



Les Thémas de la DGE

Théma n° 27

Janvier 2025

Les semi-conducteurs : un marché mondialisé et une dépendance européenne

Auteurs : Madlie Ericher, Johan Seux, Siessima Toe et Lucie Tournier
(SCIDE)¹

Les pénuries de semi-conducteurs ces dernières années ont mis au jour non seulement le rôle central et stratégique de ces composants, mais aussi la forte dépendance de l'Union européenne aux importations.

Depuis le tournant des années 2010, les importations de semi-conducteurs de la France augmentent : en 2022, les importations atteignent 7 Md€ dont 90 % sous forme de produits finis, contre une production nationale de 5 Md€. Une centaine d'entreprises est active dans la filière du semi-conducteur² en

¹ Les auteurs remercient Louis de Catheu et Jean-Eric Michallet pour leurs contributions et relecture attentive.

² La Commission européenne, dans le cadre de son exercice d'examen des dépendances SCAN, a établi une liste de produits finis semi-conducteurs, qui constitue le champ de l'ensemble de cette étude. Cette liste est disponible en Annexe A.1 du document accessible à partir du lien suivant : *Applying the SCAN methodology to the Semiconductor Supply Chain*, JRC Working Papers in Economics and Finance, 2023/8

France, dont deux tiers de PME. Elles représentent environ 35 000 emplois.

La France et l'Union Européenne sont dépendantes d'un nombre limité de pays producteurs, principalement situés en Asie de l'Est, créant ainsi une situation de vulnérabilité sur certains secteurs, comme l'informatique, l'électronique, l'industrie automobile ou certaines industries de fabrication d'équipement.

Depuis plus d'une décennie, aussi bien en France, qui s'est imposée comme un acteur clé en Europe, que dans l'UE, le secteur des semi-conducteurs fait l'objet de plans de soutien massifs destinés à renforcer les capacités de production et la sécurité des approvisionnements. Ces différents plans poursuivent l'objectif du *European Chips Act* qui est d'atteindre une part de marché de 20 % pour les producteurs européens.

1 Le marché des semi-conducteurs a considérablement évolué ces dernières décennies

A L'activité de production de semi-conducteurs est intense en capital et en R&D

Le terme « semi-conducteur » désigne à l'origine des matériaux qui possèdent des propriétés physiques particulières³ ayant rendu possible notamment la fabrication des circuits électroniques modernes, mais également celle des cellules photovoltaïques. Comme le rappelait Pierre-Gilles de Gennes en 1994, « les propriétés des semi-conducteurs sont à l'origine de toute l'électronique moderne ». Le matériau semi-conducteur le plus utilisé, pour sa solidité et sa robustesse, est le silicium, mais il en existe d'autres tels que le germanium ou l'arséniure de gallium. Par extension, un « semi-conducteur » désigne les circuits électroniques miniaturisés, eux-mêmes fabriqués à partir de matériaux semi-conducteurs : c'est ce sens qui est retenu dans la présente publication.

La production de semi-conducteurs nécessite des investissements considérables.

En raison du rythme des évolutions technologiques dans le secteur, et de la course à la performance à laquelle elles se livrent, les entreprises productrices doivent continuellement investir dans de nouvelles usines et de nouveaux équipements pour rester compétitives. La construction d'une usine de fabrication de semi-conducteurs se situant à l'état de l'art impliquerait des investissements estimés *a minima* entre 10 et 20 Md\$ selon les professionnels⁴.

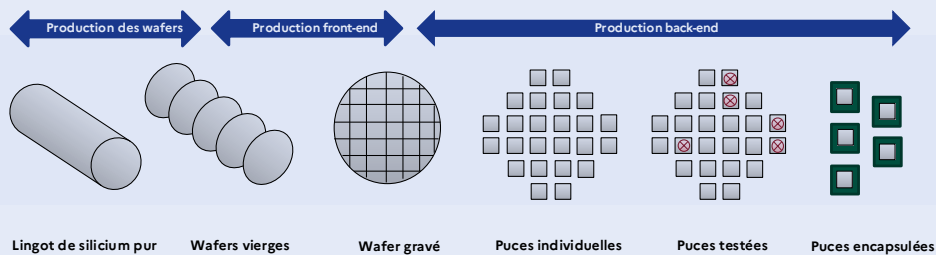
3 Les matériaux semi-conducteurs adoptent, selon leur environnement, tantôt le comportement d'un matériau isolant, tantôt le comportement d'un matériau conducteur (métal). C'est en jouant sur ces différentes propriétés que l'on parvient à réaliser des transistors ou des diodes miniaturisés, qui sont les briques de base des circuits électroniques.

4 Shih, W. (2021), *Why the global chip shortage is making it so hard to buy a PS5*.

ENCADRÉ 1

Quelles sont les différentes phases de production des semi-conducteurs ?

La chaîne de production des semi-conducteurs comporte une phase de conception ou design, qui consiste à en choisir les composants et l'architecture en fonction de son usage, et une phase de fabrication. Si le concepteur du semi-conducteur est généralement celui qui le commercialise, la fabrication peut quant à elle être sous-traitée à d'autres acteurs spécialisés. La fabrication peut elle-même être divisée en trois étapes principales : la fabrication du *wafer*, la production dite « *front end* » et la production dite « *back end* ».



Le substrat à partir duquel sont fabriqués les semi-conducteurs est le *wafer*, un disque très fin de matériau semi-conducteur. Pour sa fabrication, un matériau semi-conducteur (le plus souvent du silicium), est purifié, fondu, puis resolidifié sous forme d'un lingot cylindrique d'une très grande pureté (moins d'une particule étrangère pour 1 milliard). Ce lingot est ensuite découpé en fines tranches de moins de 1 mm d'épaisseur et de diamètre généralement compris entre 150 et 300 mm. Le diamètre des *wafers* est un facteur clef de la productivité des usines de semi-conducteurs.

La production dite « *front end* » consiste à fabriquer, sur les *wafers*, les différents composants semi-conducteurs. Cette étape de la fabrication des semi-conducteurs est à la fois la plus longue (plusieurs mois), la plus coûteuse en ressources (énergies, matières premières et métaux rares), la plus technique et intense en R&D ainsi qu'en capital en raison des nombreux équipements perfectionnés. Lors de cette étape, les *wafers* subissent de nombreux traitements : dépôts de matière, gravure, traitements mécaniques et chimiques, etc. Ces traitements permettent de fabriquer les constituants des circuits intégrés (transistors, diodes, convertisseurs, condensateurs, etc.) et leurs interconnexions.

La production dite « *back end* » consiste à découper les *wafers* en puces individuelles et à les intégrer à leur environnement. Au cours de cette étape, qui est courte (une semaine), les *wafers* sont découpés en puces individuelles. Ces dernières peuvent subir des tests de vérification et sont intégrées dans un système physique permettant leur utilisation (intégration dans un boîtier, connexion à une source d'énergie, etc.)

