire : EDF prévoit que la capacité nucléaire opérationnelle sera de 48 GW en décembre, 54 GW en Janvier et 52 GW en février. Pour cette simulation, on retient une capacité de **52 GW** avec un coefficient de disponibilité de 90 % en hiver.

Pour mémoire, la capacité de moyens pilotables hors nucléaire est aujourd'hui de 14 GW.

Ce que calcule la simulation – entre autres choses

- La diminution du besoin de capacité de production rendue possible par les Steps et les déplacements de consommation – l'utilisateur ajuste cette valeur de façon que le besoin de capacité de stockage calculé soit égal à la somme de la contenance des Steps et des possibilités de déplacement de la consommation.

- La diminution de la consommation rendue nécessaire par une limite de la capacité de production.

Résultat :

Les déplacements de consommation sont très efficaces jusqu'à 15 GWh

Si la capacité nucléaire est de 52 GW

si la météo est moyenne,

sans faire appel à la flexibilité de la consommation, la capacité de production pilotable à partir de gaz, de fioul ou de charbon devrait être de 18 GW. Il manquera 4 GW.

si les déplacements de consommation peuvent atteindre 7 GWh, la capacité de production pilotable à partir de gaz, de fioul ou de charbon devrait être de 5 GW. Même si le parc de production utilise toutes ses possibilités, soit 14 GW, il manquera 1 GW. Il est probable que l'on pourra le trouver dans l'importation.

Si l'hiver est aussi rigoureux qu'en 2012,

même avec une flexibilité de la demande de 7 GWh il faudrait que la capacité flexible à partir de fossile soit de 25 GW. Il manquerait 11 GW.

Si la capacité nucléaire était inférieure à 52 GW, le manque de capacité de production à partir d'énergie fossile serait augmenté d'autant.

Consommation finale : 430 TWh hors pertes en ligne Aujourd'hui, capacité flexible à partir de fossile : 14 GW puissance de turbinage des Steps : 4,5 GW	52 GW nucléaire	52 GW nucléaire
Profil horaire de consommation	Celui de l'année 2013	Celui de l'année 2012
Puissance appelée en pointe	86 GW	97 GW
Sans déplacement ni effacement de la consommation		
Production pilotable à partir de gaz et charbon et import	24,8 TWh/an	24,7 TWh/an
Puissance maximum demandée à ces moyens	17,7 GW	28,4 GW
Puissance manquante	3,7 GW	14,4 GW
Déplacements de consommation ou « flexibilité »	7 GWh	7 GWh
Capacité évitée par Steps et déplacement de consommation	7,5 GW	7,9 GW
Production pilotable à partir de gaz et charbon et import.	24,6 TWh	24,5 TWh
Puissance maximum demandée à ces moyens	14,7 GW	25 GW
Puissance manquante	0,7 GW	11 GW

Il n'est donc pas exclu que le manque de capacité de production dépasse 10 GW, surtout si la capacité nucléaire n'est pas au rendez-vous .

Alors il ne servirait à rien d'imposer à la demande une plus grande flexibilité :

L'efficacité d'une flexibilité de 7 GWh tient à ce qu'elle permet de bien exploiter le potentiel des Steps. Au-delà elle est inutile : la doubler diminuerait le besoin de capacité de production de 0,1 GW seulement. Il faut donc importer et réduire la consommation – et prier pour qu'il y ait du vent lorsque la demande est forte.

Trouver les GW qui manquent : importations et effacement définitif

L'importation risque d'être difficile car les pays voisins ont diminué leur parc de production à partir de charbon et ils n'auront pas trop de gaz pour répondre à leurs propres besoins.

Si la capacité nucléaire est inférieure à ce qui est attendu, si la météo est sévère et si les importations sont très difficiles, - un ensemble de circonstances très peu probable -, et s'il manquait alors 15 GW, il faudrait une réduction de la consommation d'électricité qui interviendrait toute l'année et qui serait au total de 18 TWh par an soit 4,5 % de la consommation totale – beaucoup plus en hiver.

Effacement définitif en plus de 7 GWh de « flexibilité » * -avec un profil de consommation moyen			
Puissance effacée GW	3 GW	10 GW	15 GW
quantités effacées TWh/an – millions de MWh	0,8 TWh	11,7 TWh	17,7 TWh
Nombre d'heures d'effacement par an	370 heures	1407 heures	Toute l'année
* l'effacement vient « avant » le déplacement de consommation. Donc, si la puissance effacée est par exemple de 10 GW alors que le stockage et la flexibilité de la demande évitent 7,5 GW, les quantités effacées sont ce qu'elles seraient avec un effacement de 17,5 GW diminuées de ce qu'elles seraient avec un effacement de 7,5 GW ; avec le profil de consommation de l'année 2013, 7,23 TWh TWh diminués de 0,28 TWh soit 6,95 TWh – la consommation totale est de 430 TWh			