

## La sobriété électrique dans les industries intensives en énergie en 2022

La reprise économique à la suite de la crise sanitaire, ainsi que la guerre en Ukraine, ont provoqué de fortes tensions sur les marchés européens de l'énergie. Bien que les entreprises françaises n'aient pas toutes été immédiatement touchées par cette envolée des prix de l'énergie, elles ont été incitées à réduire leur consommation d'énergie pour se préserver de possibles pénuries.

S'agissant plus spécialement de l'électricité, l'exploitation de données mensuelles de soutirage de près de 500 établissements énérgo-intensifs directement raccordés au Réseau de Transport d'Électricité (RTE) permet d'identifier des comportements de sobriété énérgétique au cours du second semestre 2022. La consommation d'électricité de ces établissements se serait repliée en décembre 2022 d'environ 22 % sur un an.

En considérant le sous-échantillon d'environ 200 entreprises qui figurent également dans l'enquête de conjoncture de l'Insee, on peut mettre en regard la consommation électrique de chaque entreprise et la mesure de l'évolution de son activité économique telle qu'elle est renseignée dans l'enquête. Cette analyse microéconométrique suggère que la moitié du repli de consommation d'électricité (soit 11 points environ) traduirait des comportements de sobriété de la part des entreprises considérées, c'est-à-dire une baisse de la consommation d'électricité indépendante de l'évolution de l'activité<sup>1</sup>. L'autre moitié de ce repli de consommation électrique s'expliquerait par la baisse de production de ces entreprises. À un niveau plus agrégé cependant, les indices de la production des branches énérgo-intensives correspondantes suggéreraient une baisse plus modérée de l'activité, ce qui peut traduire un biais de sélection de l'échantillon mobilisé pour l'analyse microéconométrique : l'activité des entreprises directement raccordées à RTE apparaît en effet plus dégradée que celle de leur secteur au cours de la période étudiée.

Du fait du caractère qualitatif de la mesure de l'activité dans l'enquête de conjoncture, l'estimation des comportements de sobriété reste relativement imprécise. Ces résultats invitent par ailleurs à s'intéresser aux déterminants de la sobriété énérgétique de ces entreprises industrielles énérgo-intensives. L'évolution des comportements de sobriété fin 2022 aurait été davantage marquée parmi les entreprises qui, les années précédentes, n'avaient que modérément ou nullement amélioré leur efficacité énérgétique. Ces entreprises auraient ainsi disposé de marges de manœuvre potentiellement plus fructueuses que les entreprises ayant déjà atteint un certain degré d'efficacité énérgétique.

Jérémy Marquis, Gaëlle Péresse, Guillaume Roulleau

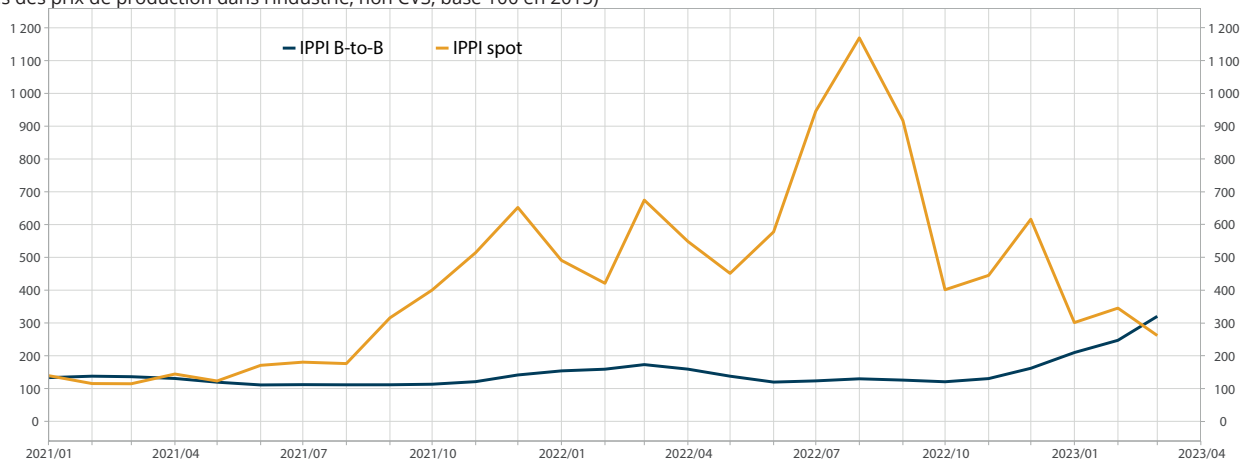
## La hausse du prix de marché de l'électricité ne se répercute qu'avec retard sur le prix de l'électricité effectivement payé par les entreprises

Depuis l'été 2021 et jusqu'à la mi-2022, le prix de l'électricité sur le marché européen a fortement augmenté (► **figure 1**) : à la vigoureuse reprise de la demande une fois levées les restrictions sanitaires européennes s'est ajoutée une contraction de l'offre sur le gaz naturel venu de Russie. Ainsi, le prix de marché de l'électricité (EPEX) a été multiplié par 8 entre le premier trimestre 2021 et août 2022. Cependant, l'augmentation de l'indice des prix de production de l'industrie pour l'électricité vendue aux entreprises a été beaucoup plus contenue.

<sup>1</sup> Dans cette étude, nous employons indifféremment les termes sobriété et efficacité énérgétique, puisque la méthodologie utilisée ici ne permet pas de les distinguer. Il s'agit là d'un léger abus de langage, puisque la sobriété énérgétique implique, contrairement à l'efficacité, une perte « d'utilité » : par exemple, baisser le chauffage dans des bureaux diminue la consommation énérgétique sans impact sur la production, mais peut dégrader le confort des salariés.