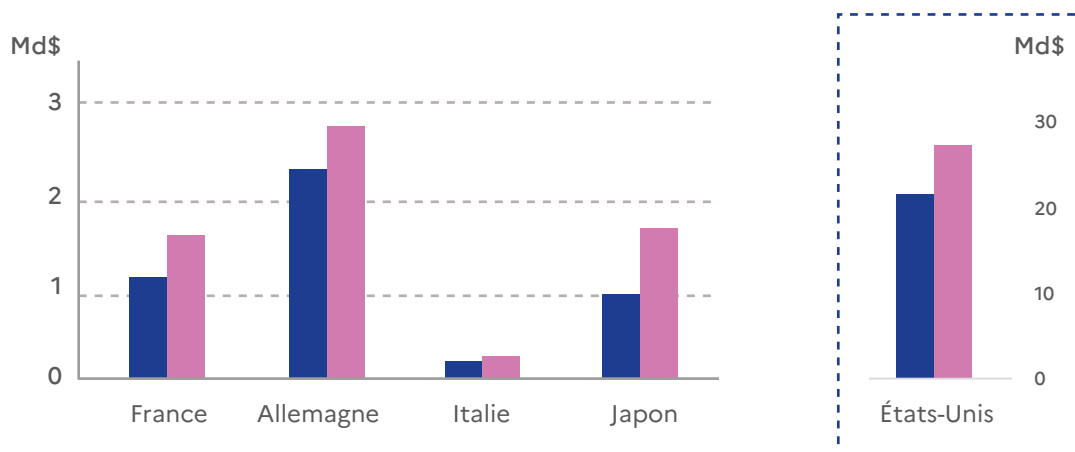
La R&D joue un rôle crucial dans le secteur des semi-conducteurs. La loi de Moore, énoncée dans les années 1970, prédisait un doublement des performances des puces tous les deux ans. Pendant des années, cette loi a été vérifiée, les industriels parvenant à réduire la taille des composants élémentaires

de la puce. Depuis les années 2010, une taille limite des composants semble être atteinte, la miniaturisation se révélant de plus en plus complexe, à mesure que l'on se rapproche de la taille de l'atome. Les fabricants sont tout de même parvenus à améliorer les performances des semi-conducteurs en jouant sur d'autres paramètres, comme les matériaux ou les structures.

En France, les dépenses privées de R&D dans le secteur ont fortement progressé sur la période récente. D'après l'OCDE, celles-ci sont passées de 1,1 à 1,6 Md\$ en parité de pouvoir d'achat entre 2016-2017 et 2020-2021, soit une hausse d'environ 40 % (cf. Figure 1). En valeur absolue, cette dépense reste inférieure à celle de l'Allemagne, ce qui reflète la taille relative des secteurs dans les deux pays, la part des dépenses de R&D dans la valeur ajoutée (VA) du secteur étant similaire en France et en Allemagne (environ 8 à 9 %). En revanche, les États-Unis dominent largement les activités de R&D dans le secteur avec des dépenses privées très élevées (plus de 20 % en part de la VA en 2021).

Dans le cas de la France, des organismes publics de recherche jouent un rôle crucial dans la recherche sur les semi-conducteurs. Le CEA-Leti en France, un centre de R&D de pointe mondialement reconnu dans les technologies de semi-conducteurs en particulier, noue des partenariats de recherche avec des entreprises leaders sur le territoire national comme à l'international, comme par exemple récemment avec GlobalFoundries ou Intel.

Figure 1 : Dépenses de R&D des entreprises du secteur des semi-conducteurs dans les pays de l'OCDE
(Md\$ parité de pouvoir d'achat, échelle de droite pour les US)



Source : OECD, [Key Nanotechnology Indicators](#)

Champ : Entreprises qui consacrent au moins 75 % de leur R&D ou de leur production aux nanotechnologies

B L'organisation mondiale de la production des semi-conducteurs a fortement évolué ces dernières décennies en lien notamment avec le développement des nouvelles technologies

Jusqu'à la fin des années 2000, le marché des semi-conducteurs était dominé par des acteurs intégrés qui installaient des filières dans des pays à bas coût. Les premiers acteurs économiques dans le champ des semi-conducteurs étaient principalement des entreprises dites intégrées car en charge à la fois de la conception, de la production et des phases en aval (cf. Encadré 2). L'ampleur des

investissements nécessaires et le niveau des coûts de production a toutefois conduit ces entreprises à délocaliser une partie de leur production dans des pays à bas coût. Comme le signale P. Antras dans ses différents travaux⁵, ces entreprises ont privilégié la création de filières sur place plutôt que le recours à la sous-traitance en raison de la nécessité de conserver la maîtrise de la production, d'assurer un contrôle direct sur des actifs spécifiques et coûteux et de protéger la propriété intellectuelle engagée dans la production.

Le marché des semi-conducteurs a toutefois évolué pour aller vers un environnement moins intégré et plus fractionné sur la scène internationale depuis les années 2010. La structure productive du marché des semi-conducteurs se caractérise aujourd'hui par une externalisation et un recours accru à la sous-traitance : les entreprises *fabless* se chargent uniquement de la conception tandis que les fonderies, réalisent la production des semi-conducteurs. Cette structure n'a pu se développer que grâce à l'amélioration considérable sur la période récente des moyens de communication, qui ont permis de fractionner encore davantage la chaîne de production et conduire ainsi à une externalisation des activités de production au niveau mondial.

Plusieurs facteurs ont ainsi pu permettre le développement de cette nouvelle organisation internationale de la production de semi-conducteurs. Tout d'abord, l'augmentation de la demande mondiale a permis aux fonderies de bénéficier d'économies d'échelle et de réduire leurs coûts unitaires en produisant pour plusieurs clients *fabless*. Ensuite, le rythme rapide des innovations techniques et les cycles de vie courts, incitent les entreprises *fabless* à recentrer leurs activités sur l'adaptation rapide des produits, l'innovation et la rapidité de mise sur le marché. Enfin, cette organisation permet aux entreprises *fabless* d'adapter rapidement leur production aux changements du marché en travaillant avec plusieurs sous-traitants et en bénéficiant toujours des technologies de production les plus avancées sans avoir à leur charge la mise à jour des équipements.

5 Se reporter en particulier à Antras, Pol. 2016. *Global Production: Firms, Contracts, and Trade Structure*. Princeton University Press.
Antràs, Pol, and Elhanan Helpman. 2004. "Global Sourcing." *Journal of Political Economy* 112 (3): 552-80

ENCADRÉ 2

Les catégories d'acteurs sur le marché des semi-conducteurs

Quatre principales catégories d'acteurs interviennent sur le marché des semi-conducteurs : les *integrated device manufacturer* (IDM), les *fabless*, les fonderies et les entreprises OSAT (Open source assembly and test).

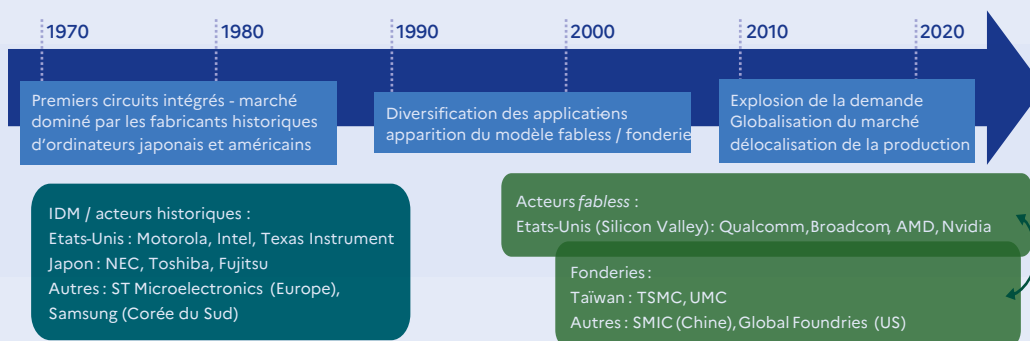
Si les premiers semi-conducteurs ont été destinés aux domaines de la défense et du spatial, le marché s'est développé massivement vers la fin des années 1960 avec les fabricants d'ordinateurs. Ces entreprises se sont développées sur le modèle dit IDM et conçoivent, produisent et commercialisent leurs propres produits. Les premiers grands IDM sont des entreprises américaines (Motorola, IBM, Texas Instruments ou Intel) et japonaises (NEC, Toshiba ou Fujitsu).

A partir des années 1990, les applications des semi-conducteurs commencent à dépasser le domaine de l'informatique et de nombreuses entreprises, notamment dans les secteurs des jeux vidéo et de l'électronique grand public (chaîne hifi, télévision, etc), se lancent dans la conception de semi-conducteurs en sous-traitant la production auprès des constructeurs historiques. Ce modèle économique, dit *fabless*, est particulièrement présent aujourd'hui aux États-Unis⁶, avec des entreprises comme Qualcomm ou Nvidia, qui a intégré l'indice *Dow Jones* en 2024, en remplacement d'Intel.

Pour répondre à une demande croissante de production, une troisième catégorie d'acteurs se développe, les fonderies, qui détiennent un portefeuille de technologies qu'elles proposent à leur clients *fabless*. Depuis les années 2010, le modèle *fabless*-fonderies prend le pas sur le modèle des IDM : de plus en plus les grands fabricants historiques font appel à des fonderies pour la production de leurs propres puces en raison notamment de l'importance des investissements nécessaires pour maîtriser les technologies les plus avancées. Cette externalisation constitue une nouvelle étape dans le fractionnement de la chaîne de production mondiale.

Enfin, une quatrième catégorie d'acteurs, les OSAT se spécialisent dans l'assemblage et les tests (phase de production *back-end*). Ces acteurs à plus faible valeur ajoutée se situent principalement en Asie de l'Est.

La frise ci-dessous synthétise les principales évolutions du marché de 1970 à aujourd'hui.

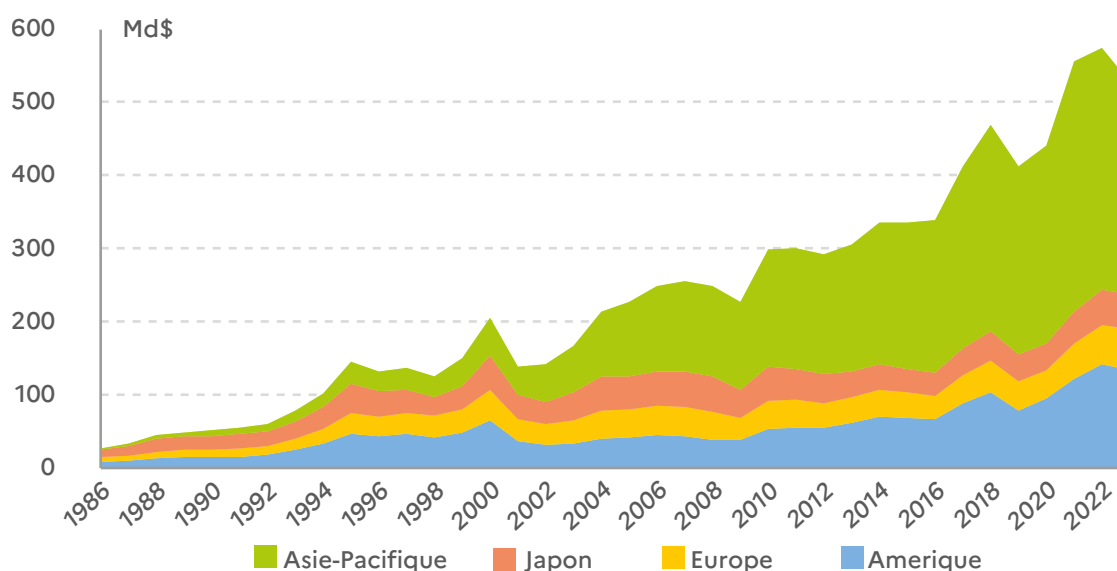


⁶ En 2021, les entreprises américaines représentent 68 % du CA global des entreprises *Fabless*.

C Le marché des semi-conducteurs a connu une forte croissance depuis les années 1990, mais celui-ci est particulièrement volatile

Le marché mondial des semi-conducteurs a cru à un rythme soutenu au cours des dernières décennies : en valeur, celui-ci est passé de 50 à plus de 500 Md\$ entre 1990 et 2023, soit une progression annuelle moyenne de +7 % sur la période. Plusieurs facteurs ont contribué à cette forte dynamique : (i) la hausse de la demande d'appareils électroniques liée à la numérisation des économies ; (ii) l'intégration croissante des semi-conducteurs dans les produits finis (comme dans l'industrie automobile⁷ ou l'Internet des Objets), ainsi que dans les processus de production industrielle (par exemple pour détecter des anomalies sur une chaîne de production), rendue possible par la miniaturisation progressive des puces et (iii) le développement de l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique rendu possible grâce à de nouveaux types de semi-conducteurs. Les politiques publiques de soutien aux investissements mises en œuvre dans de nombreux pays ont également contribué à abaisser les coûts des semi-conducteurs et à faciliter leur usage.

Figure 2 : Ventés mondiales de semi-conducteurs par grande région du monde (Md\$)



Source : World Semiconductor Trade Statistic

Cette croissance du marché a fortement fluctué sur les dernières décennies.

La croissance annuelle moyenne était de 12 % au cours des années 1990, contre 1 % au cours des années 2000 et 6 % sur la période 2010-2023⁸, soit un niveau légèrement supérieur à celle du PIB mondial sur cette période (5 % environ). Ainsi, malgré une croissance robuste sur le long terme, le marché des semi-conducteurs reste soumis à une forte volatilité qui résulte de plusieurs facteurs. Tout d'abord, l'innovation technologique induit une forte incertitude avec un risque élevé d'échecs technologiques ou commerciaux, ces derniers

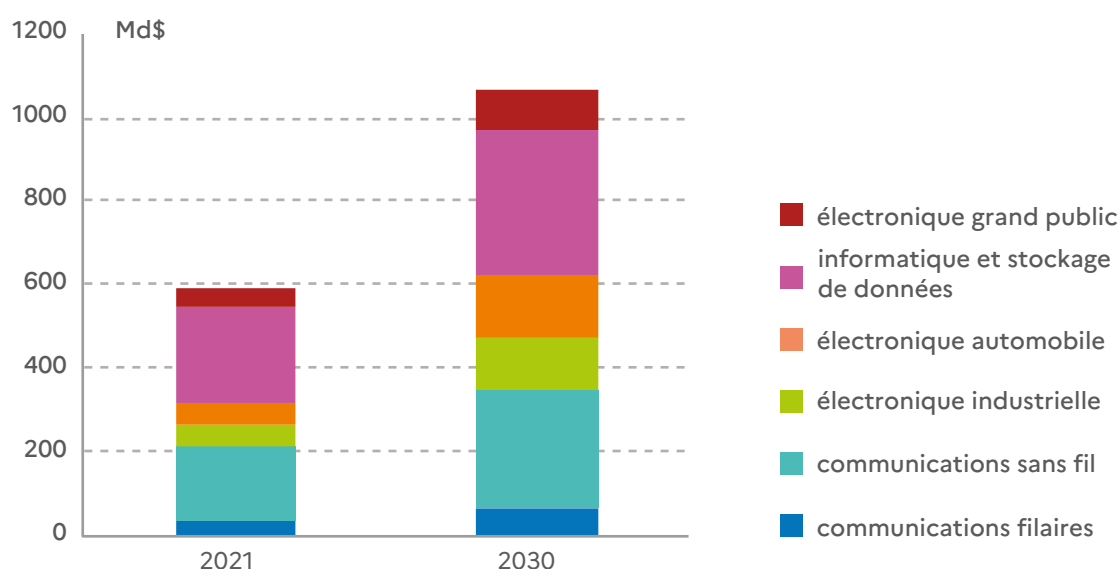
7 Le nombre de puces comprises dans une automobile se situerait aujourd'hui entre 1 500 et 3 000 suivant le modèle.

8 Ce chiffre de croissance nominale ne tient pas compte du progrès technologique sur le marché des semi-conducteurs.

pouvant conduire les investisseurs à réévaluer à la hausse le niveau de risque et réduire leurs investissements. Ensuite, la longueur de la chaîne de valeur, l'importance des investissements à consentir, ainsi que la durée du processus de fabrication (généralement supérieure à 6 mois) obligent les producteurs à fonctionner à partir de prévisions de commandes qui restent difficiles à anticiper et conduisent chaque acteur à amplifier les mouvements anticipés du marché (effet coup de fouet dit « *bullwhip* »).

Selon Mc Kinsey, le marché des semi-conducteurs pourrait croître rapidement à l'horizon 2030 (+80 % en valeur par rapport à 2021, cf. figure 3), tiré particulièrement par le secteur de l'électronique automobile (+180 %), de l'électronique industrielle (+120 %) et de l'électronique grand public (+100 %). En 2021, les principales applications des semi-conducteurs restent l'informatique et le stockage de données (38 %), les communications sans fil (29 %), l'électronique industrielle (10 %), l'automobile (9 %), l'électronique grand public (8 %) et les communications filaires (6 %).