### ► 1. Prix de l'électricité échangée sur les marchés et vendue aux entreprises en France

(indices des prix de production dans l'industrie, non CVS, base 100 en 2015)



Dernier point : mars 2023.

Note : l'IPPI spot désigne l'indice des prix de production de l'industrie pour l'électricité vendue en gros au prix spot. L'IPPI B-to-B de l'électricité désigne l'indice des prix de production de l'industrie pour l'électricité vendue aux entreprises ayant souscrit un contrat pour une puissance supérieure ou égale à 36 kVA. Lecture : en mars 2023, l'indice de prix de production de l'électricité vendue sur le marché européen s'élevait à 262 points, tandis que l'indice correspondant à l'électricité vendue aux entreprises françaises atteignait 320 points.

Source : Insee, calculs Insee.

# Conjoncture française

En effet, seule une minorité d'entreprises, y compris industrielles, paient leur électricité au prix du marché européen (► [Bjai et al., 2022](#)) ; les autres bénéficient d'un prix indexé sur le tarif réglementé, dont l'évolution a été limitée par la mise en place du bouclier tarifaire, ou sont soumises à des contrats à prix fixes, réévalués à intervalles réguliers. Ainsi, près de 60 % de l'industrie bénéficie d'un contrat d'électricité à prix fixe sur une durée contractuelle. Si l'inertie associée à ce dernier type de contrat a dans un premier temps « protégé » les entreprises de la hausse du prix de marché de l'électricité, l'effet s'inverse progressivement : les contrats renouvelés au cours de l'année 2022 restent indexés sur un prix très élevé, alors que dans le même temps, le prix de marché de l'électricité connaît depuis l'automne 2022 une relative détente. Ainsi, en mars 2023 l'indice de prix de l'électricité effectivement payé par les entreprises françaises a dépassé celui du marché européen.

Ce renchérissement de l'électricité, associé aux difficultés d'approvisionnement apparues début 2021, a pesé sur la production des entreprises industrielles. Ainsi, dans des branches intensives en énergie comme la métallurgie ou l'industrie du papier et du carton, l'indice de la production industrielle a diminué de plus de 5 % sur un an, au second semestre 2022.

## Près de 85 % de la baisse de soutirage électrique n'est pas expliquée par la baisse de production méso-économique, suggérant la présence à la fois d'effets de composition et de comportements de sobriété

Dans les entreprises où la production a diminué au second semestre 2022, cette baisse s'est probablement accompagnée d'une réduction de la consommation énergétique associée au processus de production, qu'il s'agisse de gaz ou d'électricité. Il est également possible que les consommations énergétiques des entreprises aient diminué davantage que ne l'aurait laissé prévoir la baisse de leur production, suggérant des comportements de sobriété énergétique. La question se pose dès lors de pouvoir identifier, dans l'évolution des consommations d'énergie des entreprises, ce qui relève de la seule évolution de leur activité et ce qui traduirait des comportements de sobriété.

Cet éclairage vise à apporter une réponse dans le cas des consommations d'électricité, à travers le suivi du soutirage électrique d'environ 475 sites industriels directement raccordés à RTE (Réseau de Transport d'Électricité). Ces données de soutirage ont le triple avantage d'être de fréquence mensuelle, disponibles rapidement et concentrées sur les branches d'activité les plus énérgo-intensives. La suite de l'analyse se restreint à ces branches, qui font partie de l'industrie manufacturière et y représentent une grande partie des « autres branches industrielles<sup>2</sup> » : la métallurgie, l'industrie chimique, l'industrie du bois, du papier et du carton, ainsi que la fabrication de produits non métalliques, minéraux ou en caoutchouc<sup>3</sup>. Pour le reste de l'économie, les données de soutirage de RTE ne concernent pas suffisamment d'entreprises pour permettre une analyse économétrique satisfaisante.

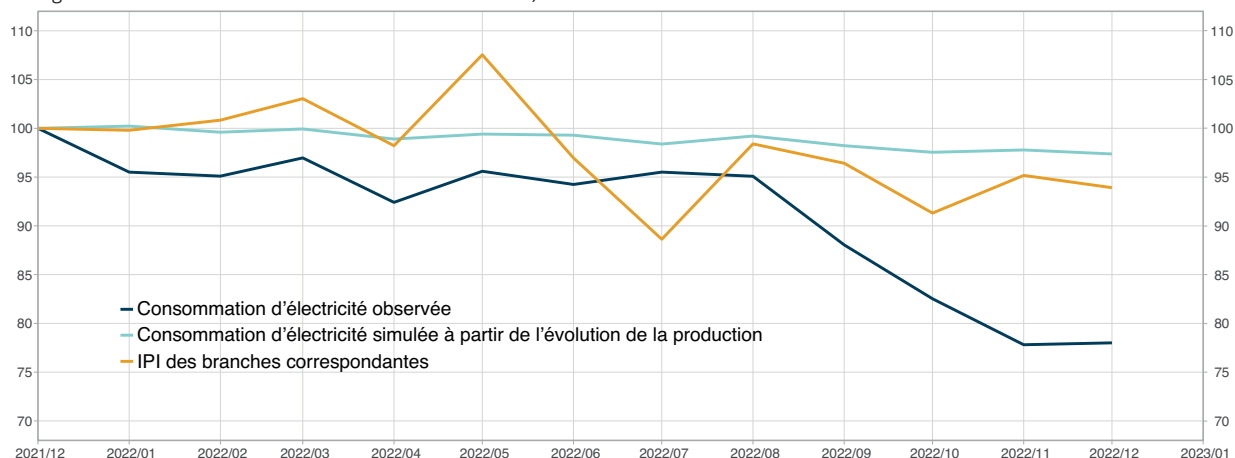
Le soutirage électrique des entreprises des branches énérgo-intensives considérées ici et directement raccordées à RTE a diminué d'environ 22 % entre décembre 2021 et décembre 2022, soit 3,5 fois plus que la production des branches

<sup>2</sup> Au sens de la nomenclature de branches A17 des comptes nationaux trimestriels.