Figure 3 : Le marché des semi-conducteurs en 2021 par domaine d'application, prévisions pour 2030 (Md\$)



Source : McKinsey on Semiconductor: Creating Value, pursuing innovation and optimizing operations, novembre 2021.

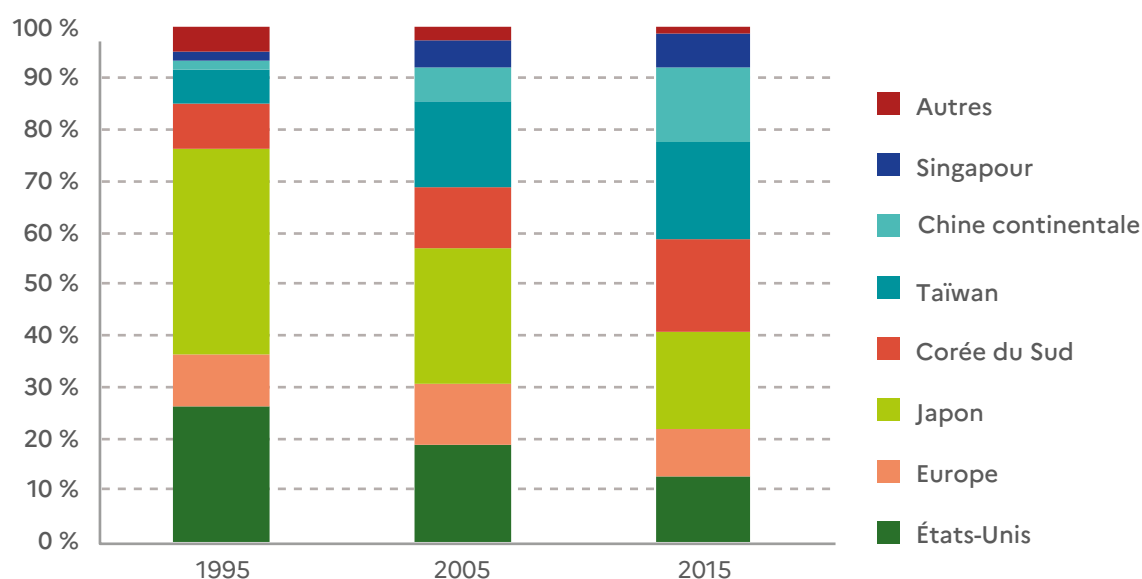
Données : Gartner

2 L'Union européenne et la France restent largement dépendantes des importations de semi-conducteurs

A La production mondiale de semi-conducteurs reste dominée par l'Asie, tandis que les États-Unis sont *leader* pour la conception et la vente de produits finis

Les capacités de production de semi-conducteurs sont aujourd'hui principalement localisées en Asie, comme l'illustre la figure 4. En 2015, près de 80 % des capacités mondiales de production se situaient en Asie de l'Est. La part élevée des pays d'Asie dans les capacités de production est liée à la place des fonderies qui sont localisées pour l'essentiel dans cette zone géographique.

Figure 4 : Répartition géographique des capacités globales de production de semi-conducteurs



Source : ESIA, European Semiconductor Industry Association. Données : SEMI

Note de lecture : En 2015, le Japon représente 18 % des capacités de production mondiale de semi-conducteurs alors qu'il représentait 40 % en 1995.

Si la production est rattachée à la nationalité des producteurs, les États-Unis sont leader sur le marché des semi-conducteurs avec 48 % des ventes réalisées de produits finis au niveau mondial en 2022⁹. En effet, si la production est souvent réalisée par des entreprises asiatiques, celle-ci est fréquemment accomplie pour le compte d'entreprises *fabless* américaines qui conçoivent les puces et les commercialisent. De son côté, l'Europe joue à ce stade un rôle plus limité et se positionne sur des marchés très spécialisés, sur lesquels la robustesse et la fiabilité des produits sont des facteurs plus importants que la puissance de calcul (santé, automobile, défense...), favorisant ainsi la commercialisation de technologies plus matures et moins pertinentes sur les secteurs les plus innovants (*smartphones, datacenters...*).

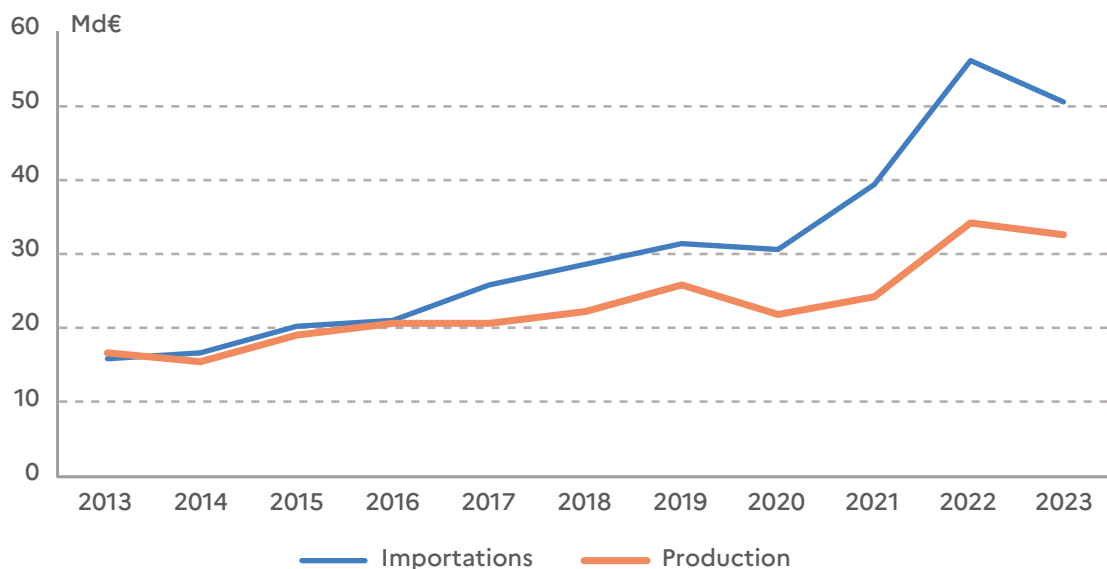
Ces évolutions ont conduit à une dépendance importante de l'UE vis-à-vis du reste du monde. Bien que la production européenne de semi-conducteurs ait doublé depuis 2013, les importations ont plus que doublé, atteignant 50 Md€ en 2023 (cf. figure 5). La production et les importations de semi-conducteurs sont identifiées à partir de la liste des produits [SCAN1](#) établie par la Commission européenne. Depuis l'année 2017, le niveau des importations est devenu significativement supérieur au niveau de la production et ce découplage s'est accru au cours des années suivantes. Le déficit commercial se creuse et atteint 19 Md€ en 2023, soit +191 % par rapport à 2017. Cette augmentation des importations souligne la dépendance croissante de l'UE envers certains pays asiatiques pour son approvisionnement en semi-conducteurs, comme l'ont montré les pénuries de semi-conducteurs lors de la crise de la Covid-19 (cf. encadré 3). Néanmoins l'augmentation des importations peut

⁹ [Source : Semiconductor Industry Association Factbook 2023.](#)

révéler une complexification de la chaîne de valeur et la fragmentation des étapes de production.

Cependant, la fragmentation des chaînes de valeur des semi-conducteurs complexifie l'analyse des dépendances. En effet, les étapes de production *front-end* et *back-end* sont généralement séparées géographiquement et de nombreux échanges internationaux interviennent lors du processus de production. A titre d'exemple, l'Allemagne est un exportateur important de silicium (matière première utilisée pour la fabrication des *wafers*), mais les *wafers* eux-mêmes sont majoritairement exportés du Japon vers Taïwan, qui exporte par la suite des puces et circuits intégrés vers la Chine, qui les utilise *in fine* pour la production d'appareils électroniques destinés en particulier aux marchés européen et américain. L'approvisionnement de l'UE en semi-conducteurs dépend particulièrement des grands acteurs d'Asie de l'Est : Japon, Chine, Taïwan et Corée du Sud, qui font également partie des principaux acteurs au niveau mondial. Taïwan est le principal fournisseur des pays de l'UE (21 % des importations extra-européennes 2023).

Figure 5 : Production et importation de semi-conducteurs en Europe (Md€)



Source : Eurostat.

Note de lecture : l'ensemble des produits permettant de décomposer la chaîne de valeur des semi-conducteurs utilisés dans cette partie provient de la liste de produits établie par la Commission Européenne ([JRC - Semi-Conductor Value Chain \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/jrc/en/semi-conductor-value-chain)). Seuls les produits finis ont été retenus ici (circuits intégrés, puces, mémoires, transistors).

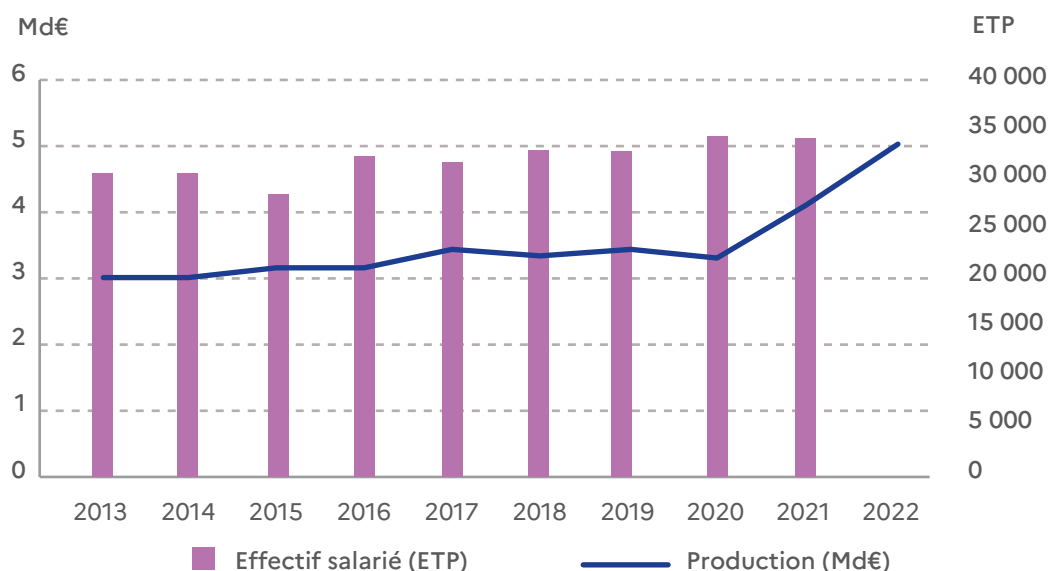
B Les capacités de production françaises demeurent encore limitées, ce qui conduit les industries utilisatrices à importer des volumes significatifs de semi-conducteurs

La production française de semi-conducteurs représente 11 % de la production de l'UE en 2022. Celle-ci a été relativement stable sur la période 2017-2020, avant de connaître une baisse modérée entre 2019 et 2020 au moment de la crise de la Covid-19 (cf. figure 6). La production a connu un bond par la suite passant de 3,4 à 5 Md€ entre 2020 et 2022, soit une augmentation de presque 50 %. Cette forte hausse est liée à l'augmentation de la demande sur la période, mais aussi à un effet prix lié à la hausse des coûts des matières premières, de l'énergie et d'autres inputs.

La production française de semi-conducteurs est particulièrement concentrée.

Si 115 entreprises apparaissent actives sur le marché des semi-conducteurs en France, cinq d'entre elles réalisent 85 % de la production en 2022. Deux tiers des producteurs de semi-conducteurs sont des PME. L'ensemble des producteurs de semi-conducteurs représentent environ 35 000 emplois.

Figure 6 : Production (Md€) et effectif salarié (ETP) des entreprises de semi-conducteurs en France

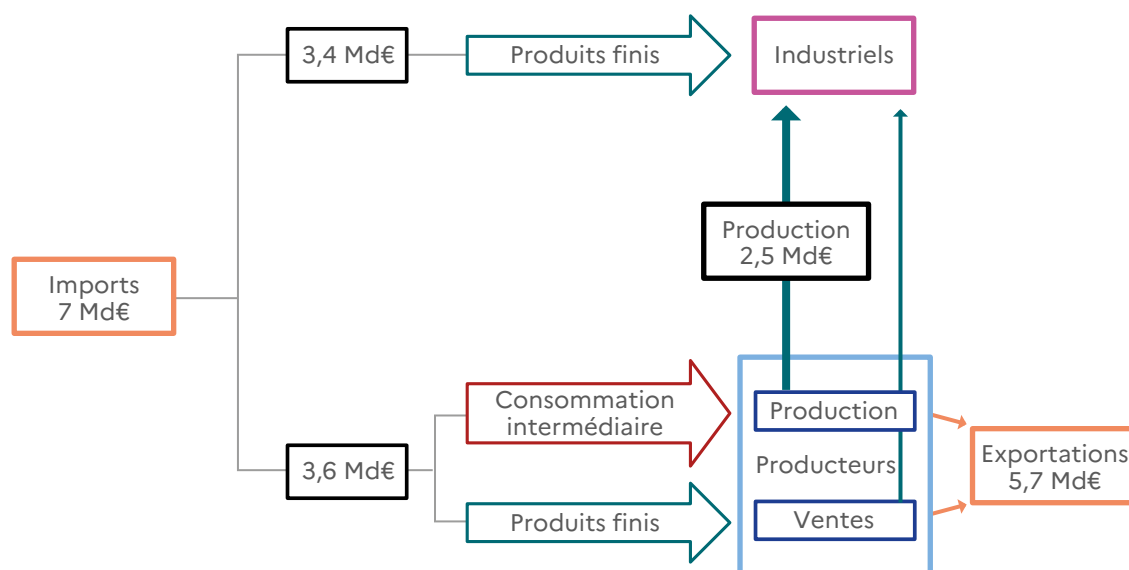


Source : Calculs DGE. **Données :** Enquête annuelle de production, Fare. **Champ :** Liste de produits finis et wafers SCAN (Commission européenne).

Note de lecture : En 2021, la production française de semi-conducteurs atteint 4,1 Md€ et le nombre de salariés employés dans des entreprises productrices de semi-conducteurs s'élève à 35 000 emplois équivalents temps plein (ETP)

En 2022, les importations françaises de produits liés aux semi-conducteurs atteignent 7 Md€. Ces importations sont en nette progression ces dernières années (+65 % depuis 2019). Celles-ci se répartissent entre (i) des importations de produits finis destinées aux secteurs industriels utilisateurs, hors secteur des semi-conducteurs pour un montant de 3,4 Md€ en 2022, et (ii) des importations de produits finis ou de consommations intermédiaires destinées aux industriels du secteur des semi-conducteurs pour un montant de 3,6 Md€ (cf. figure 7). Ces importations se décomposent elles-mêmes en consommation intermédiaire et en produits finis.

Figure 7 : Récapitulatif des importations de semi-conducteurs de l'industrie française en 2022



Source : Calculs DGE. Données : FARE, Douanes et EAP

Note de lecture : Les industriels considérés sont les utilisateurs français de semi-conducteurs, il s'agit d'entreprises qui importent des produits figurant dans la liste des produits finis de semi-conducteurs (SCAN). Par ailleurs, les producteurs regroupent l'ensemble des entreprises qui déclarent produire au moins un produit de cette liste, ainsi que les entreprises des secteurs suivants : 26.11Z, 27.11Z et 46.11Z.