<sup>3</sup> Ces branches correspondent aux divisions 16, 17, 20 et 22 à 25 de la NAF.

## ► 2. Consommation d'électricité observée des entreprises énérgo-intensives raccordées à RTE et consommation d'électricité simulée avec l'indice de la production industrielle (IPI)

(indices corrigés des variations saisonnières en base 100 au T4 2021)



Dernier point : décembre 2022.

Note : la consommation d'électricité résultant de l'évolution de la production est obtenue par une modélisation économétrique qui, pour chaque branche d'activité considérée, explique les variations de la consommation d'électricité des entreprises de cette branche raccordées à RTE (au niveau division) par les variations de l'IPI de cette branche (► [encadré méthodologique](#)).

Lecture : en décembre 2022, l'indice de consommation d'électricité simulée des entreprises des industries énérgo-intensives et raccordées à RTE est à 97 points alors que l'indice observé est à 78 points.

Champ : entreprises directement raccordées à RTE et appartenant aux branches de la métallurgie, l'industrie chimique, l'industrie du papier et du carton, ainsi que la fabrication de produits non métalliques, minéraux, en bois ou en caoutchouc.

Source : RTE, Insee. Calculs Insee.

correspondantes (► **figure 2**). Cet écart s'accroît lorsque l'on simule, branche par branche, le soutirage électrique résultant de la seule évolution de la production des branches considérées (► **encadré méthodologique**). Ainsi, dans les branches écono-intensives, environ 85 % de la baisse de soutirage électrique n'est pas expliquée par la baisse de production macroéconomique. Cela suggère qu'au cours de l'année 2022 et surtout en fin d'année, la consommation d'électricité a beaucoup plus diminué que prévu au regard de la production, reflétant de possibles comportements de sobriété énergétique de la part des entreprises considérées.

Au-delà des comportements de sobriété, cet important écart entre la consommation d'électricité observée et celle simulée à partir de l'évolution de la production des branches considérées pourrait aussi s'expliquer par les températures particulièrement clémentes du début de l'hiver 2022 qui, non intégrées au modèle ici, auraient pu permettre de réduire la consommation électrique sans baisse d'activité particulière. Dans son bilan de l'hiver 2022-2023, RTE (► **RTE, 2023**) souligne toutefois que la consommation électrique des entreprises industrielles n'est guère sensible aux variations de température.

Une explication alternative, non liée aux comportements de sobriété, résiderait dans un effet de substitution entre l'électricité et d'autres types d'énergie, l'entreprise diminuant sa consommation d'électricité pour recourir à un autre type d'énergie, et ce sans réduire son activité. Un tel effet de substitution paraît toutefois négligeable tant les prix des énergies concurrentes ont augmenté : le prix du gaz, en particulier, a augmenté 6 fois plus que celui de l'électricité<sup>4</sup>.

Enfin, un biais de sélection de l'échantillon constituerait une troisième piste d'explication : les entreprises raccordées à RTE auraient pu connaître des pertes de production plus importantes que l'ensemble de la branche pendant la période étudiée.

## L'analyse microéconomique suggère qu'en 2022, la moitié de la baisse de soutirage électrique des entreprises raccordées à RTE pourrait résulter de comportements de sobriété

L'analyse méso-économique précédente met en évidence de probables comportements de sobriété mais aussi de possibles biais de sélection dans la forte baisse de soutirage électrique observée, entre fin 2021 et fin 2022, dans les entreprises des branches écono-intensives et raccordées à RTE.

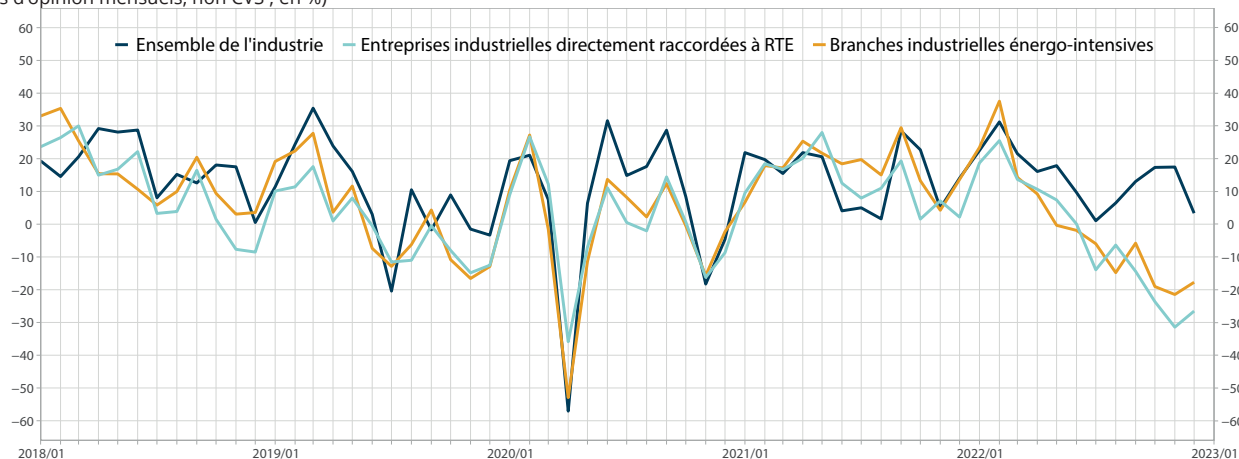
Pour dissocier les comportements de sobriété des biais de sélection, l'analyse a été complétée au niveau microéconomique en appariant les données de soutirage électrique des entreprises raccordées à RTE et les réponses de ces mêmes entreprises à l'enquête mensuelle de conjoncture dans l'industrie. Cette enquête comporte en effet des questions qualitatives sur l'évolution de l'activité passée et prévue, l'idée étant de confronter à l'échelle de l'entreprise sa consommation d'électricité, issue des données RTE, et sa production, mesurée qualitativement dans l'enquête de conjoncture. Sur les 314 entreprises raccordées à RTE, 183 environ sont interrogées dans l'enquête de conjoncture et constituent l'échantillon microéconomique considéré dans la suite.