Les dépendances françaises sur les différents maillons de la chaîne de valeur des semi-conducteurs peuvent être analysées de façon plus détaillée en fonction de l'étape de production :

- les équipements et machines de production¹⁰ sont majoritairement importés des États-Unis : ce pays représente pour la France 28 % des importations d'équipement pour les usines de semi-conducteurs en 2023. Les Pays-Bas sont également un des principaux exportateurs de ce type d'équipements ;
- pour les *wafers*, la France est principalement dépendante du Japon : les importations atteignent 553 M€ en 2023 dont 57 % proviennent du Japon. Cette dépendance envers le Japon est d'autant plus importante qu'elle s'étend également aux inputs nécessaires à la production de *wafers* à valeur ajoutée ;
- pour les semi-conducteurs en tant que produits finis, la dépendance de la France est forte et croissante envers certains pays de l'Asie de l'Est. La dépendance est particulièrement marquée vis-à-vis de Taïwan qui est le principal fournisseur de l'industrie française (26 % des importations en 2023). Les autres fournisseurs du marché français sont principalement la Malaisie et la Chine (14 % des importations en 2023 pour chaque pays).

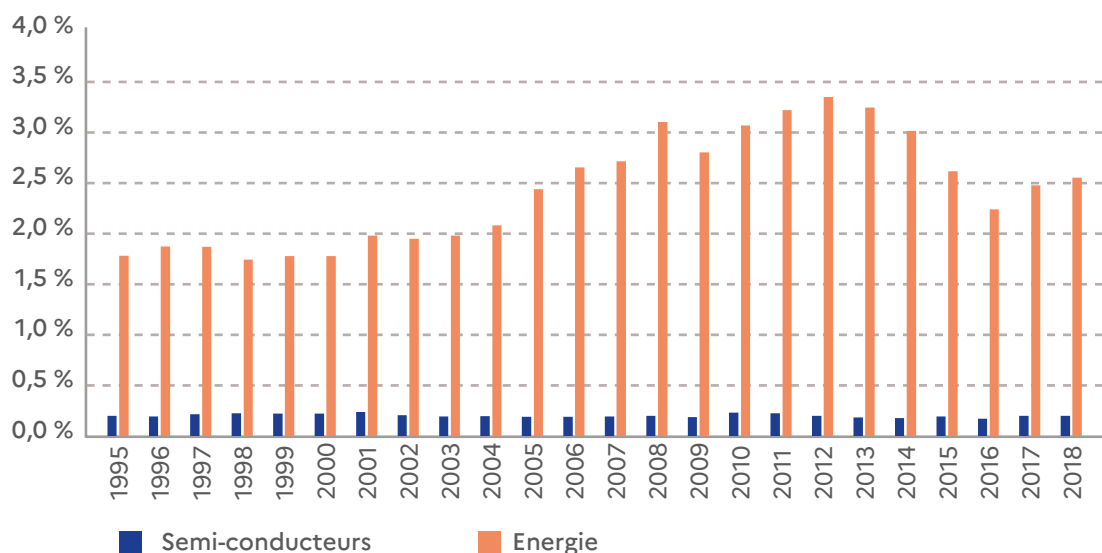
En 2022, les secteurs de la fabrication de produits informatiques électroniques et optiques et de la fabrication de matériel de transports représentaient 59 % du total des importations françaises de semi-conducteurs sous forme de produits finis (hors importations du commerce de gros et des producteurs).

¹⁰ Ici, on s'intéresse à l'ensemble des équipements et du matériels nécessaires dans la production de semi-conducteurs et de *wafers* (ventilateurs, machines, etc.)

C Au niveau macroéconomique, l'impact économique des dépendances françaises ou européennes dans le domaine des semi-conducteurs reste plutôt modéré

Sur le plan macroéconomique, le niveau de dépendance de l'UE aux semi-conducteurs importés apparaît limité. Les indicateurs de « *foreign input reliance* »¹¹ (FIR) élaborés par l'OCDE permettent de mesurer la valeur de la production étrangère utilisée comme intrant pour une économie donnée. Celui-ci atteint environ 0,2 % sur la période 1995-2018 pour les semi-conducteurs : cela indique que pour produire une unité de PIB, l'Union européenne doit s'approvisionner à hauteur de 0,2 % en semi-conducteurs produits à l'étranger. A titre illustratif, sur la même période, l'indicateur FIR des importations d'énergie est 8 à 15 fois supérieures à celles des semi-conducteurs selon les années. De plus, la dépendance de l'économie européenne semble relativement stable sur la période considérée.

Figure 8 : Dépendance de l'UE aux intrants étrangers pour les semi-conducteurs et l'énergie (1995-2018)



Source : Calculs DGE. Données : tableaux internationaux des entrées-sorties et classification TIVA des secteurs d'activité (OCDE)

Note de lecture : Le secteur de l'énergie inclut les deux activités suivantes : « coke et produits pétroliers » (19) et « Electricité, gaz, vapeur et air conditionné » (35). La dépendance aux intrants étrangers de semi-conducteurs est calculée comme la production étrangère nécessaire pour produire une unité de PIB.

Cette dépendance macroéconomique apparente relativement faible de l'économie européenne aux semi-conducteurs peut avoir plusieurs explications.

Tout d'abord, elle traduit la place limitée qu'occupe l'industrie manufacturière en Europe comparativement à d'autres zones géographiques. Par contraste avec l'UE, l'indicateur FIR estimé par l'OCDE pour les semi-conducteurs atteint environ 5 % pour la Thaïlande, le Mexique et la Chine et jusqu'à environ 10 % pour la Malaisie¹². De plus, les semi-conducteurs sont également importés par l'UE en tant que composants intermédiaires intégrés dans des produits finis

¹¹ cf. Haramboure, A. et al. (2023), "Vulnerabilities in the semiconductor supply chain", OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2023/05, OECD Publishing, Paris.

¹² Source: idem.

(téléphones et ordinateurs notamment) fabriqués dans des pays tiers, ce qui contribue à alléger facialement la dépendance mesurée.

Par ailleurs, même si cet indicateur suggère une dépendance macroéconomique limitée, **les pénuries de composants peuvent engendrer des goulets d'étranglement et avoir des répercussions économiques importantes sur certains secteurs.** Ainsi, l'OCDE estime que la pénurie de semi-conducteurs au cours des neuf premiers mois de l'année 2021 a engendré une baisse du PIB significative dans plusieurs pays de l'UE (jusqu'à 0,5 % en Allemagne et de 0,5 % à 1 % en République tchèque)¹³. Cet impact macro-économique significatif s'explique par l'intensité exceptionnellement élevée de la pénurie liée à la Covid-19 dans ces deux pays et l'importance de ces produits dans de nombreuses chaînes de valeur.

ENCADRÉ 3

La fermeture de la Chine pendant la crise de la Covid-19, un révélateur de la dépendance de la France aux producteurs étrangers de semi-conducteurs

La fermeture des frontières chinoises, de février à avril 2020, lors de la crise de la Covid-19¹⁴, a révélé la dépendance des entreprises françaises importatrices de semi-conducteurs envers les producteurs chinois.

En effet, si en moyenne les entreprises françaises importatrices de semi-conducteurs ont connu une forte baisse d'activité (-25 %) lors de la fermeture des frontières chinoises (cf. tracé bleu foncé figure 11), celles qui importent des semi-conducteurs en provenance de Chine ont connu une baisse de leur activité de 5 points lors de la fermeture des frontières (cf. tracé bleu clair figure 9). Cette baisse supplémentaire témoigne de la difficulté pour les entreprises de s'adapter en cas de défaillance de leur fournisseur.

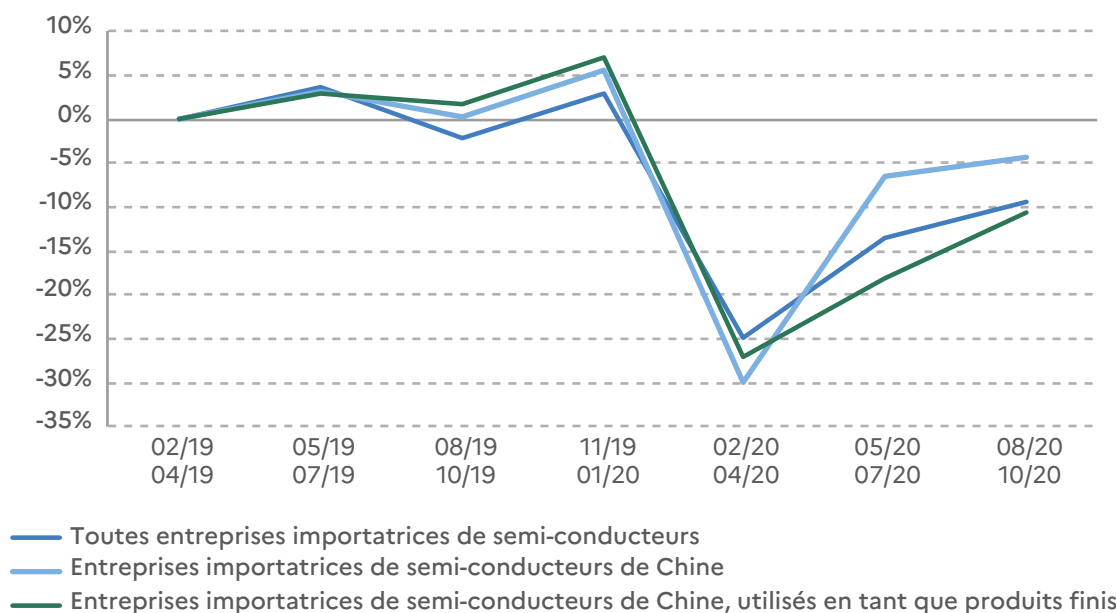
Par ailleurs, les entreprises consommatrices de semi-conducteurs subissent un effet plus marqué à long terme que les entreprises qui produisent ou commercialisent des semi-conducteurs : si ces dernières connaissent une rapide reprise à partir de mai, les entreprises qui consomment des semi-conducteurs pour les besoins de leur activité (cf. tracé gris figure 9) connaissent entre mai et juillet 2020 une baisse de leur chiffre d'affaires de plus de 10 points supplémentaires par rapport à la moyenne.

Par conséquent, si l'impact macroéconomique de la fermeture des frontières chinoises s'est avéré limité, les résultats obtenus démontrent la difficulté des industriels à substituer les importations chinoises par des semi-conducteurs en provenance d'autres pays.

¹³ OECD (2021), OECD Economic Outlook, Volume 2021 Issue 2, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/66c5ac2c-en>.

¹⁴ En effet, la Chine ayant choisi de fermer intégralement ses frontières entre février et avril 2020, les entreprises s'approvisionnant en Chine ont connu un choc d'offre dont il est possible de mesurer l'impact en comparant l'évolution de leurs ventes à celles d'entreprises se fournissant auprès d'autres pays.

Figure 9 : évolution du chiffre d'affaires des entreprises importatrices de semi-conducteurs par rapport à la moyenne de février – avril 2019 (en points de pourcentage)¹⁵



Source : Calculs DGE. Données : douanes, FARE.

Note de lecture : Les résultats présentés ont été obtenus par méthode de différence de différence, sur le champ des entreprises importatrices de produits de la liste SCAN avec la variable de traitement suivante : au moins 5 % de la valeur des importations en semi-conducteurs et/ou *wafers* de l'entreprise provient de Chine.

Les résultats s'interprètent comme suit, en mai-juillet 2020, par rapport à la moyenne sur les mois de février à avril 2019 :

- Le chiffre d'affaires des entreprises importatrices de semi-conducteurs a baissé de 13 %
- Le chiffre d'affaires des entreprises importatrices de produits semi-conducteurs en provenance de Chine connaît une baisse de 6 %
- Le chiffre d'affaires des entreprises importatrices de produits semi-conducteurs de Chine et appartenant à un secteur utilisateur connaît une baisse de 17 %

3 Depuis plus d'une décennie, aussi bien en France que dans l'UE, le secteur des semi-conducteurs fait l'objet de plans de soutien massifs pour renforcer les capacités de production européennes afin d'assurer une certaine maîtrise technologique et la sécurité des approvisionnements

A Le soutien au secteur des semi-conducteurs, destiné à réduire les dépendances de l'UE, est un pilier central de la politique industrielle européenne

Le soutien à la filière des semi-conducteurs repose au sein de l'UE sur trois instruments principaux : les Projets Importants d'Intérêt Européen Commun

¹⁵ Ces résultats reprennent la méthodologie des travaux de Méjean et al. : «Supply shocks in supply chains: Evidence from the early lockdown in China », 2022, IMF Economic Review, with R. Lafrogne-Joussier and J. Martin [Published Version [here](#)]

(PIIEC), le programme « Horizon Europe » et le règlement européen sur les semi-conducteurs¹⁶.

Les PIIEC permettent de financer, au moyen de ressources provenant des États membres de l'UE, des projets portés par des entreprises sélectionnées et qui répondent à des objectifs technologiques et industriels communs¹⁷. Aujourd'hui, deux PIIEC ciblent le secteur des semi-conducteurs : le PIIEC « Microélectronique » et le PIIEC « Microélectronique et Connectivité » autorisés par la Commission respectivement le 18 décembre 2018 et le 8 juin 2023. Le premier repose sur un financement public qui s'élève à 1,75 Md€ pour l'ensemble des États membres et concerne l'innovation et le renforcement des capacités productives dans le domaine des semi-conducteurs. Le second, pour lequel le financement public s'élève à 8,1 Md€, a un champ plus large qui recouvre à la fois les matériaux et outils liés à la conception des puces et aux technologies de communication. Les retombées positives qui résultent du PIIEC microélectronique sont multiples : renforcement de la maîtrise de technologies avancées, accélération de l'innovation et amélioration des performances environnementales.

Le programme « Horizon Europe » est le programme-cadre de l'Union européenne pour la recherche et l'innovation pour la période de 2021 à 2027. Au sein de ce programme, le Cluster « Numérique, Industrie et Espace » concerne particulièrement les semi-conducteurs, avec notamment le partenariat public-privé *Key Digital Technologies*. Ce dernier, qui vise notamment à développer des applications et des semi-conducteurs avancés, repose sur des appels à projets. Pour 2023, le programme comprend trois appels à projets pour une dépense estimée à 317 M€.

Le règlement européen sur les semi-conducteurs *Chips Act*, entré en vigueur le 21 septembre 2023, a pour objectif à la fois le renforcement des capacités de production de semi-conducteurs de l'UE avec un objectif d'atteindre 20 % du marché mondial d'ici 2030 contre 10 % aujourd'hui et les capacités de recherche, de conception et d'essai dans ce domaine. Ce règlement, qui prévoit 43 Md€ d'investissements publics et privés, repose sur le renforcement des capacités technologiques et d'innovation, la hausse des investissements publics et privés et une meilleure coordination entre la Commission, les États membres et les autres acteurs concernés. Ce règlement permet, par exemple, de faciliter les procédures de certification des puces électroniques économes en énergie, d'aider les jeunes entreprises à accéder à des financements en fonds propres, d'encourager les compétences dans ce domaine et de mettre en place des contrats de long terme avec certains pays producteurs. Les investissements prévus par ce programme complètent ceux d'Horizon Europe ainsi que ceux qui proviennent des États membres.

¹⁶ D'autres dispositifs européens sont susceptibles également de soutenir le secteur des semi-conducteurs, en particulier le programme pour une Europe numérique (DIGITAL EUROPE, axé sur l'apport des technologies numériques aux entreprises, aux citoyens et aux administrations publiques) et l'« Alliance pour les processeurs et les technologies des semi-conducteurs », lancée en 2021, qui facilite la coordination et les alliances industrielles dans ce domaine. Le dispositif « Facilité pour la Reprise et la Résilience (FRR) » a également permis à la Commission européenne d'approuver fin 2022 la construction d'une usine de ST Microelectronics à hauteur de 292 M€ à Catane, en Sicile.

¹⁷ Cf. Théma de la DGE n° 17 « Les projets importants d'intérêt européen commun, un outil de politique industrielle européenne », janvier 2024.