La comparaison des soldes d'opinion sur la production prévue dans les 3 prochains mois montre qu'au cours de 2022, les entreprises directement raccordées à RTE ont plus souvent déclaré une production à la baisse que dans l'ensemble de l'industrie (► **figure 3**). De plus, le solde d'opinion des entreprises directement raccordées à RTE apparaît au quatrième

<sup>4</sup> Calcul basé sur les prix de production du gaz et de l'électricité vendus aux entreprises françaises qui en sont les consommatrices finales, en variation annuelle 2022.

### ► 3. Soldes d'opinion sur l'activité prévue, dans l'ensemble de l'industrie, au sein des entreprises directement raccordées à RTE et au sein des entreprises des branches écono-intensives

(soldes d'opinion mensuels, non CVS ; en %)



Dernier point : décembre 2022.

Lecture : en décembre 2022, le solde d'opinion sur la production prévue des entreprises directement raccordées à RTE est de -27 contre +3 pour l'ensemble de l'industrie et -18 pour les industries écono-intensives. Les secteurs écono-intensifs rassemblent ici les divisions 16 à 18, 20 et 22 à 25 de la NAF. Ce solde est la différence, pondérée par le chiffre d'affaires des entreprises interrogées, entre le nombre d'entreprises déclarant à un mois donné une production en hausse pour les trois mois à venir et celles déclarant une production en baisse.

Source : RTE, enquête de conjoncture de l'Insee. Calculs Insee.

# Conjoncture française

trimestre 2022 plus dégradé que celui des entreprises des branches énérgo-intensives, ce qui suggère bel et bien la présence d'effets de composition dans l'analyse de la partie précédente.

Les réponses aux questions qualitatives sur l'évolution de la production passée et prévue ont été exploitées pour modéliser, à l'échelle de chaque entreprise raccordée à RTE, l'évolution mensuelle de la consommation d'électricité au regard de sa production, d'un effet propre à l'entreprise et de diverses variables de contrôle (► **encadré méthodologique**). Ainsi, la part qui demeure non expliquée à l'issue de cette modélisation pourrait s'apparenter à une mesure des comportements de sobriété.

La consommation d'électricité des entreprises de l'échantillon microéconomique a baissé de 22 % à la fin du quatrième trimestre 2022 par rapport au quatrième trimestre 2021, soit une baisse identique à celle mesurée à l'échelle méso-économique. Selon la modélisation microéconomique, la dégradation des productions individuelles des entreprises aurait conduit à une réduction de la consommation d'électricité d'environ 11 points sur cette période, toutes choses égales par ailleurs (► **figure 4**). L'ampleur de cette baisse de consommation est bien plus importante que l'estimation obtenue via l'approche méso-économique (environ 3 points). La différence est attribuable à des biais de sélection de l'échantillon, en particulier le fait que les entreprises directement raccordées à RTE auraient subi une baisse d'activité plus forte que la baisse d'activité de l'ensemble de la branche sur la période d'étude (► **figure 3**).

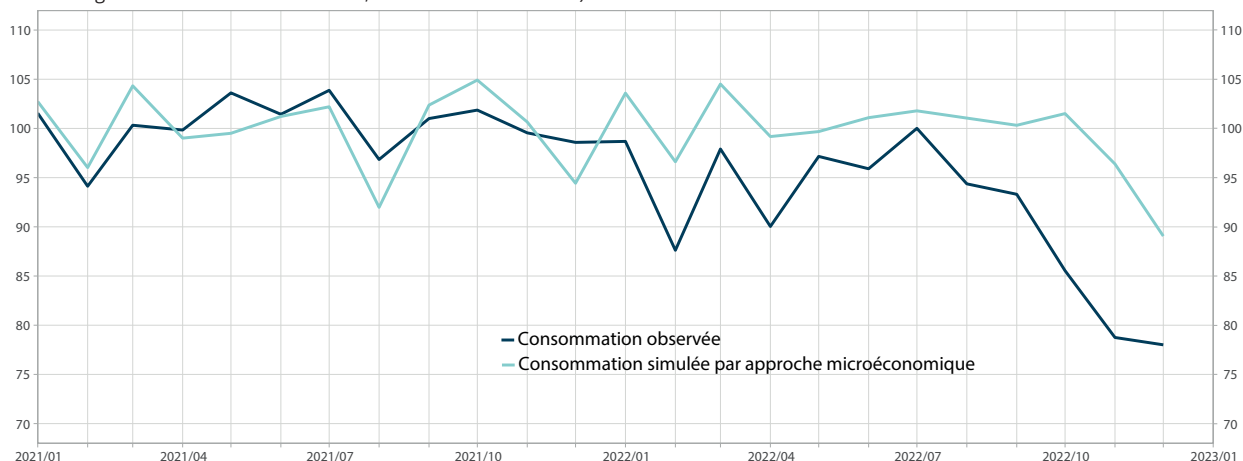
L'autre moitié (environ 11 points) de la baisse de consommation électrique, inexpliquée par la modélisation microéconomique, pourrait correspondre à des comportements de sobriété et d'efficacité énergétique. Cette quantification présente un certain nombre de limites et constitue vraisemblablement un majorant des comportements de sobriété. En effet, les évolutions de l'activité indiquées dans les enquêtes de conjoncture sont qualitatives, ce qui complexifie leur capacité prédictive pour une variable quantitative comme la consommation d'électricité. Une estimation conservatrice via une mesure de l'activité quantitative mais sur un échantillon d'entreprises particulièrement restreint<sup>5</sup> suggère ainsi une baisse de la consommation d'électricité attribuable à des comportements de sobriété de l'ordre de 7 points (soit un quart de la baisse) – un effort estimé plus faible que celui de la modélisation présentée ici.