ENCADRÉ 4 : Le *Chips and Science Act*

Le *Chips and Science Act* désigne une loi fédérale des États-Unis promulguée en août 2022 qui autorise environ 280 Md\$ de nouveaux financements en cumulé sur 10 ans pour soutenir la recherche et la production de semi-conducteurs. Cette loi prévoit notamment 39 Md\$ de subventions pour la fabrication de puces, ainsi que des crédits d'impôt à l'investissement dans ce domaine, 13 Md\$ pour la recherche sur les semi-conducteurs et la formation de la main-d'œuvre dans ce domaine et 174 Md\$ de financement pour l'écosystème global de la recherche publique en science et technologie. Suite à l'entrée en vigueur du *Chips and Science Act*, de nouveaux projets d'usine ont été publiquement annoncés aux États-Unis par certains des principaux acteurs du secteur (investissements de TSMC en Arizona, de Samsung au Texas, d'Intel, etc.).

B Depuis plusieurs années, la France a renforcé son soutien au secteur en s'insérant pleinement dans le cadre européen et en soutenant le lancement de projets industriels et de recherche ambitieux

En France, le soutien au secteur des semi-conducteurs repose sur les plans « Nano » qui s'insèrent pleinement dans le cadre européen. Le programme « Nano 2022 » est la quatrième génération de soutien public à la microélectronique depuis 2008, comme décrit dans figure 10 ci-dessous. D'une durée de 5 ans, du 1^{er} janvier 2018 au 31 décembre 2022, il mobilise 1,1 M€ de financements publics et a eu pour objectif principal de soutenir la recherche, le développement et la première industrialisation de composants électroniques innovants. Il permet de répondre aux besoins des filières applicatives, notamment dans les domaines de l'automobile, des objets connectés, de l'aérospatial et de la défense. Par ailleurs, deux plans locaux ont également été mis en place, avec le plan Rousset 2008 pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et Tours 2015 pour la région Centre-Val de Loire.

Figure 10 : Objectifs, axes et acteurs des quatre plans Nano (2008-2022)

	2003	2007	2012	2017	2022			
	Nano 2008 (293 M€)		Nano 2012 (455 M€)		Nano 2017 (600 M€)		Nano 2022 (1 100 M€)	
Objectifs globaux	Construit autour de grands industriels et d'une cinquantaine laboratoires et de PME afin d'associer étroitement recherche et industrialisation		Permettre aux entreprises du secteur de rester dans la course à la miniaturisation en passant les nœuds inférieurs au 40nm (32 et 22nm) et de se diversifier en établissant une expertise de rang mondial sur la technologie du silicium sur Isolant (SOI)		Premier plan à intégrer une dimension européenne, il se mobilise autour des générations suivantes de circuits intégrés en misant sur le développement de technologies permettant de concevoir et graver à une échelle plus fine		Approfondissant de la logique européenne et coconstruit avec 3 autres Etats-membres (PIIEC), il aide à soutenir 6 chefs de file industriels, leurs partenaires et le CEA à améliorer le niveau de maturité de nombreuses technologies d'avenir	
Principaux axes	Miniaturisation et capacité de production en 300 mm		Miniaturisation et développement des nouvelles applications; Développement du FDSOI		Miniaturisation et développement des nouvelles applications; Exploitation croissante du FDSOI		Soutien de projets de R&D et de premier déploiement industriel (FID) de composants électroniques innovants, et promotion de leur intégration dans le processus d'innovation des filières situées en aval de la chaîne de valeur de l'électronique (l'automobile, de l'IoT, de l'aérospatial, de la défense et de la sécurité)	
Principaux acteurs	ST, NXP, Freescale, CEA-Leti		ST, IBM, CEA-Leti		ST, CEA-Leti		ST, SOITEC, X-FAB, Murata, UMS, Lynred, CEA-Leti	

Source : DGE

Les projets français du PIIEC « Microélectronique » sont financés à hauteur d'environ 0,3 Md€ grâce aux ressources provenant du programme « Nano 2022 ».

Ces projets concernent cinq champs : les puces à haut rendement énergétique (« *energy efficient chip* »), les semi-conducteurs de puissance (« *Power semi-conductors* »), les capteurs intelligents (« *smart sensors* »), les équipements optiques avancés (« *advanced optical equipment* ») et la fabrication des matériaux composés (« *compound materials* »)¹⁸. Ce dispositif permet de financer non seulement la R&D, mais aussi la phase de première industrialisation, particulièrement coûteuse et intense en capital. A l'échelle française, six chefs de file industriels (STMicroelectronics, SOITEC, X-FAB, Murata, UMS, Lynred) développent des projets de R&D et, à l'exception d'UMS, de premier déploiement industriel. Ils ont rassemblé à cette fin plus de 110 partenaires industriels et académiques répartis sur l'ensemble du territoire national.

Sur la base du règlement européen pour les semi-conducteurs *Chips Act*, la Commission européenne a validé le 28 avril 2023, le projet de méga-usine de semi-conducteurs portée par GlobalFoundries et STMicroelectronics à Crolles en Isère. L'investissement total de ce projet, s'élève à près de 7,5 Md€ et bénéficie d'un soutien de l'État à hauteur de 2,9 Md€ provenant du volet semi-conducteur

18 cf. pour une description plus détaillée le Théma de la DGE n° 17 « Les projets importants d'intérêt européen commun, Un outil de politique industrielle européenne », janvier 2024.

de « France 2030 »¹⁹. Cet investissement a pour objectif de renforcer la résilience de la France et de l'Europe en matière d'approvisionnement en semi-conducteurs et de développer fortement l'écosystème technologique FD-SOI²⁰ par la fourniture de composants économes en énergie, hautement performants, pour les principaux secteurs industriels européens (automobile, industrie, télécommunications pour la 5G/6G, IoT, spatial). Ce projet prévoit d'augmenter les capacités de production françaises d'environ 620 000 *wafers* par an²¹ à l'horizon 2028, soit une hausse d'environ 6 % des capacités européennes existantes sur l'ensemble des nœuds technologiques et d'environ 40 % sur les nœuds d'une finesse de gravure de 20 nm à 65 nm.

ENCADRÉ 5

Les sources spécialisées sur le marché des semi-conducteurs

De nombreuses sources de données spécialisées et de projections des capacités de production portant sur le marché des semi-conducteurs sont aujourd'hui disponibles :

World Semiconductor Trade Statistic (WSTS) : repose sur les données mensuelles de ventes des fabricants aux clients finaux et aux distributeurs. Les ventes des IDM et des *fabless* sont prises en compte, mais pas celles des fonderies car ils ne vendent pas de semi-conducteurs à des clients finaux. Les ventes sont attribuées au lieu de livraison. Cette source présente des projections de demande pour 2024 et 2025.

SEMI est une association industrielle qui collecte des données, réalise des prévisions ainsi que des études de marché dans le domaine au niveau mondial. Il s'agit de la principale référence sur la question des capacités de production et leur répartition géographique.

ACSIEL Alliance Électronique est l'organisation professionnelle des acteurs industriels de la chaîne de valeur de la filière électronique en France. Celle-ci publie sur son site des études de marché portant spécifiquement sur le marché français des semi-conducteurs.

La Semiconductor Industry Association (SIA) est l'association professionnelle des fabricants américains de semi-conducteurs. Celle-ci publie régulièrement des données ainsi que des études sur le marché américain ou mondial.

19 Ce volet comprend un financement de 5,5 Md€ sur cinq ans destinés à doubler la production de puces en France d'ici 2028 et de déclencher près de 18 Md€ d'investissements sur le territoire.

20 Cette technologie repose sur l'ajout d'une fine couche d'oxyde de silicium isolant à l'architecture des transistors, ce qui permet d'obtenir un fonctionnement performant et économe en énergie et de poursuivre le défi de la miniaturisation.

21 La capacité de production d'un site de production de semi-conducteurs s'évalue en fonction du nombre de *wafers* qu'il est en capacité de graver par mois ou par année.