Les variations météorologiques ne sont par ailleurs pas modélisées ; si elles ne semblent pas avoir d'impact notable dans l'analyse macroéconomique, ce résultat n'est pas nécessairement valable au niveau individuel. De plus, la taille de l'échantillon d'analyse est restreinte du fait de l'appariement entre les entreprises directement raccordées à RTE, relativement peu nombreuses, et les données non exhaustives des enquêtes de conjoncture dans l'industrie. Enfin, comme souligné précédemment, le champ de l'analyse est bien spécifique, concentré sur l'énergie électrique dans les branches les plus intensives en énergie, et ne peut être aisément généralisable à l'ensemble de l'économie française.

<sup>5</sup> Pour une cinquantaine de sites industriels, un appariement entre l'indice individuel de la production industrielle et les soutirages électriques a pu être exploité à l'aide d'une modélisation similaire à l'évaluation microéconomique mais avec une variable d'activité quantitative et non pas qualitative.

## ► 4. Consommation d'électricité observée des entreprises raccordées à RTE et consommation d'électricité simulée par analyse microéconomique, avec la production de ces entreprises

(indices non corrigés des variations saisonnières, en base 100 au T4 2021)



Dernier point : décembre 2022.

Note : la consommation d'électricité observée est obtenue par une agrégation des données individuelles (niveau SIREN) de soutirage des entreprises à la fois raccordées à RTE et interrogées dans les enquêtes de conjoncture dans l'industrie. La consommation d'électricité simulée repose sur une modélisation microéconométrique (► **encadré méthodologique**) visant à simuler la consommation d'électricité résultant de la seule évolution de la production de l'entreprise.

Lecture : en décembre 2022, l'indice de consommation d'électricité des entreprises industrielles raccordées à RTE simulée est de 89 alors que l'indice observé est de 78.

Source : RTE, enquête de conjoncture de l'Insee. Calculs Insee.

## Les comportements de sobriété auraient été particulièrement prononcés pour les entreprises qui n'avaient pas encore amélioré leur efficacité énergétique

La mise en évidence d'un effet de sobriété significatif sur la fin d'année 2022 suggère que, sur le passé, une disparité existerait entre les niveaux d'efficacité énergétique effectivement atteints par les procédés industriels et ceux théoriquement réalisables, et ce, sans perte de production. La littérature économique s'est interrogée sur cette disparité, appelée « écart d'efficacité énergétique » (*energy efficiency gap* en anglais), tant dans sa magnitude que dans ses causes (► [Allcott et Greenstone, 2012](#)) – bien que les analyses soient plus souvent centrées sur les consommateurs plutôt que sur les entreprises. Les principales causes de cet « écart d'efficacité énergétique » (► [Gerarden et al, 2017](#)) relèveraient des imperfections de marché, notamment des problèmes informationnels sur les adaptations possibles du processus de production, ainsi que des biais cognitifs (par exemple des biais d'inattention face à des prix de l'énergie faibles).

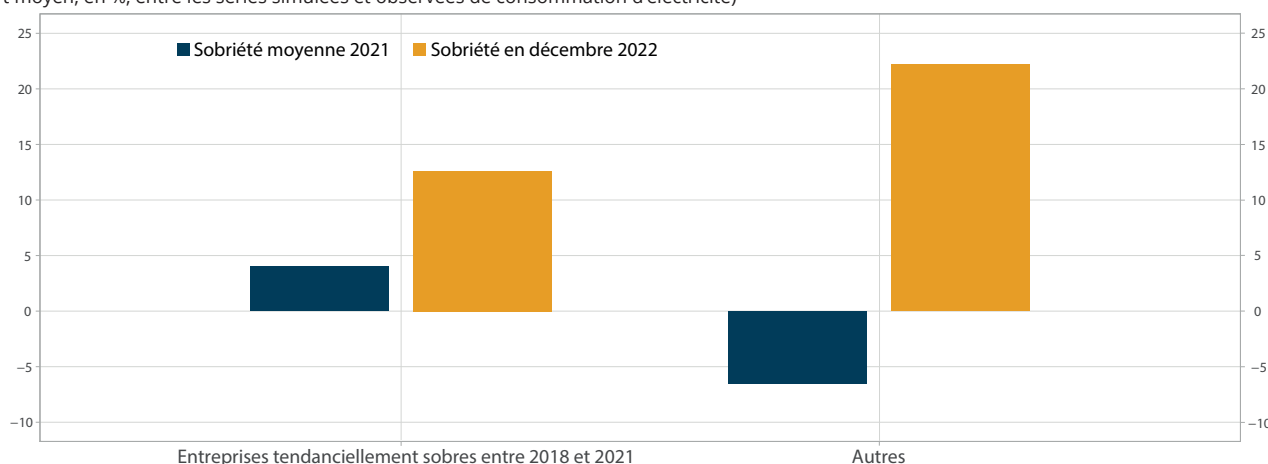
Si elle ne permet pas de connaître les raisons de cette sobriété électrique observée sur la fin 2022, l'analyse microéconomique semble indiquer que les entreprises qui ont le plus amélioré leur efficacité énergétique sont celles qui, sur les années récentes (2018-2021), avaient le moins fait preuve de sobriété. Cette conclusion est cohérente avec l'idée que les coûts d'abattement relatifs à l'écart d'efficacité énergétique sont d'abord faibles, puis augmentent rapidement (► [Abadie, 2012](#)).

En effet, en combinant la modélisation microéconomique présentée ci-avant et l'enquête annuelle sur la consommation d'énergie dans l'industrie (EACEI), une mesure individuelle de la « sobriété tendancielle » est construite au niveau de chaque entreprise sur la période 2018-2021 (► [encadré méthodologique](#)). La sobriété tendancielle capte la tendance de l'entreprise à utiliser moins d'énergie pour sa production, sur la période 2018-2021. Les entreprises sont réparties en deux groupes : celles ayant fait preuve d'une sobriété tendancielle particulièrement marquée sur la période 2018-2021, et les autres. Pour chacun des groupes, il est alors possible d'évaluer l'ampleur des comportements de sobriété en fin d'année 2022, de manière analogue à ce qui a été fait dans la partie précédente sur l'échantillon apparié. Les comportements récents de sobriété apparaissent plus importants dans le groupe des entreprises n'ayant pas montré de sobriété tendancielle marquée sur les années 2018-2021 : fin 2022, leur consommation d'électricité aurait baissé de plus de 20 % (hors ce qui aurait résulté de l'évolution de leur production) tandis que cette baisse est d'un peu plus de 10 % en moyenne pour les entreprises ayant fait preuve de sobriété tendancielle marquée sur les années récentes (► [figure 5](#)). Pour les premières, ces comportements de sobriété fin 2022 contrastent avec l'année 2021 où leur consommation d'électricité avait au contraire augmenté (de 6 % environ, hormis les mouvements liés à l'évolution de la production).

Cette analyse suggère que les comportements de sobriété énergétique, fin 2022, auraient été plus prononcés chez les entreprises n'ayant pas fait preuve d'une tendance marquée à la sobriété dans les années récentes. Une interprétation possible est que ces entreprises disposent peut-être de davantage de marges de manœuvre en la matière, là où les efforts supplémentaires de sobriété sont plus coûteux chez les entreprises ayant déjà amélioré tendanciellement leur efficacité énergétique. ●

### ► 5. Évolution des comportements de sobriété entre 2021 et fin 2022, pour les entreprises tendanciellement sobres et les autres entreprises

(écart moyen, en %, entre les séries simulées et observées de consommation d'électricité)



Note : la séparation entre le groupe d'entreprises ayant amélioré leur efficacité énergétique entre 2018-2021 et les autres entreprises est définie dans l'► [encadré méthodologique](#).

Lecture : les entreprises qui ont le plus fait preuve de sobriété entre 2018 et 2021 ont consommé, en 2021, 4 % d'électricité de moins que ce qu'indique une simulation basée sur leur activité économique ; en décembre 2022, cet écart entre simulé et observé s'est élevé à 13 %.

Source : RTE, Insee (enquête de conjoncture, EACEI). Calculs Insee.

## Méthodologie

### Modélisation méso-économique de la sobriété énergétique

Pour suivre la consommation d'électricité des entreprises, des données sur le soutirage mensuel d'électricité des 478 établissements (niveau SIRET) directement raccordés à RTE (Réseau de Transport d'Électricité) ont été mobilisées, sur la période 2018-2022. Les établissements concernés sont ceux directement raccordés à RTE en haute tension supérieure à cinquante kilovolts. Aussi, ces établissements énérgo-intensifs ne peuvent être représentatifs des entreprises de l'ensemble de l'industrie, *a fortiori* de l'économie toute entière.

De ce fait, et afin de considérer des entreprises les plus représentatives de leurs branches d'activité, l'analyse méso-économique se restreint aux branches pour lesquelles les entreprises directement raccordées à RTE (niveau SIREN) représentent une part significative de l'activité du secteur (en termes de chiffre d'affaires ou bien de consommation d'électricité totale). Pour ce faire, un appariement est réalisé entre les tirages d'électricité annuels des entreprises en 2019 (données RTE au niveau SIREN), les liasses fiscales 2019 des entreprises (données FARE) et l'enquête 2019 sur les consommations d'énergie dans l'industrie (enquête EACEI de l'Insee). La ► **figure 6** suggère que les entreprises raccordées à RTE sont particulièrement représentatives de certains secteurs énérgo-intensifs (industrie du papier et du carton, industrie chimique et la métallurgie) mais également dans la fabrication de matériels de transport et la cokéfaction-raffinage (► **Cheptitski et Poulhès, 2021**). L'analyse méso-économique se restreint donc aux « autres branches industrielles » énérgo-intensives suivantes : la métallurgie, l'industrie chimique, l'industrie du bois, du papier et du carton, ainsi que la fabrication de produits non métalliques, minéraux ou en caoutchouc<sup>6</sup>.

Dans les branches énérgo-intensives retenues, l'activité mensuelle est mesurée par l'indice de la production industrielle (IPI) de la branche. Pour chaque branche *b* retenue, la sobriété au mois *t* – notée  $\epsilon_{bt}$  – est estimée comme le résidu de la régression linéaire de la variation de la consommation d'électricité *elec<sub>bt</sub>* des entreprises de la branche *b* et raccordées à RTE sur la variation de l'IPI de la branche. Plus formellement, la régression prend la forme suivante :

$$\Delta \log(\text{elec}_{bt}) = 0,002 + \beta_b \Delta \log(\text{IPI}_{bt}) + \epsilon_{bt} \quad (1)$$

(0,001)

Estimation : 2018-01/2022-02,  $R^2=0,72$

où  $\beta_b$  est un coefficient propre à chaque branche d'activité et égal à 0,64 en moyenne<sup>7</sup>. Toutes les variables du modèle sont corrigées des variations saisonnières. L'équation (1) est estimée entre janvier 2018 et février 2022 (avant le début de la guerre en Ukraine).

### ► 6. Représentativité sectorielle des entreprises directement raccordées à RTE

(part des entreprises directement raccordées à RTE dans le chiffre d'affaires et la consommation d'électricité totale de la branche en 2019 ; en %)

Branche	Part du chiffre d'affaires	Part de la consommation d'électricité
Industries agroalimentaires	10	13
Cokéfaction et raffinage	53	ns
Fabrication de biens d'équipement	2	10
Fabrication de matériels de transport	53	52
Autres branches industrielles	18	58
énérgo-intensives	24	61
hors énérgo-intensives	5	11

ns : non significatif.

Note : l'enquête EACEI ne dispose pas d'informations sur le secteur de la cokéfaction-raffinage. Les secteurs énérgo-intensifs rassemblent ici les divisions 16 à 18, 20 et 22 à 25 de la NAF.

Source : RTE, Insee (FARE, EACEI). Calculs Insee.

<sup>6</sup> Ces branches correspondent aux divisions 16, 17, 20 et 22 à 25 de la NAF.

<sup>7</sup> Ce coefficient varie, selon les branches, entre 0,31 et 0,96, et est toujours significatif au seuil de confiance de 1 %.

L'approche consiste alors à utiliser le modèle (1) pour construire une « consommation d'électricité simulée » pour la période allant de février 2022 à janvier 2023, en sommant les prévisions par branche et en supposant les  $\epsilon_{bt}$  nuls. Cette consommation simulée peut s'interpréter comme la consommation d'électricité, pour les entreprises de la branche et raccordées à RTE, qui aurait dû avoir lieu étant donnée l'évolution de l'activité de la branche. L'écart entre cette consommation simulée et la consommation d'électricité effectivement observée peut alors s'interpréter comme traduisant des comportements de sobriété cumulés sur l'année 2022 en réponse à la crise énergétique, avec bien sûr toutes les limites décrites dans le corps de l'éclairage (effets météorologiques, effets de substitution, effets de composition).

## Modélisation microéconomique de la sobriété énergétique

L'analyse méso-économique peut se doubler d'une estimation des comportements de sobriété énergétique à l'échelle de l'entreprise. Une telle estimation permet d'évaluer la robustesse des résultats méso-économiques, de les purger des éventuels biais de sélection mais également d'obtenir une mesure individuelle des comportements de sobriété énergétique, utile pour l'analyse de ses déterminants.

L'objectif est d'apparier les tirages individuels d'électricité des entreprises (les données par établissement ont été agrégées au niveau SIREN) avec des données individuelles sur l'activité des entreprises. Pour ce faire, les enquêtes de conjoncture dans l'industrie sont mobilisées, et notamment les réponses qualitatives aux questions relatives à la production passée et prévue.

Un tel appariement pose toutefois plusieurs difficultés. Tout d'abord, l'attrition est significative puisque les enquêtes de conjoncture dans l'industrie n'interrogent qu'un échantillon des entreprises industrielles. Ainsi, pour l'année 2022, 58 % des entreprises (resp. 57 % des tirages d'électricité) raccordées à RTE sont disponibles dans les enquêtes de conjoncture (soit 183 SIREN sur 314 SIREN d'entreprises raccordées à RTE<sup>8</sup>). Comme dans l'analyse méso-économique, les entreprises représentées dans l'échantillon apparié ne sont pas représentatives de l'ensemble de l'industrie. Comme le suggère la ► **figure 7**, il s'agit avant tout de grandes entreprises, c'est-à-dire avec un chiffre d'affaires important. De plus, les réponses de ces entreprises aux questions sur la production passée et prévue suggèrent qu'elles auraient eu une activité particulièrement dégradée en 2022. Comme le montre la ► **figure 3** dans le corps de l'éclairage, les entreprises de l'échantillon apparié ont un solde d'opinion sur l'activité prévue<sup>9</sup> particulièrement dégradé en 2022, par rapport à l'ensemble des entreprises industrielles, mais également légèrement plus faible que celui des entreprises industrielles énérgo-intensives.

Il convient de noter que les tirages d'électricité des entreprises raccordées à RTE sont obtenus au niveau des établissements (niveau SIRET) quand les données des enquêtes de conjoncture sont au niveau des entreprises (niveau SIREN). La construction de l'échantillon apparié implique donc de sommer les données par établissement des tirages d'électricité pour obtenir des tirages au niveau de l'entreprise. Cela suppose donc que la variation du tirage d'électricité des établissements présents dans RTE est représentative du tirage total d'électricité de l'entreprise associée.

Les enquêtes de conjoncture dans l'industrie ne permettent pas d'avoir une information quantitative sur l'activité du mois  $t$ . En effet, l'information concernant la production des entreprises se résume à des données qualitatives sur la variation de la production des 3 mois passés (stable, en hausse, en baisse) ainsi que pour les 3 mois à venir. Après avoir comparé les performances des différentes combinaisons de variables, le modèle finalement retenu prend en compte ce que l'entreprise déclare en  $t+1$  concernant son activité passée :

$$\Delta \log(\text{elec}_{i,t}) = \alpha_i + \underset{(0,01)}{0,02} \times (\text{ActPassée}_{i,t+1} = \text{Hausse}) - \underset{(0,02)}{0,04} \times (\text{ActPassée}_{i,t+1} = \text{Baisse}) + g(X_t) + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

Estimation : 2018-01/2021-12,  $R^2=0,16$ ,  $N \times T=6355$

où  $X_t$  est une série de variables de contrôles (mois de l'année pour corriger les résultats de la saisonnalité, indicatrices spécifiques pour les mois de confinement pendant la crise sanitaire, etc.),  $\text{ActPassée}$  est l'opinion de l'entreprise sur son activité passée et  $\alpha_i$  est un effet fixe propre à chaque entreprise. L'effet fixe correspond, pour

<sup>8</sup> La modélisation microéconomique ne se restreint pas aux branches énérgo-intensives de l'approche méso-économique même si celles-ci représentent 75 % de l'échantillon d'analyse final.

<sup>9</sup> Ce solde est la différence, pondérée par le chiffre d'affaires, entre le nombre d'entreprises déclarant à un mois donné une activité en hausse et le nombre de celles déclarant une activité en baisse.

chaque entreprise, à l'évolution mensuelle moyenne de la consommation d'électricité à production constante (et corrigée des variations saisonnières). Cet effet fixe permet de capter, à l'échelle de l'entreprise, à la fois l'amélioration progressive de son efficacité énergétique (son « effort tendanciel de sobriété ») et l'évolution de l'électrification de son processus de production.

À l'instar de la modélisation macroéconomique, l'approche consiste alors à utiliser le modèle (2) pour construire une « consommation d'électricité simulée » pour l'année 2022. L'écart entre les consommations pouvant s'interpréter comme une sobriété cumulée.

## Expliquer la sobriété 2022 par les comportements de sobriété passés

Afin d'étudier si les comportements de sobriété de la fin d'année 2022 sont portés par des entreprises ayant déjà réalisé des gains d'efficacité énergétique par le passé ou au contraire par celles qui n'en ont pas fait, un indicateur de « sobriété tendancielle » sur la période 2018-2021 est défini à partir des effets fixes  $\alpha_i$  de l'équation (2) : du fait de la spécification de cette équation, ces effets reflètent la variation moyenne de la consommation électrique, entre 2018 et 2021, à production constante.

Ces effets fixes ne constituent pas une mesure parfaite de la sobriété des entreprises sur la période 2018-2021 car ils peuvent également capter des comportements d'électrification des processus de production de l'entreprise. Aussi, afin de purger ces effets fixes d'éventuels comportements d'électrification, une exploitation de plusieurs millésimes de l'enquête annuelle sur la consommation d'énergie dans l'industrie (EACEI) est réalisée. En effet, ces enquêtes renseignent sur la part de l'électricité dans le mix énergétique de chaque entreprise. Au sein des entreprises de l'échantillon apparié vu plus haut, ces entreprises sont comparées entre les millésimes 2014-2015 et 2018-2019 de l'enquête EACEI. Pour celles qui se trouvent dans ces millésimes, l'évolution de cette part d'électricité (notée  $\Delta partElec$ ) peut être un proxy de l'électrification de leurs chaînes de production.

L'indicateur de la « sobriété tendancielle » sur la période 2018-2021 – noté  $\hat{\alpha}_i$  – est le résidu de l'équation :

$$\alpha_i = 0,008 + 0,042 \Delta partElec_i + \hat{\alpha}_i$$

(0,002)      (0,02)

$$R^2 = 0,03, N = 151$$

Les entreprises ayant amélioré leur efficacité énergétique sur la période 2018-2021 sont définies comme celles dont le  $\hat{\alpha}_i$  est inférieur à la médiane.

Ces entreprises seraient, d'après cette mesure, de taille plus importante et plus énérgo-intensives que les autres. Ces résultats sont cohérents avec la littérature concernant l'investissement des entreprises pour la décarbonation de l'industrie, qui suggère que ce sont plutôt les plus grandes entreprises, productives et énérgo-intensives, qui ont un taux d'investissement en faveur de la décarbonation le plus fort (► [Faquet, 2021](#)). ●

## ► 7. Distributions du chiffre d'affaires des entreprises au sein de l'échantillon de l'enquête de conjoncture dans l'industrie et au sein du sous-échantillon apparié avec les données RTE

(moyenne – non pondérée –, médiane, premier et troisième quartiles de la distribution du chiffre d'affaires des entreprises –en milliers d'euros– déclaré dans les enquêtes de conjoncture en 2022)

Données	Moyenne	1 <sup>er</sup> quartile	Médiane	3 <sup>e</sup> quartile
Échantillon final (RTE/ECJ)	629	104	231	646
Enquête de conjoncture dans l'industrie	195	13	37	106

Note : l'échantillon final (RTE/ECJ) correspond à l'appariement (niveau SIREN) des données de soutirage d'électricité RTE et des enquêtes de conjoncture dans l'industrie. La distribution des chiffres d'affaires correspond à ceux déclarés dans les enquêtes de conjoncture.

Lecture : en moyenne (non pondérée), les entreprises des enquêtes de conjoncture dans l'industrie ont un chiffre d'affaires de 195 k€ contre 629 k€ dans l'échantillon final (RTE/ECJ).

Source : RTE, enquête de conjoncture de l'Insee. Calculs Insee.



## Bibliographie

**Abadie L., Ortiz R., Galarrage I.** (2012), « Determinants of energy efficiency investments in the US », *Energy Policy*, Vol. 45, 2012.

**Allcott H. et Greenstone M.** (2012), « Is there an Energy Efficiency Gap ? », *Journal of Economic Perspectives*, n° 1 (26), 2012.

**Bjai B., Chevalier C-M., Génin H., Lefebvre C., Roulleau G.** (2022), « Les entreprises face à la hausse des prix de l'énergie : des situations et des réactions contrastées », *Note de conjoncture* du 15 décembre 2022, Insee.

**Cheptitski A. et Poulhès M.** (2021), « La consommation électrique des entreprises peut-elle aider à améliorer la prévision de l'activité, notamment en période de crise ? », *Note de conjoncture* de mars 2021, Insee.

**Faquet R.** (2021) « Which Industrial Firms Make Decarbonization Investments ? », Document de travail de la Direction Générale du Trésor, 2021.

**Gerarden T., Newell R., Stavins, R.** (2017), « Assessing the Energy-Efficiency Gap », *Journal of Economic Perspectives*, n°4(55), 2017.

**RTE** (2023), « Bilan de l'hiver 2022-2023 ». ●